

TUGAS PRA DESAIN PABRIK PABRIK MEMBRAN MELALUI METODE ROLL TO ROLL DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

Oleh :

DITHA NATHASHA AFANDI

2031610010

RITA NUR AGUSTIN

2031710047

Dosen Pembimbing :

**ABDUL HALIM, S.T., M.T., Phd.
(NIP 2020026)**





PRA DESAIN PABRIK KIMIA

**PABRIK MEMBRAN MELALUI METODE ROLL
TO ROLL DENGAN KAPASITAS 30.000
TON/TAHUN**

1. Nama : Ditha Nathasha Afandi
NIM : 2031610010
2. Nama : Rita Nur Agustin
NIM : 2031710047

**PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
UNIVERSITAS INTERNASIONAL SEMEN INDONESIA
GRESIK
2021**

ABSTRAK

Membrane merupakan lapisan tipis semipermeable yang berada di antara dua fasa yaitu minyak dan air serta berfungsi sebagai media pemisah yang selektif. Membrane ini biasanya diekspor untuk pemisahan H₂S dengan kontak membrane hidrofobik dan pemisahan minyak dan air. NaOH, Urea, Asam Sitrat, Kapas, H₂O₂, PTO sebagai bahan baku pada pra-rancangan pabrik ini diperoleh dari berbagai industri dalam negeri. Pra rancangan membrane memiliki kapasitas 30.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja. Lokasi pabrik pembuatan membrane ini direncanakan berlokasi di Tanjung Pakis desa Kemantren kecamatan Paciran kabupaten Lamongan Jawa Timur. Lokasi ini berada di Lamongan Shore base dengan titik koordinat 6°52'11.6"LS dan 112°24'47.1"BT. Tenaga kerja yang dibutuhkan 140 orang dengan bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) yang dipimpin oleh seorang direktur utama dengan struktur garis dan staff.

Hasil Analisa ekonomi pabrik membran adalah sebagai berikut :

- Biaya Produksi Tahun Ke-1 : Rp. 111.614.000.000
- Hasil Penjualan Tahun Ke-1 : Rp. 119.659.000.000
- Laba Bersih Tahun Ke-1 : Rp.60.336.235.527
- Break Even Point : 49 %
- Return on Investment Tahun Ke-1: 47,3 %
- Pay Out Time : 21 Bulan

Dari hasil analisa aspek ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik membrane melalui metode roll to roll ini layak untuk didirikan.

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Pra Desain Pabrik Kimia dengan judul :

PRA RANCANGAN PABRIK MEMBRAN MELALUI METODE ROLL TO ROLL DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Kimia Universitas Internasional Semen Indonesia.

Oleh :

Ditha Nathasha Afandi

2031610010

Rita Nur Agustin

2031710047

Telah diujikan dan diperbaiki sesuai dengan masukan-masukan dari dosen penguji sebagai berikut :

1. Penguji 1 : Fandi Angga Prasetya, S.Si., M.Si.
2. Penguji 2 : Mala Hayati Nasution, S.T., M.T.



Pada Tanggal : 20 Agustus 2021

Gresik, 6 September 2021

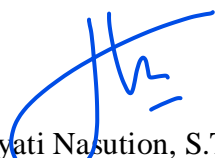
Dosen Pembimbing



Abdul Halim, S.T., M.T., P.hD.
NIP.2020026

Mengetahui,

Koordinator Tugas Pra Desain Pabrik Kimia



Mala Hayati Nasution, S.T., M.T.
NIP. 8419315

Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa nama yang disebut di bawah ini :



1. Ditha Nathasha Afandi 2031610010
2. Rita Nur Agustin 2031710047

Telah menyelesaikan Laporan Tugas Pra Desain Pabrik Kimia dengan judul :

**PRA RANCANGAN PABRIK MEMBRAN MELALUI METODE ROLL
TO ROLL DENGAN KAPASITAS 30.000TON/TAHUN**

Mahasiswa tersebut diperkenankan mengikuti Ujian Tugas Pra Desain Pabrik Kimia yang akan dilaksanakan pada tanggal 20 Agustus 2021

Dosen Penguji :

1. Penguji 1 : Fandi Angga Prasetya, S.Si., M.Si. 
2. Penguji 2 : Mala Hayati Nasution, S.T., M.T. 

Gresik, 3 Agustus 2021

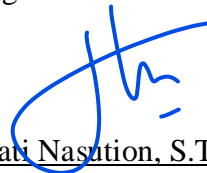
Dosen Pembimbing



Abdul Halim, S.T., M.T., P.hD.
NIP.2020026

Mengetahui,

Koordinator Tugas Pra Desain Pabrik Kimia



Mala Hayati Nasution, S.T., M.T.
NIP. 8419315

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan Tugas Pra Desain Pabrik Kimia yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik membrane melalui metode *roll to roll* dengan Kapasitas 30.000 Ton/tahun”. Laporan ini dibuat sebagai prasyarat kelulusan mata kuliah CE1J524 Tugas Pra Desain Pabrik Kimia yang merupakan salah satu mata kuliah tugas akhir di Program Sarjana Departemen Teknik Kimia, Universitas Internasional Semen Indonesia (UISI).

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu penyusunan laporan ini yaitu :

1. Bapak Abdul Halim, S.T., M.T., Phd. sebagai dosen pembimbing atas segala bimbingan, arahan, saran dan ide.
2. Bapak Fandi Angga Prasetya, S.Si., M.Si dan Ibu Mala Hayati Nasution, S.T., M.T selaku dosen penguji atas segala arahan
3. Dosen pengajar Departemen Departemen Teknik Kimia, Universitas Internasional Semen Indonesia (UISI) atas segala bantuan.
4. Orang tua dan keluarga atas segala dukungan, perhatian dan doa.

Penulis senantiasa mengharapkan masukan, saran dan kritik demi peningkatan kualitas laporan. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan terutama dalam bidang desain pabrik kimia di Indonesia.

Gresik, September 2021

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Pemilihan Proyek.....	1
1.2 Tujuan Pelaksanaan Proyek.....	4
1.3 Analisis Pasar	4
1.3.1 Pabrik Penghasil Bahan Baku Membran Dalam dan Luar Negeri	4
1.3.2 Konsumsi Membran di Indonesia.....	7
1.4 Penggunaan Produk	9
1.5 Analisis Keuntungan Kotor (Gross Profit Margin).....	10
BAB 2	14
SELEKSI DAN URAIAN PROSES	14
2.1 Jenis – jenis Proses.....	14
2.1.1 Proses Sintering	14
2.1.2 Proses Truck Etching	15
2.1.3 Proses Electrospinning.....	17
2.1.4 Phase Inversion.....	18
2.1.5 Proses Polimerisasi Antarmuka	21
2.2 Pemilihan Proses	24
2.2.1 Perbandingan Proses	24
2.2.2 Gambaran Proses Roll To Roll	29
2.3 Deskripsi Proses	31
2.3.1 Tahap Persiapan Bahan Baku	31
2.3.2 Tahap Penambahan Asam Sitrat.....	31

2.3.3 Tahap Sintesis Potassium Titanium Oxalate (PTO).....	33
2.3.4 Tahap Coating Produk	33
2.3.5 Tahap Pengeringan Produk	34
2.3.6 Tahap Pendinginan Produk	35
2.3.7 Tahap Pengeringan Akhir	35
BAB 3	36
DASAR PERANCANGAN.....	36
3.1 Kapasitas Pabrik.....	36
3.2 Bahan baku	36
3.3 Produk	39
3.4 Lokasi Pabrik.....	40
3.5 Aspek Keselamatan.....	44
3.5.1 Bahan Baku.....	44
3.5.2 Produk	47
BAB 4	50
DASAR DASAR PENYUSUNAN NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI	50
4.1 Reaksi Pembentukan Produk.....	50
4.2 Asumsi Dalam Perhitungan Neraca Massa dan Energi Pada Alat Proses	52
4.2.1 Tangki Pencampuran	53
4.2.2 Pompa.....	53
4.2.3 Reaktor	53
4.2.4 Tangki Pencelupan	53
4.2.5 Headbox roll to roll	53
4.2.6 Heater Conveyor box	54
4.2.7 Cooler Conveyor box	54
4.3 Perhitungan Neraca Massa	54
4.4 Perhitungan Neraca Energi.....	61
4.5 Process Flow Diagram.....	67
BAB 5	68
SPESIFIKASI PERALATAN	68
5.1 Unit Reaktor	68

5.1.1	Spesifikasi Reaktor	68
5.1.2	Pertimbangan Pemilihan Reaktor	68
5.1.3	Asumsi Perhitungan	69
5.1.4	Spesifikasi Alat Roll Heater Reaktor	69
5.1.5	Spesifikasi Alat Roll Cooler	72
5.1.6	Spesifikasi Alat Roll Heater	74
5.2	Unit Pencampuran	76
5.2.1	Unit Mixer 1	77
5.2.2	Unit Mixer 2.....	81
5.2.3	Unit Mixer 3.....	84
5.2.4	Unit Mixer 4.....	88
5.2.5	Unit Mixer 5.....	92
5.3	Unit Penukar Panas	96
5.4	Unit Pengalihan Bahan	98
5.4.1	Belt Conveyor.....	99
5.4.2	Pipa.....	110
5.4.3	Pompa.....	111
5.5	Unit Penyimpanan Bahan	114
A.	Penyimpanan Bahan Baku.....	115
5.6	Sistem Utilitas	129
5.6.1	Sistem Penyediaan Air	132
5.6.2	Sistem Ketenagalistrikan.....	134
5.6.3	Spesifikasi Peralatan Sistem Utilitas.....	136
5.7	Unit Pengolahan Limbah	139
5.7.1	Limbah cair	140
5.7.2	Limbah Domestik	141
5.7.3	Sistem Pengolahan Limbah	141
5.8	Intrumentasi	141
5.8.1	Bagian Instrumentasi.....	142
5.8.2	Pertimbangan Pemilihan Alat Instrumentasi	144
5.8.3	Macam- macam Instrumentasi.....	145
5.8.4	Jenis Peralatan Instrumentasi yang Digunakan	147
BAB 6	.....	154

TATA LETAK PABRIK	154
6.1 Dasar Perancangan Tata Letak Pabrik	154
6.2 Ruang Lingkup Perancangan Tata Letak Pabrik	157
6.3 Luasan Pabrik	158
BAB 7	161
STRUKTUR ORGANISASI	161
7.1 Struktur Organisasi	161
7.1.1 Bentuk Perusahaan	161
7.1.2 Bagan Struktur Organisasi	161
7.1.3 Tugas dan Wewenang	164
7.2 Peraturan Perusahaan	171
7.2.1 Jumlah Karyawan	171
7.2.2 Sistem Kerja	174
7.2.3 Penentuan Gaji karyawan	176
BAB 8	183
ANALISIS EKONOMI	183
8.1 Penaksiran Harga Peralatan	184
8.2 Perhitungan Biaya	186
8.2.1 Capital Investment	187
8.2.2 Manufacturing Cost	189
8.2.3 General Expenses	190
8.3 Analisa Kelayakan	191
8.3.1 Percent Return On Investment	191
8.3.2 Pay Out Time (POT)	191
8.3.3 Break Even Point (BEP)	192
8.3.4 Shut Down Point (SDP)	193
8.3.5 Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)	193
8.3.6 Cumulative Net Present Value	194
8.3.7 Internal Rate of Return (IRR)	195
BAB IX KESIMPULAN	196
DAFTAR PUSTAKA	197
LAMPIRAN A PERHITUNGAN ANALISIS KEUNTUNGAN KOTOR	
LAMPIRAN B PERHITUNGAN KAPASITAS PABRIK	

LAMPIRAN C PERHITUNGAN NERACA MASSA

LAMPIRAN D PROCESS FLOW DIAGRAM

LAMPIRAN E PERHITUNGAN NERACA ENERGI

LAMPIRAN F PERHITUNGAN UNIT REAKTOR

LAMPIRAN G PERHITUNGAN UNIT PEMISAHAN DAN PENCAMPURAN

LAMPIRAN H PERHITUNGAN UNIT PENUKAR PANAS

LAMPIRAN I PERHITUNGAN ALAT PENGALIHAN BAHAN

LAMPIRAN J PERHITUNGAN SISTEM UTILITAS

LAMPIRAN K PROCESS AND INSTRUMENTATION DIAGRAM

LAMPIRAN L PERHITUNGAN JUMLAH KARYAWAN

LAMPIRAN M PENENTUAN GAJI KARYAWAN

LAMPIRAN N PERHITUNGAN ANALISIS EKONOMI

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Proses Sintering	14
Gambar 2.2 Proses perlcucian <i>latent frock</i>	16
Gambar 2.3 Membran dibuat melalui polimerisasi antarmuka yang digunakan untuk pemisahan. Gambar (a dan c) menunjukkan pemisahan pelarut dan zat terlarut, gambar (b dan d) menunjukkan pemisahan antara gas-gas. (Nature Publishing Group, 2016)	23
Gambar 2.4 Proses Immersion Precipitation.....	14
Gambar 2.5 Proses Produksi Membran Metode Roll To Roll	28
Gambar 2.6 Skema Proses Fabrikasi Selulosa	29
Gambar 2.7 Mekanisme reaksi cross linking antara cellulose dan asam sitrat	30
Gambar 2.8 Skema Kain yang Terlapisi Oleh TiO ₂	31
Gambar 2.9 Roll Coater pada Pembuatan Membran	32
Gambar 2.10 Mesin Roll Heater	33
Gambar 3.1 Lokasi Perencanaan Pabrik Membran	41
Gambar 4.1 Mixer 1	52
Gambar 4.2 Mixer 2	52
Gambar 4.3 Mixer 3	53
Gambar 4.4 Mixer 4	53
Gambar 4.5 Mixer 5	54
Gambar 4.6 Roll Coating	54
Gambar 4.7 Heater Conveyor Box	55
Gambar 4.8 Cooler Conveyor Box	56
Gambar 4.9 Heater Conveyor Box 2	58
Gambar 4.10 Mixer 1	59
Gambar 4.11 Mixer 2	59
Gambar 4.12 Mixer 3	60
Gambar 4.13 Mixer 5	61
Gambar 4.14 Mixer 4	61
Gambar 4.15 Roll Coating	62
Gambar 4.16 Heater Conveyor Box	62

Gambar 4.17 Cooler Conveyor Box	62
Gambar 4.18 Heater Conveyor Box 2	63
Gambar 5.1 Roll Heater Reaktor	69
Gambar 5.2 Roll Cooler	71
Gambar 5.3 Roll Heater	72
Gambar 5.4 Mixer 1	77
Gambar 5.5 Mixer 2	81
Gambar 5.6 Mixer 3	84
Gambar 5.7 Mixer 4	88
Gambar 5.8 Mixer 5	93
Gambar 5.9 Alat Heater	95
Gambar 5.10 Alat Cooler	96
Gambar 5.11 Tangki Penyimpanan Asam Sitrat	115
Gambar 5.12 Storage PTO	118
Gambar 5.13 Storage NaOH	121
Gambar 5.14 Storage Urea	123
Gambar 6.1 Tata Letak Rancangan Desain Pabrik Membran	157
Gambar 6.2 Tata Letak Alat Proses	159
Gambar 7.1 Struktur Organisasi Perusahaan	162
Gambar 8.1 Grafik Indeks Harga	185
Gambar 8.2 Grafik Nilai BEP	193
Gambar 8.3 Grafik Hubungan antara Tahun dan CNPV	195

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Indeks Kualitas Air di Indonesia pada Tahun 2013-2017	3
Tabel 1.2 Daftar Produsen NaOH di Dalam Negeri	5
Tabel 1.3 Daftar Produsen Urea di Dalam Negeri	5
Tabel 1.4 Daftar Produsen Titanium Dioxide di Dalam Negeri	6
Tabel 1.5 Daftar Produsen Asam Sitrat di Luar Negeri	7
Tabel 1.6 Daftar Produsen H ₂ O ₂ di Dalam Negeri	7
Tabel 1.7 Aplikasi Industri yang dapat menggunakan teknologi membran	8
Tabel 1.8 Konsumsi energi dan nilai produksi berbagai sistem membran	9
Tabel 1.9 Harga Membran Polimer Organik	11
Tabel 1.10 Total Biaya Bahan Baku	12
Tabel 2.1 Seleksi Pemilihan Proses	25
Tabel 3.1 Sifat Fisika dan Kimia Natrium Hidroksida	37
Tabel 3.2 Sifat Fisika dan Kimia Urea	37
Tabel 3.3 Sifat Fisika dan Kimia Asam Sitrat	38
Tabel 3.4 Sifat Fisika dan Kimia Titanium Dioksida	38
Tabel 3.5 Sifat Fisika dan Kimia Hidrogen Peroksida	39
Tabel 3.6 Spesifikasi Produk Membran	40
Tabel 4.1 Neraca Massa Mixer 1	55
Tabel 4.2 Neraca Massa Mixer 2	55
Tabel 4.3 Neraca Massa Mixer 3	56
Tabel 4.4 Neraca Massa Mixer 4	56
Tabel 4.5 Neraca Massa Mixer 5	57
Tabel 4.6 Neraca Massa Roll Coating	57
Tabel 4.7 Heater Coveyot Box	58
Tabel 4.8 Neraca Massa Cooler Conveyor Box	60
Tabel 4.9 Neraca Massa Heater Conveyor Box 2	61
Tabel 4.10 Neraca Energi Mixer 1	62
Tabel 4.11 Neraca Energi Mixer 2	63
Tabel 4.12 Neraca Energi Mixer 3	63
Tabel 4.13 Neraca Energi Mixer 5	64

Tabel 4.14 Neraca Energi Mixer 4	64
Tabel 4.15 Neraca Energi Roll Coating	65
Tabel 4.16 Neraca Energi Heater Coveyor Box	65
Tabel 4.17 Neraca Energi Cooler Conveyor Box	66
Tabel 4.18 Neraca Energi Heater Conveyor Box 2	67
Tabel 5.1 Roll Heater Reaktor	70
Tabel 5.2 Roll Cooler	72
Tabel 5.3 Roll Heater	75
Tabel 5.4 Mixer 1	77
Tabel 5.5 Mixer 2	81
Tabel 5.6 Mixer 3	84
Tabel 5.7 Mixer 4	88
Tabel 5.8 Mixer 5	92
Tabel 5.9 Alat Heater	97
Tabel 5.10 Alat Cooler	98
Tabel 5.11 Spesifikasi Peralatan Belt Conveyor (J-111)	101
Tabel 5.12 Spesifikasi Peralatan Belt Conveyor I (J-121)	102
Tabel 5.13 Spesifikasi Peralatan Belt Conveyor (J-131)	103
Tabel 5.14 Spesifikasi Peralatan Belt Conveyor I (J-151)	104
Tabel 5.15 Spesifikasi Peralatan Belt Conveyor I (J-145)	105
Tabel 5.16 Spesifikasi Peralatan Belt Conveyor I (J-211)	106
Tabel 5.17 Spesifikasi Peralatan Belt Conveyor I (J-221)	107
Tabel 5.18 Spesifikasi Peralatan Belt Conveyor I (J-221)	108
Tabel 5.19 Spesifikasi Peralatan Belt Conveyor I (J-231)	109
Tabel 5.20 Spesifikasi peralatan Sistem Perpipaan	109
Tabel 5.21 Spesifikasi Peralatan Pompa NaOH (L-112)	113
Tabel 5.22 Spesifikasi Peralatan Pompa Urea (L-152)	113
Tabel 5.23 Spesifikasi Peralatan Pompa Asam Sitrat (L-122)	114
Tabel 5.24 Spesifikasi Peralatan Pompa PTO (L-132)	114
Tabel 5.25 Spesifikasi Peralatan Pompa Larutan Menuju Roller (L-142)	114
Tabel 5.26 Spesifikasi Peralatan Tangki Penyimpanan Asam Sitrat	116
Tabel 5.27 Spesifikasi Peralatan Tangki Penyimpanan PTO	118

Tabel 5.28 Spesifikasi Peralatan Tangki Penyimpanan NaOH	121
Tabel 5.29 Spesifikasi Peralatan Tangki Penyimpanan Urea	123
Tabel 5.30 Spesifikasi Peralatan Tangki Penyimpanan H ₂ O	126
Tabel 5.31 Spesifikasi Peralatan Tangki Penyimpanan Kapas Kain	128
Tabel 5.32 Sistem Utilitas di Pabrik Membran Roll to Roll	132
Tabel 5.33 Kebutuhan Listrik Untuk Proses	135
Tabel 5.34 Kebutuhan Penerangan untuk area di dalam bangunan	136
Tabel 5.35 Spesifikasi Screening	136
Tabel 5.36 Spesifikasi Tangki Penukar Kation	137
Tabel 5.37 Spesifikasi Tangki Penukar Anion	137
Tabel 5.38 Spesifikasi Clarifier	138
Tabel 5.39 Spesifikasi Deaerator	138
Tabel 5.40 baku mutu limbah cair bagi kegiatan industry	140
Tabel 5.41 spesifikasi Mixer 1	147
Tabel 5.42 Spesifikasi Mixer 2	148
Tabel 5.43 Spesifikasi Mixer 3	149
Tabel 5.44 Spesifikasi Mixer 4	149
Tabel 5.45 Spesifikasi Mixer 5	150
Tabel 5.46 Spesifikasi Roll Heater	151
Tabel 5.47 Spesifikasi Roll Cooler	152
Tabel 5.48 Spesifikasi Head Box Roll	153
Tabel 7.1 Jumlah Karyawan <i>Non-Shift</i> dan <i>Shift</i>	172
Tabel 7.2 Jadwal Kerja Masing-masing Regu <i>Shift</i>	175
Tabel 7.3 Penggolongan Karyawan	176
Tabel 8.1 Harga Indeks	184
Tabel 8.2 Harga Indeks Tahun Perancangan	185
Tabel 8.3 Dasar Perhitungan Analisa Ekonomi	186
Tabel 8.4 Nilai Direct Cost	188
Tabel 8.5 Nilai <i>Indirect Cost</i>	189
Tabel 8.6 Nilai <i>Fixed Charges</i>	190
Tabel 8.7 Nilai Perhitungan <i>General Expense</i>	191

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pemilihan Proyek

Indonesia memiliki luas wilayah sebesar 1.916.906 km². Terdapat 121 kawasan industri yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Dalam lima tahun terakhir, terjadi peningkatan jumlah dan luasan kawasan industri. Dari sisi jumlahnya naik sebesar 51,25%, sedangkan dari sisi luas melonjak lebih dari 17 ribu hektare (Ha) atau sebesar 47,35% (Kemenperin, 2020). Kegiatan industri merupakan salah satu unsur penting dalam menunjang pembangunan guna untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi. Perkembangan industri berlangsung sangat pesat, seperti pada bidang minyak dan gas, *petrochemical*, farmasi, sehingga menyebabkan produksi air limbah yang berminyak. Perkembangan industri sawit juga terus meningkat setiap tahun, yaitu terdapat 84 unit pabrik kelapa sawit yang mengolah lebih dari 10.000.000 ton tandan buah segar (Yuna dan Mardina, 2019). Produksi sawit yang meningkat diikuti oleh peningkatan produksi *crude palm oil* (CPO). Peningkatan terjadi sebesar 1,35% - 10,96% dari tahun 2014-2018. Pada tahun 2014 CPO sebesar 29,28 juta ton, meningkat menjadi 36,59 juta ton pada tahun 2018 (BPS, 2018).

Peningkatan kebun kelapa sawit dan pabrik kelapa sawit akan memberikan akibat tidak baik kepada lingkungan jika limbah yang dihasilkan tidak dikelola dengan baik. Pada tahun 2010, 19,8 juta ton *crude palm oil* (CPO) diproduksi di Indonesia. Untuk memproduksi CPO diperlukan lebih dari 50% air dalam proses pengolahannya dan sebagian besar air akan menjadi limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) sehingga LCPKS yang dihasilkan cukup besar (Ahmad et al., 2003). LCPKS adalah air limbah yang dikeluarkan oleh pabrik kelapa sawit (PKS) yang terdiri dari kondensat rebusan, buangan hydrocyclone dan separator sludge. Sekitar 2,9-3,5 m³ LCPKS dihasilkan setiap ton CPO yang dihasilkan. LCPKS kaya akan senyawa karbon organik dengan kandungan *chemical oxygen demand* (COD) lebih dari 40 g/L dan kandungan nitrogen sekitar 0,2 dan 0,5 g/L sebagai ammonia nitrogen dan total nitrogen. Selain itu, LCPKS adalah senyawa koloid dengan

kandungan air sebesar 95-96%, minyak sebesar 0,6-0,7% dan total solid 4-5% termasuk 2-4% *suspended solids* (Ahmad et al, 2009)

Karakteristik kimia dari pembuangan limbah cair haruslah memenuhi standar nasional yang telah ditetapkan (Kep-51/MEN LH/1995) (Yuna dan Mardina, 2019) dan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor Kep-51/MEN LH/10/1995 (Sitorus dan Mardina, 2020). Salah satu solusi untuk mengurangi pembuangan limbah cair ini adalah dengan menggunakan ulang air. Perkembangan populasi dan ekonomi yang pesat memicu peningkatan permintaan air bersih, terutama pada daerah yang miskin air. Maka dari itu, sumber air yang tersedia lama-kelamaan tidak bisa memenuhi kebutuhan air untuk generasi-generasi masa depan. Pengelolaan sumber daya air terintegrasi adalah kerangka global yang mencakup kebijakan, kelembagaan, instrumen pengelolaan, dan pembiayaan untuk pengelolaan sumber daya air yang komprehensif dan kolaboratif. Dari 172 negara yang melaporkan pada tahun 2018, 60 persen menyatakan penerapannya sangat rendah, rendah atau sedang-rendah. Negara-negara ini tidak mungkin dapat memenuhi target penerapan pengelolaan sumber daya air terintegrasi pada tahun 2030. Pada tahun 2018, rata-rata skor global untuk penerapan pengelolaan sumber daya air terintegrasi adalah 49 dari 100. Pelaksanaannya sangat lambat (sangat rendah hingga sedang-rendah) di sekitar 90 persen negara di Amerika Latin dan Karibia, Asia Tengah dan Selatan, dan Oseania (tidak termasuk Australia dan Selandia Baru), dan di 50 persen hingga 70 persen negara di Afrika sub-Sahara, Asia Timur dan Tenggara, dan Afrika Utara dan Asia Barat. *Sustainable Development Goal 6* (SDG 6) bertujuan untuk memastikan ketersediaan dan pengelolaan air dan sanitasi yang berkelanjutan untuk semua pada tahun 2030. Air bersih yang mudah diakses oleh semua orang adalah bagian penting dari dunia yang kita inginkan. (United Nations, 2020). Berikut ini merupakan data indeks kualitas air di Indonesia :

Tabel 1.1 Indeks Kualitas Air di Indonesia pada Tahun 2013-2017

Kualitas Air	Indeks Kualitas Air				
	2013	2014	2015	2016	2017
Indeks	51,82	52,19	53,1	50,2	53,2

(Sumber : Badan Pusat Statistik 2020).

Proses untuk menggunakan ulang air memerlukan adopsi teknologi lanjutan, seperti teknologi membrane (Katrin Andina). Membrane dapat diartikan sebagai lapisan tipis semipermeable yang berada di antara dua fasa dan berfungsi sebagai media pemisah yang selektif. Perpindahan massa melalui membrane terjadi jika suatu gaya dorong (*driving force*) diberikan pada komponen dalam umpan. Proses-proses berbasis membran dapat diklasifikasikan berdasarkan gaya dorongnya. Proses mikrofiltrasi (MF), ultrafiltrasi (UF), nanofiltrasi (NF) dan *reverse osmosis* (RO) adalah contoh-contoh proses membrane yang menggunakan perbedaan tekanan sebagai gaya dorongnya. Proses membran lainnya menggunakan gaya dorong perbedaan konsentrasi, seperti gas separation (GS), pervaporasi (PV), membran cair & dialisis; perbedaan temperatur, seperti membran distillation (MD) & termo-osmosis; dan perbedaan potensial listrik, seperti elektrodialisis (ED), elektrodeionisasi (EDI), & elektrolisis (Wenten, 2002).

Pasar teknologi membran sedang mengalami era yang berkembang secara pesat dikarenakan penelitian dan pengembangan yang terus menerus oleh akademisi dan industri privat. Terlebih lagi, teknologi membran baru-baru ini telah diperkenalkan sebagai teknik yang efisien untuk memisahkan campuran minyak/air, karena prosesnya yang efektif untuk menghilangkan tetesan-tetesan minyak ketika dibandingkan teknologi konvensional. Terdapat beberapa metode untuk menjernihkan limbah minyak-air, termasuk metode fisika dan kimia konvensional. Adsorpsi, filter pasir, siklon, dan evaporasi merupakan pengolahan fisika, sedangkan oksidasi, proses elektrokimia, pengolahan fotokatalitik, proses fenton, pengolahan ozon, cairan ionic, dan demulsifie (pemecah emulsi) merupakan pengolahan kimia. Metode konvensional tersebut memiliki kekurangannya masing-masing, seperti biaya material yang tinggi, penggunaan senyawa beracun, tempat yang luas untuk instalasi dan generasi polutan sekunder. Menghadapi kekurangan

tersebut, proses pemisahan menggunakan membrane menjadi teknologi yang sangat memiliki prospek baik (Andina K, 2017).

Untuk mengurangi limbah cair yang meningkat seiring dengan peningkatan produksi CPO. Maka kebutuhan membran dalam negeri menjadi sangat penting. Salah satu cara yang dapat dilakukan yaitu meningkatkan produktivitas produksi membran dengan pendirian pabrik membrane metode roll to roll. Pendirian pabrik tersebut memiliki dampak baik diantaranya : memenuhi kebutuhan membran di dalam negeri, memanfaatkan limbah cair, membuka lapangan kerja baru yang secara tidak langsung mampu meningkatkan perekonomian masyarakat, dan ikut berperan dalam *Sustainable Development Goal 6*.

1.2 Tujuan Pelaksanaan Proyek

Berdasarkan latar belakang pemilihan proyek, tujuan dari pelaksanaan proyek pra-rancangan pabrik membrane secara roll to roll adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui gambaran proses dan alat-alat yang digunakan
2. Menghitung dimensi dan menetapkan spesifikasi alat yang digunakan
3. Mengetahui jenis dan jumlah bahan baku yang dibutuhkan
4. Mengetahui alat instrumentasi dan kebutuhan utilitas yang dibutuhkan pada proses produksi
5. Mengidentifikasi parameter ekonomi seperti IRR, ROI, Pay Out Time dan BEP untuk menilai kelayakan proyek.

1.3 Analisis Pasar

1.3.1 Pabrik Penghasil Bahan Baku Membran Dalam dan Luar Negeri

Bahan baku dalam pembuatan membran terdapat beberapa bahan kimia yaitu NaOH, Urea, Potassium Titanium Oxide (PTO), Asam Sitrat dan H₂O₂. Beberapa bahan baku tersebut tersedia di dalam dan luar negeri. Data industri penghasil bahan baku membran masing masing disampaikan pada tabel 1.2 1.3 1.4 1.5 dan 1.6. berdasarkan data bahan baku membran, produsen NaOH terbesar terdapat di daerah Cilegon, serang yaitu PT *Asahimas Subentra Chemicals* dan PT Sulfindo Adiusaha. Produsen Urea terbesar yaitu PT Gelora Citra Kimia dan PT

Sabak Indah Jambi, produsen PTO di Indonesia ada diberbagai kota. Dan untuk kebutuhan akan asam sitrat di Indonesia semakin meningkat pada industri makanan, minuman dan industri lain. Hingga saat ini unuk menutupi kebutuhan dalam negeri, Indonesia masih mengimpor dari negara tetangga yang dapat dilihat pada tabel 1.5, untuk produsen terbesar asam sitrat di luar negeri adalah Guangzhou Friendo Chemicals Co, Ltd dan Anhui Leafchem Co. Ltd yang berada di Cina dan produsen H₂O₂ terbesar yaitu PT. Risyad Brasali, PT. Peroksida Indonesia yang berada di Bekasi dan Cikampek.

Tabel 1.2 Daftar Produsen NaOH di Dalam Negeri

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT <i>Asahimas Subentra Chemicals</i>	Cilegon	370.000
PT Sulfindo Adiusaha	Serang	215.000
PT Industri Soda Indonesia	Sidoarjo	12.000
PT Soda Sumatera	Medan	6.400
PT Inti Indrayon Utama	Porsea	33.000
PT Indah Kiat Pulp and Paper	Riau	10.000
PT Kertas Letjes	Probolinggo	9.000
PT Tjiwi Kimia	Sidoarjo	7.200
PT Kertas Basuki Rachmat	Banyuwangi	6.850
PT Kertas Padalarang	Padalarang	750
PT Pakerin	Mojokerto	15.000
PT Suparma	Surabaya	1.800
PT Miwon Indonesia	Gresik	12.000
PT Sasa Fermentasi	Sidoarjo	3.600

Tabel 1.3 Daftar Produsen Urea di Dalam Negeri

Nama Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT Pamolite Adhesive Industry	55.000
PT Arjuna Utama Kimia	43.000
PT Korindo Ariabimasari	24.000

Nama Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT Dyno Mugi Indonesia	42.000
PT Superin	48.000
PT Intanwijaya Internasional	56.000
PT Batu Penggal	41.000
PT Sabak Indah Jambi	69.000
PT Dover Chemicals	50.000
PT Nusa Prima Pratama	50.400
PT Uforin prajen	45.000
PT Duta Pertiwi Nusantara	45.000
PT Gelora Citra Kimia	124.000
Total	692.400

(CIC Magazine, 2003)

Tabel 1.4 Daftar Produsen Titanium Dioxide di Dalam Negeri

Nama Perusahaan	Lokasi
PT Asia Duta Mulya	Artha Gading Niaga Complex Block B No. 26 – 3rd Floor, Jl. Boulevard Artha Gading, Kelapa Gading, Jakarta Utara, DKI Jakarta 14240
PT Indokemika Jayatama	Suri Mulia Permai Industrial Estate Block KK No. 14-15, Jl. Margomulyo No. 44, Surabaya, Jawa Timur 60183
PT Indokemika Jayatama	Jl. Raya Anjasmoro No. 70, Semarang, Jawa Tengah
PT Indokemika Jayatama	Jl. Soekarno Hatta No. 101-B, Bandung, Jawa Barat 40222
PT Indokemika Jayatama	Wisma Unggul Indah Cahaya, 3rd Floor, Jl. Jend. Gatot Subroto Kav. 6-7, Jakarta Selatan, DKI Jakarta 12930
PT Kusuma Kemindo Sentosa	Green Ville Maisonette Complex Block FA No. 12-A, Jl. Tanjung Duren, Tanjung Duren Barat, Jakarta Barat, DKI Jakarta 11510

Tabel 1.5 Daftar Produsen Asam Sitrat di Luar Negeri

Nama	Alamat	Kapasitas (Ton/Tahun)
Zhengzhou Sino Chemical Co. Ltd	Henan, Cina	12000
Dalian Future International Co. Ltd	Shandong, Cina	15000
Anhui Leafchem Co. Ltd	Anhui, Cina	24000
Guangzhou Friendo Chemicals Co, Ltd	Cina	50000

Sumber : ICIS 2017

Tabel 1.6 Daftar Produsen H₂O₂ di Dalam Negeri

No	Nama Perusahaan	Mulai Produksi	Kapasitas (Ton/Tahun)	Lokasi
1.	PT. Peroksida Indonesia	1990	21.000	Cikampek
2.	PT. Sindopex Perotama	1992	18.000	Jawa Timur
3.	PT. Risyad Brasali	1997	30.000	Bekasi
4.	PT. Samator Inti Peroksida	1998	20.000	Gresik

1.3.2 Konsumsi Membran di Indonesia

Analisi proyeksi pertumbuhan menunjukkan bahwa pasar membran mengalami percepatan pertumbuhan dan pertumbuhan ini diperkirakan akan berlanjut selama dekade berikutnya. Pasar global meningkat dua kali lipat selama periode 5 tahun dari tahun 2000 untuk mencapai nilai pasar sebesar \$217 juta pada tahun 2005, ini dari nilai sekitar \$10 juta pada tahun 1995. Diperkirakan akan mencapai \$360 juta pada tahun 2010. Pasar-pasar mendorong kepercayaan yang tumbuh dalam kinerja teknologi membran. Teknologi membran saat ini menjadi berkembang pesat. Hal ini dibuktikan dengan semakin meluasnya aplikasi membran khususnya di industri. Membran dipergunakan pada salah satu teknik pemisahan yang bertujuan untuk pemekatan, pemurnian, fraksionasi dan perantara reaksi. Aplikasi membran terus merambah ke berbagai industri antara lain industri logam, pengendalian polusi udara, pengayaan udara untuk pembakaran, industri makanan, bioteknologi (pemisahan, pemurnian, sterilisasi, perolehan produk samping), serta industri kulit dan tekstil. Teknologi membran cakupannya sangat luas untuk pengolahan air limbah, air dan aplikasi medis. Pada tabel berikut dikelompokkan industrial terpilih yang dapat menggunakan teknologi membran.

Tabel 1.7 Aplikasi Industri yang dapat menggunakan teknologi membran

Industri		Teknologi membran yang digunakan
Air minum		NF, UF, RO
Air demin		RO, ED, EDI
Pengolahan Limbah Cair	Pengolahan langsung (secara fisik)	MF, NF, RO, ED
	Pengolahan langsung (bioreaktor)	MF, UF
Industri Pangan	Susu	UF, RO, ED
	Daging	UF, RO
	Buah-buahan	RO
	Sayur-sayuran	RO
	Gula	MF, UF, NF, RO, ED
	Minuman Teh	MF, UF, NF
	Minuman (sari buah)	MF, UF, RO
Bioteknologi	Purifikasi enzim	UF
	Pemekatan kaldu	MF
	Reaktor membran	UF
	Kelautan	MF, UF
Medis	Control release	UF
	Hemodialisis	UF, RO
Industri Kimia	Pemisahan gas (hidrokarbon, CO ₂)	GS
	Pemisahan uap-cair	GS
	Proses klor-alkali	Elektrolisis membran
	Farmasi (obat-obatan)	UF, NF
Energi	Sel bahan bakar	Elektrolisis membran
	Sel elektrokimia	Elektrolisis membran
	Photo katalitik	Elektrolisis membran

Kehidupan membran adalah penting karena biaya berlebihan yang terkait dengan perbaikan, pergantian serta startup dan waktu operasi yang terjadi dengan penggantian membran sering dapat membuat sistem membran tidak ekonomis. Saat ini, penerapan teknologi membran meningkat dan diperkirakan akan terus berlanjut ke masa depan. Bahkan penggunaan teknologi reklamasi air limbah konvensional akan menjadi suatu yang lalu dalam 10 hingga 15 tahun, membran kehidupan pada urutan 5 hingga 10 tahun dapat diharapkan dalam keadaan normal, tetapi umur membran kurang dari 2 hingga 3 tahun dapat mempengaruhi ekonomi perawatan membran secara signifikan. Konsumsi energi dan nilai pemulihan produksi untuk berbagai sistem membran ditunjukkan pada tabel 1.8.

Tabel 1.8 Konsumsi energi dan nilai produksi berbagai sistem membran

Proses Membran	Tekanan Operasi		Konsumsi energi kWh per		Nilai produksi (%)
	lb/in ²	kPa	1000 gal	m ³	
MF	15	100	0.1	0.4	94-98
UF	75	525	0.8	3.0	70-80
NF	125	875	1.4	5.3	80-85
RO	225	1575	2.7	10.2	70-85
Electrodialisis	400	2800	2.5	9.5	75-85

1.4 Penggunaan Produk

Salah satu solusi untuk memenuhi kebutuhan air bersih yaitu dengan menggunakan ulang air dan untuk mencapai proses tersebut diperlukan teknologi lanjutan seperti teknologi membran. Baru-baru ini teknologi membran telah diperkenalkan sebagai teknik yang efisien untuk pemisahan air dan minyak. Semakin berkembangnya industri disegala sektor terutama oil & gas dan kelapa sawit sehingga menyebabkan produksi air limbah yang berminyak juga meningkat. Berikut merupakan kegunaan membran :

1. Pemisahan air dan minyak

Membran memiliki efisiensi tinggi untuk menghilangkan partikel emulsi dan minyak yang terdispersi. membran bertindak sebagai lapisan semipermeabel antara dua fasa dan membran mengatur transportasi antara kedua fasa tersebut. Dalam aplikasi pemisahan air-minyak yang lebih lanjut, membrane ini sangat berpotensi dalam pengolahan *Palm Oil Mill Effluent* (POME) dari industri kelapa sawit yang ada di Indonesia. POME merupakan limbah cair kental berwarna kecoklatan yang pekat, bubur, bersuspensi koloid tinggi dan memiliki bau yang tidak sedap. Porsi yang lebih tinggi dalam POME mentah adalah air dengan 95-96% dan terdiri dari 0,6 - 0,7% minyak dan 4-5% total padatan. Mengingat konsentrasi besar dalam kebutuhan oksigen biologis (25.000 mg / L), kebutuhan oksigen kimiawi (53.630 mg / L), minyak dan lemak (8.370 mg / L) dan padatan tersuspensi (19.020 mg / L), pembuangan limbahnya tanpa pengolahan yang tepat ke badan air tidak diperbolehkan. Industri kelapa sawit memiliki tanggung jawab besar untuk menghadapinya dalam hal perlindungan lingkungan, kelangsungan ekonomi, dan pembangunan berkelanjutan (Azmi, 2014).

2. Penghilangan H₂S dengan kontak membran hidrofobik

Salah satu tantangan utama dalam pengelolaan air dalam industri oil & gas adalah penghilangan H₂S dari air asam. H₂S adalah gas beracun yang harus dikeluarkan dari air produksi sebelum diolah dan digunakan kembali karena berbagai alasan termasuk korosi, peraturan lingkungan, dan masalah kesehatan & keselamatan. Penghapusan H₂S mungkin juga diperlukan sebelum reinjeksi ke dalam sumur pembuangan untuk meminimalkan potensi asam reservoir. Saat ini, pengupas air asam adalah proses standar untuk menghilangkan H₂S. Membran bisa menjadi teknologi alternatif untuk pengolahan air asam. Percobaan baru-baru ini dilakukan yang menunjukkan bahwa kontaktor membran hidrofobik serat berongga, umumnya digunakan untuk pemisahan gas, dapat menghilangkan H₂S dari air asam dan menjebaknya dalam larutan penerima (yaitu natrium hidroksida, amina, dll.) yang segera mengubah H₂S menjadi bentuk yang tidak berbahaya. Laju perpindahan massa melintasi membran berbanding lurus dengan koefisien perpindahan massa, yang bergantung pada sifat membran dan konsentrasi H₂S pada aliran air. Hasil dengan larutan sintesis yang mensimulasikan kandungan anorganik air proses dan mengandung H₂S menunjukkan bahwa kinerja proses membran bergantung pada pH karena spesiasi H₂S berubah dengan pH. Tingkat penyisihan yang lebih cepat diperoleh pada pH 4 atau lebih rendah karena semua spesies sulfida hadir sebagai H₂S. Temperatur juga meningkatkan kinerja karena hasil menunjukkan bahwa koefisien perpindahan massa meningkat secara eksponensial dengan temperatur (Adham,2018).

1.5 Analisis Keuntungan Kotor (Gross Profit Margin)

Analisa keuntungan kotor merupakan suatu analisa yang dilakukan untuk mengetahui penyebab terjadinya perubahan laba kotor. Analisis *operating leverage* digunakan untuk mengukur seberapa sensitive laba bersih terhadap perubahan dalam penjualan. Apabila *operating leverage* tinggi, maka terjadi peningkatan laba bersih dalam presentase yang lebih besar. Analisis *break even point* untuk mengetahui keadaan perusahaan dimana jumlah total pendapatan besarnya sama dengan jumlah total biaya atau dengan kata lain menunjukkan keadaan perusahaan dalam keadaan tidak rugi maupun untung.

Laba merupakan *main goals* atau tolak ukur keberhasilan manajemen perusahaan berbasis bisnis atau profit seeking terlebih pada bagian manajemen keuangan. Laba dibedakan menjadi laba bisnis dan laba ekonomi. Laba bisnis adalah penerimaan perusahaan dikurangi dengan biaya eksplisit atau biaya akuntansi perusahaan. Biaya eksplisit ialah biaya yang benar-benar dikeluarkan dari kantong perusahaan untuk membeli atau menyewa input yang dibutuhkan dalam produksi (seperti; upah tenaga kerja, bunga atas modal, sewa tanah dan gedung, dan pengeluaran untuk membeli bahan baku). Sedangkan laba ekonomi adalah penerimaan perusahaan dikurangi dengan biaya eksplisit dan biaya implisit. Biaya implisit merupakan nilai input yang dimiliki perusahaan dan digunakan untuk proses produksinya sendiri (Salvatore, 2005)

Menurut Diana dan Saraswati (2017) terdapat dua definisi dari pendapatan atau laba yaitu :

- a) Pendapatan didefinisikan sebagai arus masuk bruto dari manfaat ekonomi yang timbul dari aktivitas normal entitas selama suatu periode jika arus masuk tersebut mengakibatkan kenaikan ekuitas yang tidak berasal dari kontribusi penanaman modal.
- b) Laba bersih didefinisikan sebagai total pendapatan yang dikurangi semua biaya atau pengeluaran

Tabel 1.9 Harga Membran Polimer Organik

No	Produk	Harga (Rp/m ²)
1	Membran Polimer Sintesis	7.000.000

Tabel 1.10 Total Biaya Bahan Baku

Komposisi	Bahan Baku	Jumlah/m ²	Biaya/m ²	Total Biaya
42%	NaOH	118.292.108	Rp13.650	1.614.687.279.912
10%	PTO	27.238.729	Rp44.902	1.223.073.431.941
5%	Asam Sitrat	14.786.514	Rp507	7.494.174.731
4%	H ₂ O ₂	11.434.904	Rp998	11.407.460.045
35%	Urea	98.576.757	Rp333	32.858.919.005
1%	Kapas	1.971.535	Rp60	118.292.108
3%	Kain	7.886.141	Rp115.000	906.906.164.542
Total Biaya Bahan Baku				3.796.545.722.285

Pabrik membran dengan menggunakan bahan NaOH, Urea, Asam Sitrat, PTO, H₂O₂, Kapas, Kain, H₂O akan direncanakan beroperasi pada tahun 2026. Dari prediksi data air limbah yang terkandung minyak di Indonesia, maka dapat diperkirakan peluang kapasitas pabrik yang didirikan pada tahun 2026 sebesar 30.000 ton/tahun. Harga pasaran membrane akan mengalami perubahan seiring berjalannya waktu. Saat ini, Indonesia masih melakukan impor membrane dengan harga kisaran 350.000-500.000/ m². Dengan meninjau kebutuhan bahan baku dan jumlah kuantitas produk yang dijual maka hasil perhitungan Gross Profit Margin didapatkan nilai sebesar 97,2 %. Semakin besar nilai gross profit margin maka semakin baik keadaan operasi perusahaan, hal ini dikarenakan menunjukkan bahwa harga pokok penjualan relative lebih rendah dengan harga penjualan (Fahmi, 2020).

Berdasarkan hasil tersebut, maka dapat dinyatakan bahwa pabrik membrane dari selulosa yang akan didirikan termasuk menguntungkan, sehingga layak untuk didirikan.

BAB 2

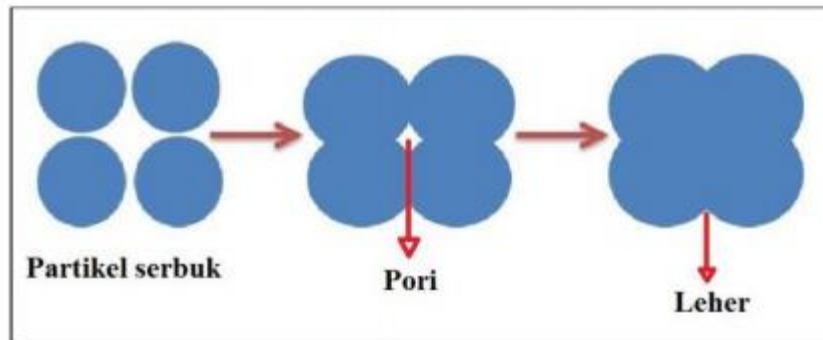
SELEKSI DAN URAIAN PROSES

2.1 Jenis – jenis Proses

Proses produksi Membran dapat dilakukan dengan beberapa proses sehingga diperlukan seleksi untuk mendapatkan hasil yang optimal. Secara komersial, terdapat lima jenis proses produksi Membran yaitu Sintering, Track Etching, Electrospining, Phase Inversion dan Polimerisasi Antarmuka.

2.1.1 Proses Sintering

Sintering merupakan salah satu teknik yang cukup sederhana yang memungkinkan untuk menghasilkan membran berpori dari material organik maupun anorganik. Pada metode ini terjadi penekanan pada serbuk yang terdiri dari partikel-partikel dengan ukuran tertentu dan melibatkan suhu tinggi. Selama terjadi proses sintering, antarmuka pada setiap partikel akan menghilang dan mulai bergabung seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1. Sintering adalah proses pemanasan atau pemadatan suatu material pada suhu tinggi mendekati titik leleh atau titik leburnya, sehingga terjadi perubahan pada strukturnya menjadi struktur mikro. Hal tersebut dikarenakan adanya pengurangan jumlah dan ukuran mikro, terjadinya pertumbuhan butir (*grain growth*), peningkatan densitas atau kekerasan serta terjadinya penyusutan volume. Pada proses sintering *green body* dipanaskan didalam furnace (tungku pemanas) dengan suhu yang tinggi sekitar $2/3$ atau $4/5$ dari titik leleh atau titik leburnya supaya partikel-partikel tersebut beraglomerasi menjadi material yang lebih padat (Mulder,1992).



Gambar 2.1 Skema Proses Sintering (West,1984).

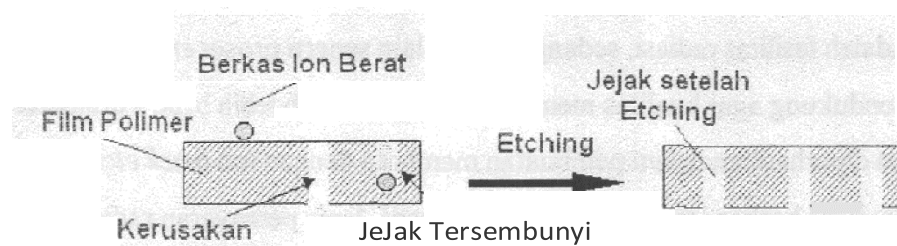
Pada proses sintering terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan karena sangat berpengaruh pada kerapatan membran yaitu laju kenaikan suhu, suhu puncak serta lama waktu penahanan suhu. Jika laju kenaikan suhu terlalu besar maka akan membuat proses densifikasi dan pertumbuhan butiran menjadi lebih cepat, akan tetapi dapat menimbulkan keretakan pada membran karena pertumbuhan butiran yang tidak normal. Sedangkan, lama waktu penahan saat sintering akan berpengaruh pada pertumbuhan butiran yang lebih teratur (Tan dkk., 2005). Machfudzoh dkk., (2014) melaporkan bahwa membran rapat asimetris CaTiO_3 yang disintering pada suhu 1200°C akan semakin rapat dan porositas pada permukaan membran akan berkurang dibandingkan dengan membran yang disintering pada suhu 890°C . Hal itu dikarenakan jarak antar partikel menjadi lebih kecil, sehingga pori-pori pada membran menjadi lebih sedikit.

2.1.2 Proses Truck Etching

Salah satu cara pembuatan membran adalah dengan menggunakan radiasi berkas ion. Teknik pembuatan membran dengan radiasi berkas ion dikenal sebagai *ion track etching*, membran yang digunakan biasanya polimer (Kaseno.1999), Proses pembuatan membran dengan *ion truck etching* yaitu dengan meradiasi (tract) suatu lapisan tipis atau foil (polimer) bahan membran dengan berkas ion energi yang tinggi (1 - 20 MeV) tegak lurus terhadap bahan, radiasi akan inerusak matrik bahan membran dan meninggalkan jejak (lubang). Setelah proses radiasi, bahan membran direndam dalam bak berisi larutan asam atau basa (proses *etching*) untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang menempel pada lubang sehingga pori bahan

akan bersih dan lebar dengan diameter berkisar antara 0,02 μm sampai dengan 10 μm (Kaseno, 1999).

Pembuatan membran dengan teknik ion *track etching* ditinjau dari teknologinya relatif mudah dibanding dengan teknik lain. Disamping cepat dan akurasinya tinggi juga tidak membutuhkan perlakuan yang khusus. Semakin lama membran tersebut direndam dalam larutan asam atau basa, maka kotoran-kotoran yang melekat pada dinding pori akan tercuci dan terbilas oleh larutan tersebut sehingga jejak pori akan semakin lebar dan jelas (MudjionoDKK,2019).



Gambar 2.2 Proses perlcucian *latent frock* (Mudjiono dkk.2019)

Berdasarkan pori yang dihasilkan pada proses track etching, membran tersebut diklasifikasikan sebagai membran mikrofiltrasi yang mempunyai ukuran pori berkisar antara 10-0,02 μm . Dengan ukuran pori sebesar ini, membran dapat digunakan untuk pemisahan suspensi dan emulsi. Dalam perkembangan selanjutnyamembrantersebut dapat diaplikasikan untuk mengamati gerakan air secara mikro, seperti sirkulasi sel kanker dalam darah, karakterisasi partikel dalam darah manusia, memisahkan partikel asing dari larutan air atau gas. Dalam sisilain membran tersebut dapat digunakan untuk membersihkan partikd aerosol buangan pabrik di udara, proses sterilisasi (makanan dan obal-obatan), serta proses *ultrapure water* (semikonduktor) (Mudjiono dkk.,2019).

Di Indonesia prospek pembuatan membran dengan teknik fret *etching* dimungkinkan dapat dilakukan, karena fasilitas radiasi seperti reaktor dan akselerator, khususnya di BATAN telah tersedia. Namun demikian pembuatan membran dengan teknik tersebut masih diperlukan studi yang serius dan terpadu baik

dari segi teknologi maupun sumber daya manusia yang ada agar dapat merealisasikannya.

2.1.3 Proses Electrospinning

Electrospinning dianggap sebagai cara terbaik dan paling sederhana untuk memproduksi serat nano, memberikan keserbagunaan dan potensi besar untuk peningkatan skala (Huang, 2003). *Electrospinning* melibatkan penerapan medan listrik yang kuat pada larutan campuran polimer atau lelehan yang menghasilkan serat nano dan mengendap pada kolektor yang diarde. *Electrospinning* adalah varian penyemprotan elektrostatis, yang memiliki sejarah sangat panjang sejak lebih dari 270 tahun yang lalu untuk memproduksi aerosol dari tetesan fluida. Serangkaian paten AS yang menjelaskan set-up *electrospinning* diterbitkan oleh Formhals dari 1934 hingga 1944. Namun, meskipun penemuan awal, *electrospinning* tidak mendapatkan banyak perhatian hingga awal 1990-an ketika minat untuk itu dihidupkan kembali. Perhatian melonjak untuk *electrospinning* dikaitkan dengan peningkatan minat untuk nanoteknologi dan ketersediaan perangkat dan bahan baru. Sejak itu, ada peningkatan tajam dalam studi *electrospinning* yang dibuktikan dengan lompatan besar dalam publikasi terkait serta melibatkan lebih dari 200 universitas dan lembaga penelitian dalam penyelidikan proses *electrospinning* dan peningkatan sifat dan fungsi nanofiber. Lebih dari 200 polimer (Kundu, 2010) mungkin dapat digunakan untuk *electrospinning* dan banyak konfigurasi kolektor dan morfologi serat nano yang berbeda dapat dirancang.

Pengaturan *electrospinning* memiliki tiga komponen utama : (1) catu daya tegangan tinggi (HV) mulai dari 0 hingga 40 kV; (2) wadah (biasanya spuit) yang berisi larutan polimer atau dilebur dengan jarum, dan; (3) pengumpul ground yang mungkin dalam desain konfigurasi yang berbeda (biasanya tipe pelat datar atau drum). Larutan polimer atau lelehan dimasukkan ke dalam semprit dan catu daya HV diterapkan ke jarum logam atau adaptor logam dengan jarum. Karena larutan polimer terus-menerus didorong oleh pompa jarum suntik, medan listrik tinggi yang diterapkan mengatasi tegangan permukaan larutan, membentuk tetesan berbentuk kerucut di ujung jarum dan serat ultrafine dipancarkan terbang melalui ruang dan

dikumpulkan pada kolektor yang diarde. Tolakan elektrostatis dan gaya Coulomb membantu dalam memanjangkan serat yang dipancarkan sehingga menipiskan dirinya sendiri hingga mencapai kolektor. Perlu dicatat bahwa sistem tanpa jarum juga digunakan untuk *electrospinning* (Reneker, 2006).

Meskipun pengaturan *electrospinning* sederhana, produksi serat rumit karena seseorang perlu mempertimbangkan beberapa parameter untuk optimasi. Membran nanofiber yang terbentuk dari *electrospinning* dapat dirancang sesuai dengan morfologi, struktur dan fungsionalitas yang diinginkan dengan memanipulasi beberapa parameter operasional, material, lingkungan dan pasca-pemrosesan (Shon, 2014). Parameter operasional termasuk tegangan yang diterapkan, kecepatan umpan larutan atau leleh, jarak ujung-ke-kolektor (TCD), desain dan kecepatan kolektor jika jenis drum, ukuran dan desain pemintal atau tip, dan konfigurasi penyetulan. Parameter material meliputi jenis dan konsentrasi polimer, berat molekul, viskositas dan konduktivitas larutan, tegangan permukaan, dan efek aditif. Parameter lingkungan mengacu pada kondisi sekitar ambien seperti kelembapan dan suhu ruang. Strategi pasca-pemrosesan juga sangat mempengaruhi serat nano yang dihasilkan termasuk kondisi pengeringan, perlakuan panas, dan teknik pengepresan panas. Semua parameter ini perlu dipertimbangkan secara memadai untuk menghasilkan kondisi optimal untuk pembentukan membran serat nano.

2.1.4 Phase Inversion

Fasa dapat dijelaskan sebagai proses demixing di mana larutan polimer yang awalnya homogen diubah secara terkontrol dari cair menjadi padat. Transformasi ini dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu:

- a) Presipitasi perendaman. Larutan polimer direndam dalam bak koagulasi non-pelarut (biasanya air). Demixing dan presipitasi terjadi karena pertukaran pelarut (dari larutan polimer) dan non-pelarut (dari bak koagulasi), yaitu pelarut dan non-pelarut harus larut.
- b) Pemisahan fase yang diinduksi secara termal. Metode ini didasarkan pada fenomena bahwa kualitas pelarut biasanya menurun jika terjadi penurunan

suhu. Setelah demixing diinduksi, pelarut dihilangkan dengan ekstraksi, penguapan atau pengeringan beku.

- c) Pemisahan fase yang diinduksi oleh penguapan. Larutan polimer dibuat dalam pelarut atau dalam campuran non-pelarut yang mudah menguap, dan pelarut dibiarkan menguap, menyebabkan pengendapan atau demixing / pengendapan. Teknik ini juga dikenal sebagai metode pengecoran solusi.
- d) Pemisahan fase akibat uap. Larutan polimer diekspos ke atmosfer yang mengandung non-pelarut (biasanya air); penyerapan non-pelarut menyebabkan demixing / presipitasi.

Namun, di antara teknik ini, presipitasi perendaman dan pemisahan fasa yang diinduksi secara termal adalah metode yang paling umum digunakan dalam pembuatan membran polimer dengan berbagai morfologi.

2.1.4.1 Immersion Precipitation

Pengendapan pencelupan adalah proses di mana larutan polimer dilemparkan pada penyangga yang sesuai, kemudian direndam dalam bak koagulasi yang mengandung non-pelarut, di mana terjadi pertukaran pelarut dan non-pelarut dan membran terbentuk. Metode pengendapan pencelupan dapat dilakukan dengan membuat larutan polimer (polimer dan pelarut), yang dibentuk pada pembawa yang sesuai dan direndam dalam bak koagulasi yang mengandung non-pelarut. Dalam bak koagulasi, pelarut akan berdifusi di bak koagulasi, sedangkan non-pelarut akan berdifusi di lapisan polimer. Setelah proses difusi yang lama, larutan polimer menjadi stabil dan terjadi pencampuran. Struktur membran asimetris diperoleh melalui kombinasi proses perpindahan massa dan proses pemisahan fasa.

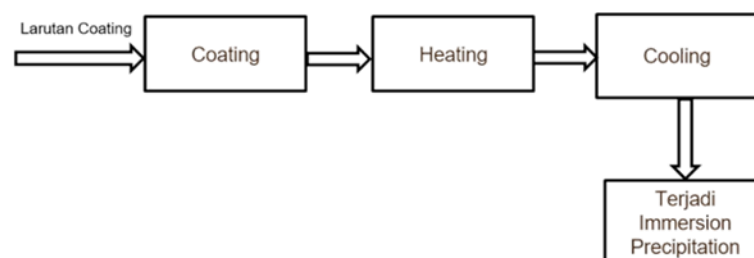
Untuk teknologi membran, pengembangan membran RO asetat selulosa (CA) anisotropik berfluks tinggi pertama melalui presipitasi pencelupan oleh Loeb dan Sourirajan adalah salah satu terobosan paling kritis dalam desalinasi. Peningkatan konsentrasi polimer dalam larutan tuang menghasilkan membran dengan porositas dan ukuran pori yang rendah. Pemilihan sistem pelarut / non-pelarut juga sangat mempengaruhi morfologi dan sifat membran yang dicor. Kelarutan polimer yang rendah dalam pelarut menyebabkan pembuatan membran tidak berpori, sedangkan membran berpori lebih banyak diperoleh jika kelarutannya

tinggi. Umumnya pelarut aprotik, di mana tidak ada atom hidrogen yang dapat berkontribusi pada ikatan hidrogen, lebih disukai untuk membran pengecoran.

Untuk memperbaiki morfologi dan sifat membran, berbagai aditif anorganik (seperti LiCl) dan organik berat molekul tinggi (seperti polivinil pirolidon (PVP) atau polietilen glikol (PEG) untuk larutan tuang sering digunakan. Aditif dapat berfungsi sebagai pembentuk pori, meningkatkan viskositas larutan atau mempercepat proses inversi fasa.

Baru-baru ini penggunaan nanopartikel anorganik sebagai aditif untuk membran polimerik telah mulai menarik minat yang luas karena sifat membran yang ditingkatkan, termasuk peningkatan kekuatan dan modulus, yang dihasilkan dari interaksi antar muka yang kuat yang dimiliki nanopartikel dengan matriks polimer sekitarnya. Sebuah tinjauan komprehensif tentang membran polimer yang digabungkan dengan nanopartikel oksida logam / logam telah diterbitkan baru-baru ini oleh Ng et al.

Yang et al. menunjukkan bahwa penambahan TiO₂ nanopartikel memiliki pengaruh besar pada struktur membran membran TiO₂ / PS yang dicor dari larutan 18% berat PS dalam larutan N, N-dimetilasetamida dengan N-metil-2-pirolidinon. Hasil ini menunjukkan bahwa menambahkan nanopartikel TiO₂ yang tepat ke matriks PS dapat meningkatkan porositasnya dan meningkatkan jumlah pori-pori kecil. Akibatnya, fluks melalui membran tersebut dapat meningkat secara signifikan.



Gambar 2.3 Proses Immersion Precipitation

2.2.4.2 Evaporation-induced phase

Evaporasi adalah teknik yang mudah untuk mempersiapkan membran untuk berbagai aplikasi. Pada tahap pertama, larutan polimer yang cukup kental dibuat dalam pelarut (atau dalam campuran pelarut biner / terner) dan non-pelarut. Kemudian larutan polimer yang telah disiapkan dicetak pada substrat berpori datar menggunakan teknik doctor blade. Ketika pelarut yang mudah menguap menguap dari larutan yang dicor, film polimer tipis terbentuk pada penyangga berpori. Morfologi larutan film yang dicor dapat dikontrol dengan menggunakan pelarut dengan titik didih yang berbeda. Nguyen dkk. mengembangkan membran mikro PVDF, PVC, PS dan PVAc menggunakan pelarut organik yang berbeda dan mempelajari pengaruh pelarut yang berbeda pada morfologi permukaan dan ukuran / bentuk pori. Kim dkk. menyiapkan polistiren mikro film menggunakan PEG digunakan sebagai pembentuk pori. Ukuran pori membran berada pada kisaran 5-12 μm dan dikendalikan oleh konsentrasi polistiren / PEG yang bervariasi dan bobot molekul PEG yang berbeda. Zhao dkk. menyiapkan membran mikro karet silikon menggunakan teknik ini. Ukuran pori dan struktur pori membran disesuaikan dengan variasi suhu tuang dan konsentrasi parafin cair.

2.1.5 Proses Polimerisasi Antarmuka (*Interfacial Polymerization*)

Polimerisasi antarmuka (*Interfacial Polymerization*) adalah salah satu metode terpenting untuk membuat partikel dan membran polimer. Dibandingkan dengan polimerisasi massal, polimerisasi antarmuka adalah jenis polimerisasi pertumbuhan bertahap yang terjadi pada antarmuka dua fase yang tidak dapat bercampur, memberikan bahan polimer dengan sifat topologi dan kimia yang unik, seperti bentuk anisotropik, struktur berongga atau kimia permukaan alternatif. Polimerisasi antarmuka, pertama kali diusulkan oleh Wittbecker (1959) awalnya mengacu pada polikondensasi monomer diamina dan diacid klorida, yang bereaksi membentuk poliamida dan hidrogen klorida. Jika dibandingkan dengan curah polimerisasi, polimerisasi antarmuka menunjukkan fleksibilitas yang tinggi dalam topologi permukaan dan sifat kimia dari yang disiapkan bahan fungsional (Song, 2017).

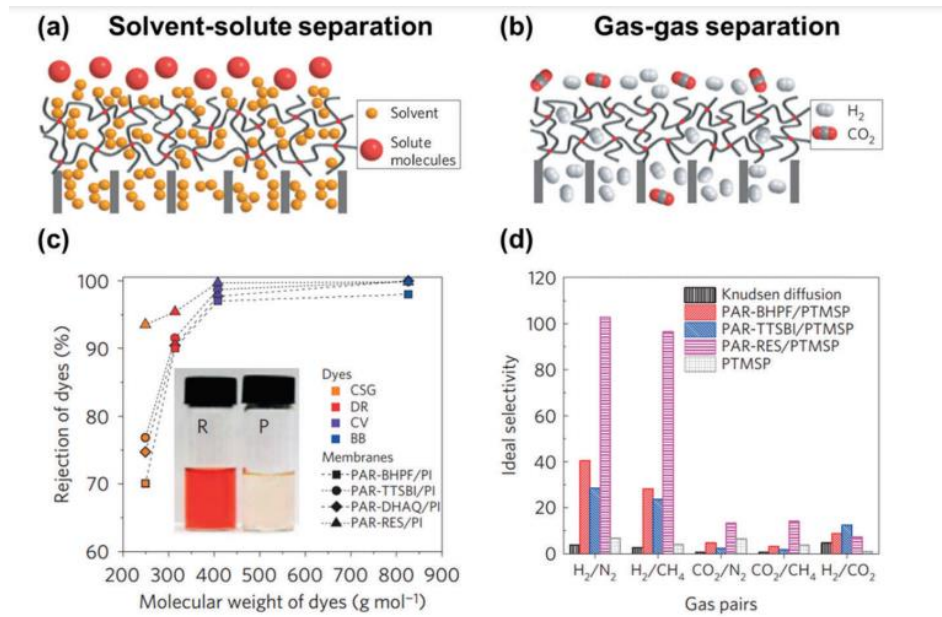
Polimerisasi antarmuka berevolusi sebagai pendekatan yang kuat dan efektif untuk mensintesis secara luas berbagai bahan polimer fungsional. Polimerisasi antarmuka telah diperluas menjadi banyak mekanisme polimerisasi, termasuk emulsi polimerisasi, polimerisasi radikal transfer atom, dan sebagainya. Polimerisasi antarmuka dapat diaplikasikan pada banyak monomer seperti amida, ester, uretan, urea, alkena, anilin, pirol dan turunannya. Monomer-monomer tersebut dapat digunakan untuk membuat berbagai polimer bahan dengan sifat topologi dan kimia yang unik, seperti bentuk anisotropik, inti berlubang atau permukaan alternatif kimia. Bahan sintesis ini sebagian besar dapat dikategorikan menjadi nanopartikel (0D) dimensi nol (NP), satu dimensi (1D) serat nano, film dua dimensi (2D), dan tiga dimensi (3D) membran komposit. Selain itu, Polimerisasi antarmuka telah diterapkan secara luas dalam sensor, superkapasitor, baterai, pemisahan, dan pemuatan kargo (Ji, 2000).

Model teori untuk mempelajari kinetika polimerisasi polimerisasi antarmuka telah diperkenalkan. Studi teoritis polimerisasi antarmuka terutama fokus pada kinetika polimerisasi, yang dapat memprediksi pertumbuhan laju dan ketebalan bahan polimer pada saat pengontrolan waktu polimerisasi. Parameter lainnya, seperti densitas, porositas, dan struktur telah diusulkan oleh Ji(2001) memperkenalkan model teori umum untuk mempelajari pembentukan membran komposit film tipis (TFC), membran tubular, dan kapsul. Laju difusi dan polimerisasi sangat mempengaruhi laju pertumbuhan film. Untuk mempermudah proses perhitungan maka model matematisnya umumnya dihitung berdasarkan beberapa asumsi; seperti (i) polimer yang baru terbentuk tidak dapat dilarutkan dalam fase cair; (ii) kerapatan film tipis seragam selama polimerisasi proses; (iii) polimerisasi terjadi di zona polimerisasi memiliki ketebalan yang konstan; dan (iv) reaksi polimerisasi menunjukkan kinetika orde dua dengan laju polimerisasi sebanding dengan konsentrasi monomer, dan sebagainya (Ji, 2000).

Seiring meningkatnya kebutuhan untuk pengolahan polusi air dan desalinasi air laut, para ilmuwan telah mencurahkan upaya besar untuk imbuat bahan pemisah yang sangat efisien. Pemisahan minyak, ion, dan biomolekul dari air merupakan fokus utama dalam pengolahan air, yang membutuhkan fluks dan selektivitas pemisahan air yang tinggi. Alat pemisah tersebut adalah membran

terutama membran RO, yang sangat populer digunakan untuk pengolahan air kotor. Umumnya, antarmuka Lm – S polimerisasi adalah salah satu teknik yang paling umum digunakan untuk pembuatan membran RO. Berdasarkan Solomon (2016) melaporkan nanofilm yang saling terkait dan kaku dengan memanipulasi struktur molekul melalui polimerisasi antarmuka Lm-S. Film-film ini menunjukkan peningkatan mikroporositas dan interkoneksi yang lebih tinggi di rongga jaringan antarmolekul. Apalagi pori-pori tersebut memiliki molekul yang lebih kecil untuk dilewati dengan bebas. (Gambar 10a). Oleh karena itu, kinerja membran sangat baik dalam pemisahan zat warna dari air (Gambar. 10c). Membran berpori mampu memisahkan molekul gas yang lebih besar dari molekul gas yang lebih kecil, seperti pemisahan CO₂ dan H₂ (Gambar 10b dan d). (Song, 2017)

Sebagai salah satu bahan pemisahan paling populer, membrane akan terus menarik minat di bidang lingkungan, energi, dan beberapa aplikasi industri lainnya. Sampai saat ini, pemisahan cairan dan pemisahan gas telah direalisasikan dengan membran yang dibuat melalui polimerisasi antarmuka. Apalagi pemisahan berbagai ion, makromolekul, partikel, dan unit biologis (seperti sel, bakteri, dan virus) juga sangat penting. (Gouaux, 2005). Polimerisasi antar muka cukup menjanjikan dalam berbagai aplikasi karena membran direkayasa melalui polimerisasi antarmuka memiliki keunggulan seperti porositas yang baik, alternatif permukaan kimiawi, dan pembuatan yang mudah (Song, 2017).



Gambar 2.4 Membran dibuat melalui polimerisasi antarmuka yang digunakan untuk pemisahan. Gambar (a dan c) menunjukkan pemisahan pelarut dan zat terlarut, gambar (b dan d) menunjukkan pemisahan antara gas-gas. (Nature Publishing Group, 2016).

2.2 Pemilihan Proses

2.2.1 Perbandingan Proses

Dari berbagai macam proses yang mungkin digunakan untuk desain pabrik kimia perlu dilakukan pemilihan proses guna mendapatkan proses yang paling baik dilihat dari aspek teknis maupun ekonomis. Beberapa hal yang perlu diketahui apabila akan menyeleksi suatu proses salah satunya yaitu aspek teknis yang merupakan segala kondisi yang berkaitan dengan masalah teknis, yang terdiri dari jumlah bahan baku, kualitas bahan konversi reaksi, Temperatur, tekanan, kualitas hasil, efisiensi pemisahan dan purifikasi dan juga aspek ekonomis yaitu Total investasi (jumlah modal), Rate of return (laju pengembalian), Pay out time (waktu pengembalian). Serta tedapat aspek dampak lingkungan yang berkaitan dengan bahan baku, proses dan produk yang menyebabkan kerusakan lingkungan. Dengan perkataan lain analisa tersebut berkaitan dengan kuantitas dan kualitas perusakan oleh polutan yang dihasilkan dari pabrik tersebut.

Untuk mendapatkan proses yang akan dipakai, dilakukan perbandingan atau *grading* pada beberapa macam seperti yang terlihat pada tabel 2.1 Jumlah *grade* yang tertinggi dinyatakan sebagai proses yang akan dipilih dalam desain pabrik.

Tabel 2.1 Seleksi Pemilihan Proses

No	Parameter	Variasi Proses					
		<i>Immersion Precipitation</i>	Nilai	<i>Evaporated Induced Phase Separation</i>	Nilai	<i>Interfacial Polymerization</i>	Nilai
1	Aspek Teknis						
	Proses	Kontinu	100	Kontinu	100	Kontinu	100
	Konversi (%)	95-99% ^[1]	99	50-60% ^[5]	60	75% ^[9]	75
	Pembentukan Jumlah pori ukuran nano	50-70 nm ^[2]	95	lebih dari 100 nm ^[6]	75	80-650 nm ^[9]	60
	Sudut kontak	41-52° ^[2]	95	61.2- 98.6° ^[7]	88	33,4-59,1° ^[10]	98
	Peningkatan Hidrofilitas	Sangat meningkat ^[2]	95	Sedang	88	Sangat meningkat	98
2	Kondisi Operasi						
	Temperatur	0 °C, 25 °C, 80°C ^[3,4]	90	60 °C, 120 °C ^[8]	88	85°C ^[11]	85

	Tekanan	45 kPa [4]	85	< 1 atm ^[8]	85	< 1 atm ^[11]	85
3	Modal dan bahan baku						
	Bahan baku	Selulosa, NaOH, Urea, Asam sitrat, TiO ₂ , Poliester ^[4]	98	Polysulfone, polyethylene, N,N-dimethylformamide, Ethyl acetate, bovine serum albumin, phosphate buffer ^[8]	90	p-phenylenediamine, trimesoyl chloride, polyvinylidene fluoride, polyethersulfone ^[12]	90
	Ketersediaan Bahan baku	Dalam Negeri	100	Beberapa impor	95	Beberapa Impor	95
4	Aspek Ekonomi						
	Investasi	Kecil	95	Kecil	95	Kecil	95
5	Dampak Lingkungan	Ada	50	Ada	50	Ada	50
Total Nilai			1002		914		931

No	Parameter	Variasi Proses					
		<i>Stretching</i>	Nilai	<i>Track-Ecthing</i>	Nilai	<i>Electrospinning</i>	Nilai
1	Aspek Teknis						
	Proses	Kontinu	100	Kontinu	100	Kontinu	100

	Konversi (%)	82% ^[13]	82	80% ^[14]	80	95-99% ^[17]	99
	Pembentukan Jumlah pori ukuran nano	250 -342 nm ^[13]	65	10 nm ^[14]	98	50-500 nm ^[17]	80
	Sudut kontak	110° ^[13]	80	72-85° ^[15]	89	120-145,6° ^[17]	80
	Peningkatan Hidrofilitas	Sedang	79	Sedang	88	Rendah	80
2	Kondisi Operasi						
	Temperatur	40, 240, 365 °C ^[13]	70	400-750 °C ^[16]	69	30, 32, 22, 24 °C ^[17]	95
	Tekanan	1,5 Mpa ^[13]	84	1 atm ^[16]	90	70 psig ^[17]	85
3	Modal dan bahan baku						
	Bahan baku	Polytetrafluoroethylene ^[13]	90	Uranium, polyethylene terephthalate, polycarbonate Films ^[14]	85	Polyacrylonitrile, piperazine, p-phenylenediamine, trimesoyl chloride, triethylamine, polyethylene glycol ^[17]	84

	Ketersediaan Bahan baku	Impor	85	Impor	85	Sebagian impor	90
4	Aspek Ekonomi						
	Investasi	Kecil	95	Besar	88	Kecil	95
5	Dampak Lingkungan	Ada	50	Ada	50	Ada	50
Total Nilai			880		922		938

Sumber :

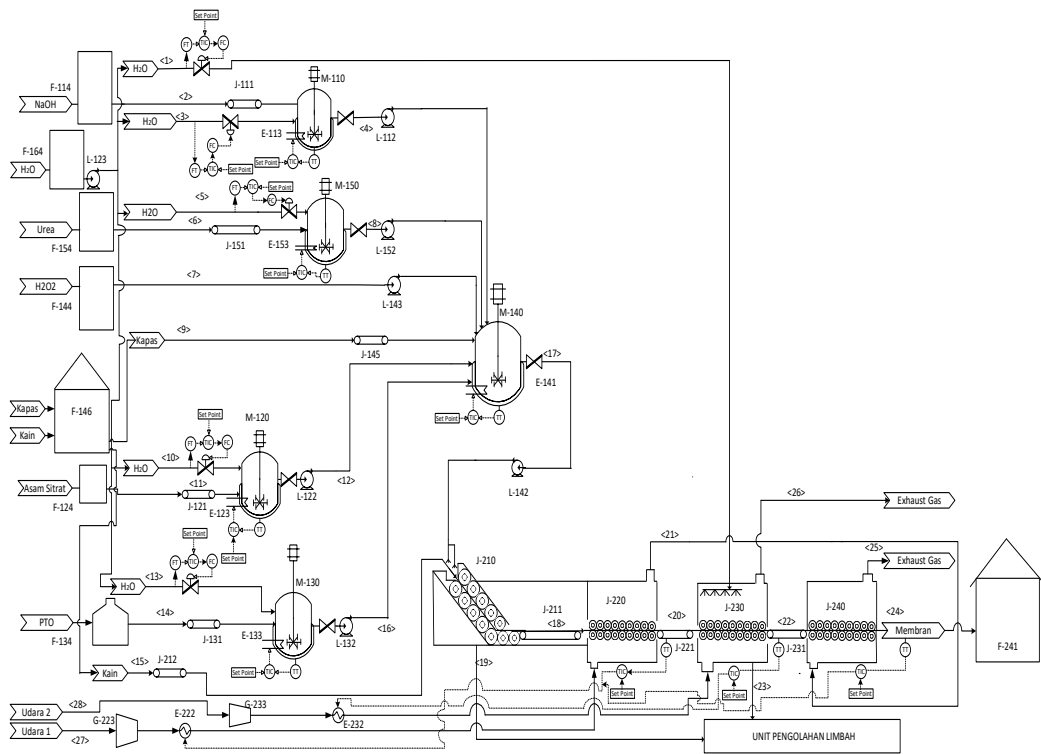
- [1] Radovanovic, P. et al.
- [2] Lalia, B. S., et al.
- [3] Qi, Haisong, et al
- [4] Huang, J. Y., et al.
- [5] Boots, H. M. J., et al
- [6] Vainrot N., et al.,
- [7] Negi V., et al.,
- [8] Plisko, T. V., et al.,
- [9] Zhang, X., et al.,
- [10] Zhang, Y., et al.,
- [11] Ukrainsky, B., et al.,
- [12] Wang, K. Y., et al.,
- [13] Li, K., Zhang, Y., et al.,
- [14] Apel, P.
- [15] Apel, P. Y.
- [16] Gleadow, A. J. W.
- [17] Kaur, S., et al.,

2.2.2 Gambaran Proses Roll To Roll

Berdasarkan data perbandingan proses pembuatan membrane pada tabel 2.1, maka proses pembuatan membran yang paling efektif adalah *immersion precipitation* dengan proses roll to roll. Adapun kelebihan dari proses roll to roll diantaranya sebagai berikut :

1. Proses berlangsung secara kontinu.
2. Konversi reaksi tinggi mencapai 95-99% dibandingkan proses lainnya.
3. Tekanan 45 kPa dan suhu rendah yaitu 25 hingga 80°C sehingga kebutuhan energi dalam proses produksi serta resiko ledakan dan kebakaran rendah.
4. Bahan baku mudah didapatkan karena tersedia di dalam negeri sehingga tidak perlu melakukan ekspor.
5. Tidak terdapat reaksi samping dan tidak membutuhkan katalis.
6. Waktu operasi tidak terlalu lama sehingga kebutuhan energy tidak terlalu tinggi.

Proses pembuatan membran dengan bahan baku NaOH dilakukan didalam reaktor dengan direaksikan menggunakan urea, NaOH, H₂O₂, Kapas, Asam Sitrat, PTO, H₂O dan Kain. Suhu dikendalikan sebesar 470°C.



1	F-114	Tangki NaOH
2	F-124	Tangki Asam Sitrat
3	F-134	Tangki PTO
4	F-144	Tangki H2O2
5	F-154	Tangki Urea
6	M-110	Mixer 1
7	M-120	Mixer 2
8	M-130	Mixer 3
9	M-140	Mixer 4
10	M-150	Mixer 5
11	J-111	Belt Conveyor NaOH
12	J-121	Belt Conveyor Asam Sitrat
13	J-131	Belt Conveyor PTO
14	J-151	Belt Conveyor Urea
15	J-145	Belt Conveyor Kapas
16	J-210	Roll Coating
17	J-211	Belt Conveyor
18	J-220	Roll Heater
19	J-221	Belt Conveyor
20	J-230	Roll Cooler
21	J-231	Belt Conveyor
22	J-240	Roll Heater
23	E-113	Cooler M1
24	E-123	Cooler M2
25	E-133	Cooler M3
26	E-153	Cooler M5
27	E-141	Cooler M4
28	E-222	Cooler
29	E-232	Cooler
30	E-241	Cooler
31	L-112	Centrifugal Pump M1
32	L-122	Centrifugal Pump M2
33	L-123	Centrifugal Pump H2O
34	L-132	Centrifugal Pump M3
35	L-142	Centrifugal Pump M4
36	L-143	Centrifugal Pump H2O2
37	L-152	Centrifugal Pump M5
38	G-223	Compressor Roll Heater
39	G-233	Compressor Roll Cooler
40	F-146	Storage Kain dan Kapas
41	J-212	Conveyor Kain Storage
42	F-164	Storage H2O
43	F-241	Storage Membran

Gambar 2.5 Proses Produksi Membran Metode Roll To Roll

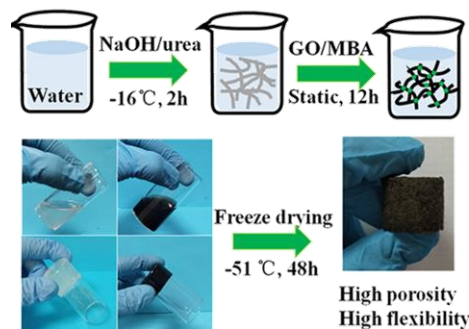
2.3 Deskripsi Proses

Perancangan pabrik membrane dengan bahan baku NaOH. Dari bahan baku hingga menjadi produk akhir melalui beberapa tahap diantaranya :

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap penambahan asam sitrat
3. Tahap Sintesis Potassium Titanyl Oxalate (PTO)
4. Tahap coating produk
5. Tahap pengeringan produk
6. Tahap pendinginan produk
7. Tahap Pengeringan akhir

2.3.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku utama proses pembuatan membran adalah Natrium Hidroksida (NaOH) yang dicampur dengan urea. Larutan NaOH dan urea ditambahkan dengan serabut kapas yang didalamnya terkandung selulosa. Larutan yang sudah tercampur dengan kapas pada mixer 4 dengan suhu 5 °C. Berikut merupakan gambaran proses fabrikasi selulosa dari larutan NaOH dan urea.



Sumber : Bo Fu, et al (2020)

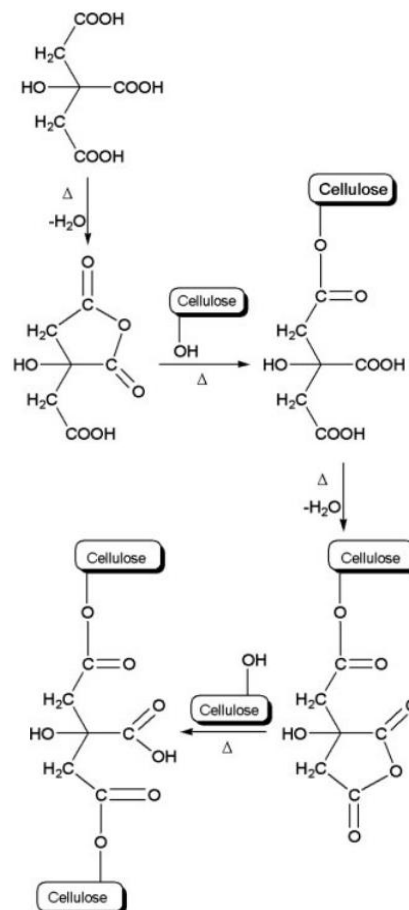
Gambar 2.6 Skema Proses Fabrikasi Selulosa

2.3.2 Tahap Penambahan Asam Sitrat

Larutan selulosa yang terbentuk kemudian direaksikan dengan asam sitrat didalam tangki pengadukan. Reaksi yang terjadi antara cellulose dengan asam sitrat (CA) adalah reaksi *cross-linking*. *Crosslink* adalah ikatan-ikatan yang

menghubungkan suatu rantai polimer dengan rantai polimer lain. Prinsip dari crosslink ini adalah mengganti gugus OH⁻ diganti dengan gugus eter, gugus ester, atau gugus fosfat. Keuntungan dari *cross-linking* ini adalah dapat meningkatkan tekstur, viskositas, *paste clarity*, *gel strength*, dan *adhesiveness* pati. Metode *cross-linking* dilakukan dengan cara menambahkan granula pati dengan reagen *cross-linking*, asam sitrat merupakan reagen dari cross-linking (Ayucitra, 2018).

Reaksi *cross-linking* antara selulosa dan CA, banyak digunakan dalam industri makanan dan obat-obatan yang berfungsi sebagai agen penaut silang yang sangat baik. Baru-baru ini, CA digunakan sebagai agen penaut silang di berbagai sistem turunan selulosa. Ketika CA dipanaskan, akan mengalami dehidrasi untuk menghasilkan anhidrida siklik yang bereaksi dengan pati. Berikut merupakan mekanisme pengikatan cellulose oleh asam sitrat (Demitri C, 2008).

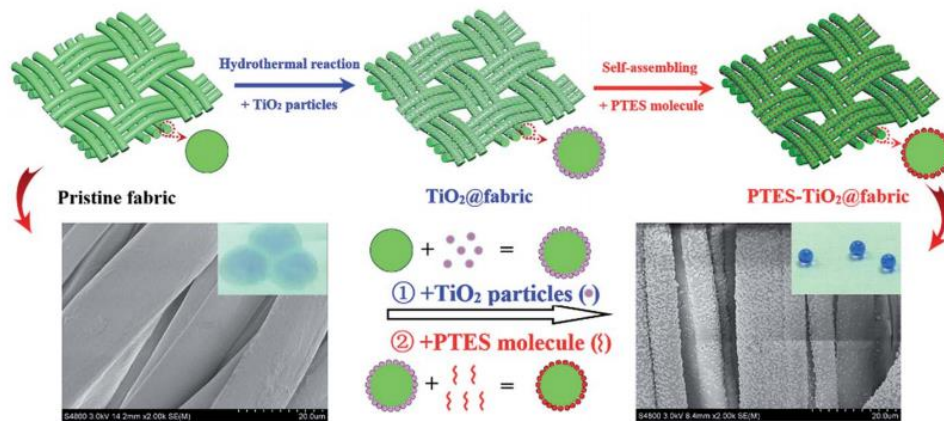


Sumber : Demitri, C (2018)

Gambar 2.7 Mekanisme reaksi cross linking antara cellulose dan asam sitrat

2.3.3 Tahap Sintesis Potassium Titanium Oxalate (PTO)

Tahapan selanjutnya adalah sintesis Potassium Titanyl Oxalate (PTO) dengan menggunakan TiO_2 yang dicampurkan dengan pelarut H_2O_2 sebagai katalis. Titanium dioxide merupakan zat anorganik padat berwarna putih yang memiliki kestabilan thermal, tidak mudah terbakar, larut dan tidak diklasifikasikan sebagai bahan berbahaya. Titanium dioxide memiliki peranan dalam pembuatan membran. TiO_2 pada membran digunakan untuk meningkatkan *water permeability*, porositas, hidrofilitas, properti mekanis dan properti antifouling. Aplikasi TiO_2 pada pembuatan membran menyebabkan *cross-section* sehingga terjadi perubahan dari *macrovoid* menjadi berbentuk pori seperti spons (Zaim, 2017).



Sumber : Huang, J.Y. (2015)

Gambar 2.8 Skema Kain yang Terlapisi Oleh TiO_2

2.3.4 Tahap Coating Produk

Setelah semua larutan tercampur, larutan disimpan dalam tangki penampungan. Kemudian dari tangki penampungan di alirkan menuju alat roll coater. Dalam alat roll coater ini terdapat dua inputan yaitu larutan yang digunakan untuk coating dan juga kain. Kain akan masuk dan didalam nya akan terlapisi larutan dari atas dan dari bawah. Berikut merupakan ilustrasi alat roll coater.



Gambar 2.9 Roll Coater pada Pembuatan Membran

Pada alat roll coater terdapat dua aliran yang menyemprotkan larutan pada kain yaitu bagian atas dan bagian bawah. Kain akan terus memutar dan terlapisi oleh larutan secara sempurna

2.3.5 Tahap Pengeringan Produk

Kain yang sudah tercoating sempurna dikeringkan menggunakan roll heater pada suhu 470°C. Tujuan dilakukan pengeringan menggunakan roll heater adalah agar larutan yang melapisi kain bisa menempel secara sempurna. Prinsip dari roll heater ini adalah ketika motor listrik dihidupkan, maka akan terjadi putaran dari motor listrik yang memutar puli dan belt atau sabuk akan menggerakkan puli transmisi, kemudian akan diteruskan ke Puli yang terhubung dengan salah satu poros roll. Transmisi bertingkat ini dibuat untuk menghasilkan putaran poros roll dengan putaran rendah.

Tahap selanjutnya roll yang difungsikan sebagai penekan dapat diturunkan dengan cara diputar hingga menyentuh batang rumput payung yang akan dilakukan pengerolan. Dengan mekanisme seperti ini maka batang rumput payung (*Cyperus Alternifolius*) yang telah dipisahkan dengan daunnya siap dilakukan proses pembuatan membrane ke dalam mesin roll press, maka batang rumput payung akan terbentuk serat sesuai dengan dimensi nat pada poros roll press. Hasil kain yang

telah di press akan keluar melewati corong output. Berikut merupakan gambar alat roll heater.



Sumber : Perdana, (2016)

Gambar 2.10 Mesin Roll Heater

2.3.6 Tahap Pendinginan Produk

Tahap selanjutnya setelah pengeringan oleh mesin *roll heater* adalah pendinginan dan penampungan akhir. Proses pendinginan dilakukan pada suhu ruang. Proses pendinginan dilakukan menggunakan alat *cold rolling*. *Cold rolling* merupakan alat pendingin yang paling efisien. Optimalisasi sistem rolling sangat penting untuk meningkatkan kecepatan waktu, mengurangi biaya serta meningkatkan kualitas produk. Untuk memperoleh kondisi pendinginan yang diinginkan, penting untuk diketahui dan dikendalikan seakurat mungkin parameter proses yang relevan. *Cold rolling* merupakan alat operasi yang dilakukan pada temperature kamar atau dibawah rekristalisasi. Proses *cold rolling* dilakukan setelah proses *heat rolling* (Azene, Y.T., 2006).

2.3.7 Tahap Pengeringan Akhir

Produk yang keluar dari cooler masih mengandung H₂O sehingga harus dikeringkan kembali. Pengeringan dilakukan untuk mengurangi kadar air pada produk membran. Pengeringan dilakukan dengan bantuan exhaust gas dari buangan reaktor bertujuan untuk mensuplai panas. Exhaust gas terdiri dari H₂O, CO₂ dan, CO. Pengeringan dilakukan hingga kadar air pada membran tidak lebih dari 10%. Setelah proses pengeringan akhir, hasil produk membran akan disimpan di storage.

BAB 3

DASAR PERANCANGAN

3.1 Kapasitas Pabrik

Dalam mendirikan pabrik, faktor utama yang harus diperhatikan adalah kapasitas produksi. Kapasitas produksi pabrik ditentukan dengan mempertimbangkan dari segi keuangan, keekonomisan dan kapasitas produksi yang minimal sehingga pabrik mampu dikelola dengan baik dan memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Dari segi teknologi, yang perlu diperhatikan adalah spesifikasi peralatan dan pemilihan proses. Dalam hal ekonomi, keuntungan dan modal dipertimbangkan. Selain itu, dalam menentukan kapasitas pabrik harus memperhatikan spesifikasi pabrik yang akan didirikan antara lain kapasitas produksi, kapasitas alat produksi, jenis operasi dan kualitas produk. Berdasarkan jumlah air limbah global yang dihasilkan setiap tahunnya yaitu sekitar 2.212 km³ menurut laporan United Nations pada 2017. Selain itu data *Palm Oil Mill Effluent (POME)* atau air limbah yang dihasilkan oleh pabrik kelapa sawit di Indonesia sebesar 165.130.000 m³ dihasilkan setiap tahunnya. POME memiliki kandungan air sebesar 95 – 96%, minyak 0,6 – 0,7 % dan total solid 4 – 5% termasuk 2 – 4% *suspended solid* (Nasution, 2010). Dari jumlah air limbah yang dihasilkan ini 1% diantaranya dilakukan *treatment* dengan menggunakan teknologi membran. Dengan memperhatikan pertimbangan kebutuhan air limbah yang dihasilkan dan penggunaan teknologi membran pada *treatment* air limbah tersebut, maka dapat ditentukan kapasitas pabrik membran roll to roll yang akan berdiri pada tahun 2026 sebesar 30.000 ton/tahun.

3.2 Bahan baku

Bahan baku yang digunakan pada proses pembuatan membran adalah Natrium Hidroksida pada fase padat, asam sitrat dalam fase cair, titanium dioxide pada fase padat dan Hidrogen peroksida dalam fase cair. Berikut merupakan table sifat fisika dan kimia dari bahan baku yang digunakan dalam pembuatan membran.

Tabel 3.1 Sifat Fisika dan Kimia Natrium Hidroksida

No	Sifat Fisika dan Kimia	
1	Bentuk Fisik	Padat
2	Warna	Putih
3	Bau	Tidak berbau
4	Berat Molekul	40 g/mol
5	Spesific gravity	2,13
6	Titik Lebur	319-322 °C
7	Titik Didih	1390 °C
8	Densitas	2,13 g/cm ³
9	Kelarutan	1,09 g/l

Sumber : (Dow Chemical Company, 2009)

Tabel 3.2 Sifat Fisika dan Kimia Urea

No	Sifat Fisika dan Kimia	
1	Bentuk Fisik	Padat
2	Warna	Putih
3	Bau	Tidak berbau
4	Berat Molekul	60,06 g/mol
5	Spesific gravity	1,323
6	Titik Lebur	318 °C
7	Titik Didih	132,7 °C
8	Densitas	2,07 g/cm ³
9	Kelarutan	Mudah larut

Sumber : (Sciencelab, 2012)

Tabel 3.3 Sifat Fisika dan Kimia Asam Sitrat

No	Sifat Fisika dan Kimia	
1	Bentuk Fisik	Kristal
2	Warna	Putih
3	Bau	Tidak menyengat
4	Rasa	Asam
5	Kelarutan	207,7 gram /100 ml (25 °C)
6	Titik Lebur	153 °C
7	Titik Didih	175 °C
8	Spesific Gravity	1,54
9	Berat Molekul	192Mol

Sumber : (Ovelando, 2013)

Tabel 3.4 Sifat Fisika dan Kimia Titanium Dioksida

No	Sifat Fisika dan Kimia	
1	Bentuk Fisik	Padat
2	Warna	Putih
3	Bau	Tidak menyengat
4	Berat Molekul	79,9 g/mol
5	Kelarutan	207,7 gram /100 ml (25 °C)
6	Titik Lebur	1855 °C
7	Titik Didih	2900 °C
8	Densitas	4.23 g/cc (Rutile), 3.78 g/cc (Anatase)
9	Kelarutan	Larut

Sumber : (LTS Research Laboratories, 2017)

Tabel 3.5 Sifat Fisika dan Kimia Hidrogen Peroksida

No	Sifat Fisika dan Kimia	
1	Bentuk Fisik	Cair
2	Warna	Tidak berwarna
3	Bau	Tidak berbau
4	Berat Molekul	34,0147 g/mol
5	Viskositas	1,25 cp
6	Titik Lebur	25,7 °C
7	Titik Didih	107 °C
8	Densitas	1,11 g/cm ³
9	Kelarutan	Larut

Sumber : (Merck, 2017)

3.3 Produk

Produk utama pada parik ini adalah Membrane. Membran didefinisikan sebagai suatu media berpori, berbentuk film tipis, bersifat semipermeabel yang berfungsi untuk memisahkan partikel dengan ukuran molekuler (spesi) dalam suatu sistem larutan. Spesi yang memiliki ukuran yang lebih besar dari pori membran akan tertahan sedangkan spesi dengan ukuran yang lebih kecil dari pori membran akan lolos menembus pori membran (Kesting, RE, 2000). Proses pemisahan dengan membran dapat terjadi karena adanya perbedaan ukuran pori, bentuk, serta struktur kimianya. Membran demikian biasa disebut sebagai membran semipermeable, artinya dapat menahan spesi tertentu, tetapi dapat melewatkan spesi yang lainnya. Fasa campuran yang akan dipisahkan disebut umpan (feed), hasil pemisahan disebut sebagai permeat (Heru pratomo, 2003). Proses pemisahan dengan membran dapat terjadi karena adanya gaya dorongan (Δ) yang mengakibatkan adanya perpindahan massa melalui membran. Berdasarkan fungsinya membran dibagi menjadi tujuh macam, yaitu membran yang digunakan pada proses reverse osmosis, ultrafiltrasi, mikrofiltrasi, dialisa, dan elektrodialisa (Wenten, 1995)

Tabel 3.6 Spesifikasi Produk Membran

Keterangan	Nilai
Ukuran Pori (nm)	10-30 nm
Grammature Textile	0,4 kg/m ²
Panjang	20 m
Lebar	1 m

3.4 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan faktor yang sangat berkaitan erat dengan efisiensi perusahaan ditinjau dari segi ekonomis, sedangkan tata letak pabrik dan tata letak peralatan proses merupakan faktor penting dalam kelancaran operasional pabrik. Oleh karena itu lokasi, tata letak pabrik dan tata letak peralatan pabrik merupakan dua faktor yang tidak terpisahkan untuk menciptakan lingkungan kerja yang efektif dan efisien sehingga kegiatan operasional pabrik menjadi sangat ekonomis dan menguntungkan. Namun yang tidak kalah penting adalah tersedianya infrastruktur yang harus diciptakan oleh pemerintah setempat agar investor menjadi tertarik untuk memberikan pendanaan. Sehingga tercipta kawasan industri yang dapat meningkatkan Pendapatan Asli Daerah (PAD). Lokasi pabrik yang baik harus dapat memberikan kemungkinan perluasan atau peningkatan pabrik. Lokasi yang dipilih untuk pendirian pabrik membran roll to roll yang akan didirikan pada tahun 2025 berlokasi di Tanjung Pakis desa Kemantren kecamatan Paciran kabupaten Lamongan Jawa Timur. Lokasi ini berada di Lamongan Shore base dengan titik koordinat 6°52'11.6"LS dan 112°24'47.1"BT. Batas-batas wilayahnya meliputi :

1. Sebelah utara berbatasan dengan Pelabuhan Lamongan / Lamongan Shorebase
2. Sebelah selatan berbatasan dengan PT. PPLI Lamongan yang merupakan perusahaan Pengolahan Limbah dan Terdapat Jalan Tuban-Gresik
3. Sebelah timur berbatasan dengan Helipad Lamongan Shorebase

4. Sebelah barat berbatasan dengan Pengeboran Minyak lepas pantai PT. Petronas

Dasar pertimbangan Lokasi pabrik adalah sebagai berikut :

1. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku pabrik *membrane roll to roll* yaitu NaOH, Kapas, Urea, Asam sitrat, Potasium TiO₂, kain. NaOH diperoleh dari PT. Industri Soda Indonesia yang berlokasi di Surabaya. Kapas diperoleh dari PT. Cottonindo Ariesta yang berlokasi di kabupaten Subang Jawa Barat. Urea diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik yang berlokasi di Gresik. Asam sitrat diperoleh dari PT. Budi Starch and Sweetener TBK di Sidoarjo, Potasium TiO₂ diperoleh dari PT. Indokemika Jayatama yang berlokasi di Surabaya, Kain polyester diperoleh dari PT. Unitex Tbk. Yang berlokasi di Bogor Jawa barat. Keuntungan letak pabrik dekat dengan bahan baku yaitu terjaminnya keamanan arus bahan baku, tingkat kerusakan bahan baku kecil, dan ongkos transportasi bahan baku murah

2. Tersedianya Unit Pengolahan Limbah di sekitar Kawasan Industri

Pembuangan limbah pabrik perlu diperhatikan mengingat masalah ini sangat berkaitan dengan usaha pencegahan terhadap pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh buangan pabrik baik berupa bahan: gas, cair maupun padat. Pembuangan limbah harus memperhatikan ketentuan pemerintah pusat maupun pemerintah daerah setempat. Oleh karena itu dilakukan pemilihan lokasi kabupaten Lamongan dikarenakan berdekatan dengan PT. PPLI Lamongan yang merupakan perusahaan Pengolahan Limbah.

3. UMK (Upah Minimum Kota)

Upah Minimum Kota (UMK) Lamongan pada tahun 2021 cukup rendah dibandingkan dengan beberapa wilayah di Indonesia yaitu sebesar Rp. 2.488.724,- perbulan dengan standar tujuh jam kerja dalam sehari atau 40 jam kerja dalam seminggu.

4. Tersedianya Lahan Produktif

Lahan yang tersedia diharapkan dapat dilakukan perluasan atau memperbesar pabrik untuk tahun mendatang. Pada tahun 2018, harga tanah di Kota Palembang yaitu Rp. 1.317.000,- /m².

5. Transportasi

Masalah transportasi perlu diperhatikan dengan benar agar kelancaran supply bahan baku dan penyaluran produk dapat berjalan lancar dengan biaya dan waktu yang serendah mungkin. Kota Lamongan memiliki sarana transportasi darat, laut, dan udara. Sarana transportasi darat meliputi jalan raya penghubung Tuban-Gresik yang lancar, sarana transportasi laut meliputi Pelabuhan (Lamongan Shorebase, Pelabuhan di Kawasan industri terpadu Java Integrated Industrial Port and Estate), serta sarana transportasi udara yaitu Lamongan Shorebase Helipad yang berjarak 100 m. Hal tersebut memudahkan dalam pengangkutan peralatan pabrik selama masa konstruksi, bahan baku, dan distribusi produk hasil produksi sehingga dapat memperkecil biaya investasi

6. Pemasaran

Pemasaran Membran Roll to roll jenis pemisah minyak ini sangat strategis karena berada di dekat konsumen dalam bidang Industri seperti Petrokimia, Waste water treatment, industry minyak dan gas yaitu daerah Tuban, Gresik, Surabaya, Cepu, Bojonegoro. Selain itu, Lamongan merupakan daerah yang dekat dengan kawasan industri yang ada di Gresik, Tuban dan Surabaya sehingga berpotensi sebagai daerah pemasaran produk. Dengan demikian, diharapkan pembangunan pabrik membran ini dapat memenuhi kebutuhan domestik. Dan juga memanfaatkan Konektivitas laut untuk pemasaran pada bidang pengolahan industri kelapa sawit yang ada di Sumatra, Sulawesi, Kalimantan dan Papua

7. Tenaga Kerja dan Tenaga Ahli

Tenaga kerja dapat diperoleh dari daerah setempat sekitar pabrik dengan berbagai standar yang telah ditetapkan dan tenaga ahli dapat diperoleh dari Kota Surabaya. Gresik dan Tuban atau dari berbagai Universitas dan Institusi yang ada di daerah Jawa Timur atau luar daerah.

8. Kebutuhan Air

Air yang dibutuhkan diperoleh berasal dari Perusahaan Daerah Air Minum / PDAM dan dilakukan pemrosesan terlebih dahulu. Air digunakan dalam kebutuhan proses, sarana utilitas, dan kebutuhan domestik

9. Kebutuhan Tenaga Listrik dan Bahan Bakar

Tenaga listrik dan bahan bakar merupakan faktor penunjang yang penting dalam pendirian suatu pabrik. Kebutuhan tenaga listrik diperoleh dari PLN setempat dan pembangkit listrik yang dibangun khusus untuk keperluan sendiri.

10. Iklim

Kota Lamongan mempunyai iklim yaitu iklim tropis. Pada lokasi pendirian pabrik, iklim mempengaruhi konstruksi pabrik sehingga dapat dilakukan desain sedemikian rupa sehingga iklim tidak mempengaruhi kelancaran produksi.

11. Peraturan daerah dan Keberadaan Masyarakat

Tidak mengganggu dan menjadi hambatan dalam pendirian, berjalannya dan berkembangnya pabrik.

Peta lokasi perencanaan proyek pabrik Membran roll to roll disampaikan pada Gambar 3.1.



Sumber : maps.google.com, 2021

Gambar 3.1 Lokasi Perencanaan Pabrik Membran

3.5 Aspek Keselamatan

Keselamatan dan Kesehatan Kerja merupakan salah satu upaya perlindungan terhadap tenaga kerja. Sebagaimana di Indonesia sudah diatur pada Undang-undang No. 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja dan Peraturan Pemerintah No 50/2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3). Peraturan tersebut bertujuan untuk mengantisipasi dan mencegah terjadinya kecelakaan kerja. Berikut ini merupakan ringkasan aspek keselamatan yang perlu diperhatikan dari bahan-bahan proses produksi yaitu *Sodium Hydroxide* (NaOH), Urea ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$), Titanium Dioxide (TiO_2), Asam sitrat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) dan Hidrogen Peroksida (H_2O_2) serta produk membrane.

3.5.1 Bahan Baku

3.5.1.1 Sodium Hydroxide (NaOH)

Sodium Hydroxide (NaOH) merupakan bahan kimia yang berbentuk padat, berwarna putih, tidak berbau, tidak mudah terbakar, korosif pada logam dan korosi kulit. Kondisi yang dihindari adalah air, material yang sifatnya tidak sesuai, dan suhu ekstrim. Bahan-bahan yang dihindari adalah suasana asam, cairan yang mudah terbakar, organic halogens, logam dan nitrocompounds. Bahaya utama *Sodium Hydroxide* dalam paparan jangka pendek terhadap kesehatan diantaranya debu padatan dan larutan basa / slurry bila kontak dengan mata berakibat iritasi bergantung pada konsentrasi dan lama kontak. Dalam beberapa hal dapat mengakibatkan kebutaan. Bila kontak dengan kulit dapat menimbulkan luka bakar atau borok yang dalam. Penghirupan debu dapat menyebabkan peradangan saluran pernafasan paru-paru. Penyimpanan *Sodium Hydroxide* di tempat yang sejuk, kering, berventilasi baik, tempat yang jauh dari bahan-bahan yang tidak kompatibel, tetap tertutup rapat. Penanganan cuci bersih setelah memegang material. Tata cara penanggulangan tumpahan yaitu pakaian pelindung diperlukan saat menyapu, menyendok, atau mengambil materi tumpah. Memindahkan ke wadah logam yang sebaiknya tertutup untuk pembuangan limbah ke fasilitas yang telah disetujui. Peralatan perlindungan saat menggunakan *Sodium Hydroxide* yaitu kaca mata pengaman, pakaian pelindung, sarung tangan, dan masker debu/aerosol dengan tipe filter P3 (Smart Lab Indonesia, 2019).

3.5.1.2 Urea

Urea ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) merupakan bahan kimia yang berbentuk padat, berwarna putih, berbau seperti amonia. Urea memiliki ketidakcocokan dengan bahan lain seperti dengan natrium hipoklorit, kalsium hipoklorit, natrium nitrat, nitrosil perklorat, agen oksidasi yang kuat, dichromates, klorin cair, nitrat, permanganates, chromyl klorida. Produk dekomposisi berbahaya diantaranya karbon monoksida, oksida nitrogen, karbon dioksida, amonia. Bahaya utama urea dalam paparan jangka pendek terhadap kesehatan diantaranya bila kontak dengan mata dapat menyebabkan iritasi mata, menyebabkan kemerahan dan rasa sakit. Bila kontak dengan kulit dapat menyebabkan iritasi kulit, menyebabkan kemerahan dan rasa sakit, dan mungkin berbahaya jika diserap

melalui kulit. Bila tertelan dapat menyebabkan iritasi gastrointestinal dengan mual, muntah dan diare. Selain itu dapat menyebabkan gangguan jantung. Bila terhirup dapat menyebabkan iritasi saluran pernapasan. Paparan yang berkepanjangan atau berulang dapat menyebabkan efek reproduksi yang merugikan (Central Drug House (P) Ltd , 2021).

3.5.1.3 Titanium Dioxide

Titanium Dioxide (TiO_2) merupakan bahan kimia yang berbentuk serbuk, berwarna putih dan memiliki bau tidak menyengat. Kondisi penanganan yaitu cuci bersih setelah penanganan. Tempat penyimpanan di tempat kering yang sejuk dalam wadah tertutup rapat. Pemeliharaan kerja/higienis yaitu dilarang menggunakan tembakau atau makanan di area kerja. Dilarang meniup debu dari pakaian atau kulit dengan udara. Potensi efek kesehatan diantaranya bila terkena mata dapat menyebabkan iritasi. Bila terkena kulit dapat menyebabkan iritasi. Bila tertelan dapat menyebabkan toksisitas rendah. Penanganan tumpahan diantaranya (i) mengenakan respirator dan alat pelindung yang sesuai yang ditentukan dalam informasi perlindungan khusus, (ii) mengisolasi area tumpahan, (iii) menyediakan ventilasi, (iv) menyedot tumpahan menggunakan partikulasi efisiensi tinggi filter udara absolut (HEPA) dan tempatkan dalam wadah tertutup untuk dibuang. Berhati-hati untuk tidak menimbulkan debu. Tindakan pencegahan lingkungan yaitu mengisolasi limpasan untuk mencegah pencemaran lingkungan (LTS Research Laboratories, 2017).

3.5.1.4 Asam Sitrat

Asam sitrat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) merupakan bahan kimia yang berbentuk padat, serbuk kristal, tidak berbau, tidak berwarna, dan berasa asam. Kondisi penyimpanan menggunakan wadah yang tidak mengandung logam, tertutup sangat rapat dan kering. Reaksi yang hebat dapat terjadi dengan logam oksidator basa reduktor. Bahan yang harus dihindari yaitu logam. Bahaya utama terhadap kesehatan diantaranya iritasi saluran pernafasan, iritasi kulit, iritasi mata. Organ sasaran mata, kulit, membrane mukosa. Paparan jangka pendek diantaranya bila terhirup dapat menyebabkan iritasi dan kesulitan bernafas.

Bila kontak dengan kulit dapat menyebabkan iritasi, dan dapat menimbulkan inflamasi dan lepuh, kontak dengan mata iritasi, kerusakan kornea dan kebutaan. Bila tertelan dapat menyebabkan nyeri kerongkongan, muntah dan gangguan pencernaan. Paparan jangka panjang bila terhirup dapat menyebabkan iritasi saluran pernafasan dan kerusakan paru. Kontak dengan kulit dapat menimbulkan kerusakan kulit local dan dermatitis. Kontak dengan mata menyebabkan iritasi, kerusakan kornea dan kebutaan. Bila tertelan dapat menimbulkan kerusakan gigi. Kondisi yang harus dihindari yaitu apanas, nyala, percikan, dan sumber nyala lain. Hindari pembentukan debu, kelembaban, paparan terhadap udara lembab dan air. Bahan tak tercampurkan yaitu basa, bahan pengoksidasi, sulfida (anorganik seperti ferric sulfide, timbal sulfida, natrium sulfida), logam nitrat, alkali karbonat, kalium tartrat, asetat, bikarbonat (Merck, 2021).

3.5.1.5 Hidrogen Peroksida

Hidrogen Peroksida (H_2O_2) merupakan bahan kimia yang berbentuk cair, tidak berwarna, sedikit berbau. Beresiko meledak dengan: acetaldehyde, aseton, arang aktif., alkohol, formic acid, amonia. Bahan yang mudah terbakar yaitu *vinyl acetate*, zat-zat kimia organik, serbuk logam, debu, hydrazine dan turunannya, hydrides, eter, kalium, anilines, garam metalik, *acetic acid*, *asetat anhidrida*, *formaldehyde*, *furfuril alkohol*, minyak, sodium, litium, *lithium aluminium hydride*, pelarut organik, magnesium, logam oxides, methanol, reduktor, oksida fosfor butanol. Persyaratan bagi area penyimpanan dan wadah diantaranya menutup wadah dengan cara tertentu agar memungkinkan tekanan internal untuk keluar (misal katup tekanan berlebih). Wadah yang tidak mengandung logam. Kondisi penyimpanan tertutup sangat rapat. Melindungi dari cahaya. Dilarang menggunakan dekat bahan-bahan yang mudah terbakar. Kondisi yang harus dihindari yaitu pemanasan. Bahan yang harus dihindari logam. Paparan jangka panjang menyebabkan luka bakar kulit, Iritasi mata, konjungtivitas campuran menyebabkan kerusakan mata berat (Merck, 2017).

3.5.2 Produk

Produk yang dihasilkan pada pabrik ini adalah membran. Membran didefinisikan sebagai suatu lapisan tipis selektif dan semipermeabel yang berada diantara dua fasa, yaitu fasa umpan dan fasa permeat. Fasa umpan atau konsentrat mengandung komponen yang tertahan sedangkan fasa permeat mengandung komponen yang lolos melalui membran. Pemisahan dicapai karena membran mempunyai kemampuan untuk melewatkan suatu komponen, yang ukurannya lebih kecil dari pori membran pada fasa umpan lebih baik daripada komponen lain yang ukurannya lebih besar dari pori membran. Membran bersifat semipermeabel, berarti membran dapat menahan spesi-spesi tertentu yang lebih besar dari ukuran pori membran, dan melewatkan spesi-spesi lain dengan ukuran yang lebih kecil. Sifat selektif dari membran ini dapat digunakan dalam proses pemisahan. Membran merupakan suatu pemisah selektif dan memiliki kemampuan menghambat laju perpindahan massa yang bersifat spesifik untuk tiap-tiap komponen kimia. Proses pemisahan membran merupakan salah satu teknologi yang mengalami pertumbuhan sangat cepat selama dua dekade terakhir. Membran didefinisikan sebagai rintangan selektif diantara dua fasa fluida (Sirkar dan Ho 1992, Mark dan Menges 1985, Pandey dan Chauhan, 2001, dalam Ismail, 2002). Membran telah banyak diterapkan dalam berbagai bidang kehidupan.

Membran memiliki keunggulan antara lain bersifat modular, konsumsi energi rendah, dan mudah sistem pengoperasiannya. Umumnya membran dapat dibuat dari bahan polimer organik dan senyawa anorganik. Namun, sebagian besar bahan yang sering digunakan untuk membuat membran adalah bahan polimer organik karena proses pembuatannya yang relatif sederhana (Mulder, 1996). Akan tetapi, membran polimer mempunyai beberapa keterbatasan seperti: selektivitas rendah, tidak stabil pada suhu dan pH ekstrim, serta mengalami pengembangan dan terdekomposisi dalam pelarut organik. Sebaliknya, membran anorganik mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan membran organik polimer, yaitu: mempunyai stabilitas termal dan kimia yang baik, tahan terhadap tekanan tinggi, kekuatan mekanik yang baik serta masa pakai yang lebih lama. Sama halnya seperti membran

organik polimer, membran anorganik juga mempunyai beberapa kelemahan, yaitu: aplikasinya terbatas, rapuh dan mahal (Zulfikar et al., 2006).

BAB 4

DASAR DASAR PENYUSUNAN NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI

Neraca massa dan neraca energi digunakan dalam penentuan kebutuhan bahan baku dan energi suatu pabrik. Pada perhitungan neraca massa dan neraca energi terdapat perhitungan jumlah bahan yang masuk dan keluar serta jumlah energi yang masuk dan keluar dari suatu proses. Perhitungan neraca massa digunakan untuk menentukan formulasi bahan, mengetahui komposisi produk yang dihasilkan dari suatu proses pencampuran dan untuk mengetahui efisiensi pemisahan dalam suatu sistem pemisah mekanik. Berdasarkan perhitungan neraca massa dan neraca energi, maka dapat ditentukan spesifikasi peralatan yang digunakan dalam proses.

4.1 Reaksi Pembentukan Produk

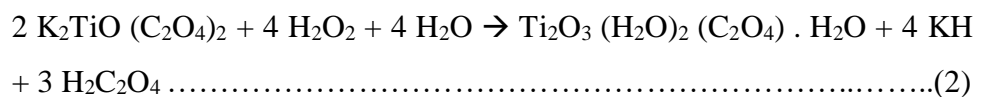
Proses pembentukan membran terdapat enam jenis proses utama, yaitu : (i) tahapan persiapan bahan baku yaitu NaOH, Urea, Asam Sitrat, Pottassium Titanyl Oxalate (PTO), Kain ; (ii) tahapan penambahan asam sitrat di tangki pengaduk; (iii) tahapan Sintesis Pottassium Titanyl Oxalate (PTO) (iv) tahapan coating produk di dalam alat *roll coater*; (v) tahapan pengeringan produk menggunakan roll heater dan (vi) tahap pendinginan produk dilakukan dalam alat *cold rolling*. Bahan baku pembuatan membran terdiri dari 5 jenis bahan baku Larutan NaOH/urea dapat meningkatkan homogenitas pada material komposit. Larutan NaOH dengan urea ditambahkan dengan serabut kapas yang didalamnya terkandung selulosa. Larutan yang sudah tercampur dengan kapas pada mixer 4 dengan suhu 5 °C. Reaksi yang terjadi antara NaOH dengan Urea adalah sebagai berikut :



Larutan selulosa yang terbentuk kemudian direaksikan dengan asam sitrat didalam tangki pengadukan. Reaksi yang terjadi antara cellulose dengan asam sitrat (CA) adalah reaksi *cross-linking*. *Crosslink* adalah ikatan-ikatan yang

menghubungkan suatu rantai polimer dengan rantai polimer lain. Prinsip dari crosslink ini adalah mengganti gugus OH⁻ diganti dengan gugus eter, gugus ester, atau gugus fosfat. Keuntungan dari *cross-linking* ini adalah dapat meningkatkan tekstur, viskositas, *paste clarity*, *gel strength*, dan *adhesiveness* pati. Metode *cross-linking* dilakukan dengan cara menambahkan granula pati dengan reagen *cross-linking*, asam sitrat merupakan reagen dari *cross-linking*. Reaksi *cross-linking* antara selulosa dan CA, banyak digunakan dalam industri makanan dan obat-obatan yang berfungsi sebagai agen penaut silang yang sangat baik. Baru-baru ini, CA digunakan sebagai agen penaut silang di berbagai sistem turunan selulosa. Ketika CA dipanaskan, akan mengalami dehidrasi untuk menghasilkan anhidrida siklik yang bereaksi dengan pati.

Tahap selanjutnya adalah sintesis Potassium Titanyl Oxalate (PTO) dengan menggunakan TiO₂ yang dicampurkan dengan pelarut H₂O₂. Titanium dioxide memiliki peranan dalam pembuatan membran. TiO₂ pada membran digunakan untuk meningkatkan *water permeability*, porositas, hidrofilitas, properti mekanis dan properti antifouling. Reaksi yang terjadi antara PTO dengan H₂O₂ adalah



Setelah semua larutan tercampur, larutan disimpan dalam tangki penampungan. Kemudian dari tangki penampungan di alirkan menuju alat roll coater. Dalam alat roll coater ini terdapat dua inputan yaitu larutan yang digunakan untuk coating dan juga kain. Kain akan masuk dan didalam nya akan terlapisi larutan dari atas dan dari bawah. Pada alat roll coater terdapat dua aliran yang menyemprotkan larutan pada kain yaitu bagian atas dan bagian bawah. Kain akan terus memutar dan terlapisi oleh larutan secara sempurna. Kain yang sudah tercoating sempurna dikeringkan menggunakan roll heater pada suhu 470°C. Tujuan dilakukan pengeringan menggunakan roll heater adalah agar larutan yang melapisi kain bisa menempel secara sempurna. Prinsip dari roll heater ini adalah ketika motor listrik dihidupkan, maka akan terjadi putaran dari motor listrik yang memutar puli dan belt atau sabuk akan menggerakkan puli

transmisi, kemudian akan diteruskan ke puli yang terhubung dengan salah satu poros rol. Transmisi bertingkat ini dibuat untuk menghasilkan putaran poros rol dengan putaran rendah. Tahap selanjutnya roll yang difungsikan sebagai penekan dapat diturunkan dengan cara diputar hingga menyentuh batang rumput payung yang akan dilakukan pengerolan. Dengan mekanisme seperti ini maka batang rumput payung (*Cyperus Alternifolius*) yang telah dipisahkan dengan daunnya siap dilakukan proses pembuatan membrane ke dalam mesin roll press, maka batang rumput payung akan terbentuk serat sesuai dengan dimensi nat pada poros roll press. Hasil kain yang telah di press akan keluar melewati corong output. Tahap selanjutnya setelah pengeringan oleh mesin *roll heater* adalah pendinginan dan penampungan akhir. Proses pendinginan dilakukan pada suhu ruang. Proses pendinginan dilakukan menggunakan alat *cold rolling*. *Cold rolling* merupakan alat pendingin yang paling efisien. Optimalisasi sistem rolling sangat penting untuk meningkatkan kecepatan waktu, mengurangi biaya serta meningkatkan kualitas produk. Untuk memperoleh kondisi pendinginan yang diinginkan, penting untuk diketahui dan dikendalikan seakurat mungkin parameter proses yang relevan. *Cold rolling* merupakan alat operasi yang dilakukan pada temperature kamar atau dibawah rekristalisasi. Proses *cold rolling* dilakukan setelah proses *heat rolling*. Selanjutnya proses yang terakhir yaitu produk yang keluar dari cooler masih mengandung H₂O sehingga harus dikeringkan kembali. Pengeringan dilakukan untuk mengurangi kadar air pada produk membran. Pengeringan dilakukan dengan bantuan exhaust gas dari buangan reaktor bertujuan untuk mensuplai panas. Exhaust gas terdiri dari H₂O, CO₂ dan CO. Pengeringan dilakukan hingga kadar air pada membran tidak lebih dari 10%. Setelah proses pengeringan akhir, hasil produk membran akan disimpan di storage.

4.2 Asumsi Dalam Perhitungan Neraca Massa dan Energi Pada Alat Proses

Untuk mempermudah perhitungan neraca massa dan neraca energi pada setiap alat proses dan pada keseluruhan pabrik, maka diperlukan asumsi pada setiap alat yang digunakan dalam proses pembuatan membran. Adapun asumsi-asumsi yang digunakan adalah sebagai berikut :

4.2.1 Tangki Pencampuran

1. Temperatur dijaga konstan
2. Kecepatan *conveyor* dijaga konstan
3. Komponen yang telah tercoating selain H₂O tidak berkurang massanya

4.2.2 Pompa

1. Aliran tunak, tidak terjadi akumulasi massa didalam alat
2. Perubahan temperatur akibat perubahan tekanan dan gaya gesek dapat diabaikan

4.2.3 Reaktor

1. Tekanan di dalam tangki pencampuran dijaga konstan dan hilang tekan yang terjadi diabaikan
2. Proses kecepatan pengadukan dijaga konstan, proses pengadukan didalam tangki pencampuran diasumsikan sempurna
3. Komponen tidak terjadi penguapan dan komponen tidak keluar menuju lingkungan

4.2.4 Tangki Pencelupan

1. Perubahan temperatur akibat perubahan tekanan dan gaya gesek dapat diabaikan
2. Komponen tidak terjadi penguapan
3. Komponen TiO₂ tercoating 95%

4.2.5 Headbox roll to roll

1. Aliran tunak, tidak terjadi akumulasi massa didalam alat
2. Perubahan temperatur akibat perubahan tekanan dan gaya gesek dapat diabaikan
3. Komponen tidak terjadi penguapan
4. Komponen produk reaktor tercoating 95%
5. Kecepatan *Roller* dijaga konstan

4.2.6 Heater Conveyor box

1. Temperatur dijaga konstan
2. Kecepatan *conveyor* dijaga konstan
3. Komponen yang telah tercoating selain H₂O tidak berkurang massanya

4.2.7 Cooler Conveyor box

1. Temperatur dijaga konstan
2. Kecepatan *conveyor* dijaga konstan
3. Komponen yang telah tercoating selain H₂O tidak berkurang massanya

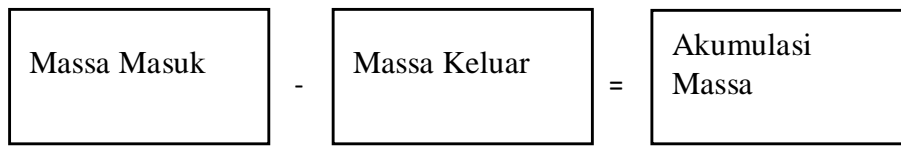
4.3 Perhitungan Neraca Massa

Perhitungan neraca massa merupakan prinsip dasar dalam perancangan sebuah pabrik kima. Perhitungan neraca massa dilakukan untuk menentukan kapasitas produksi, kebutuhan bahan baku, kebutuhan unit utilitas, spesifikasi peralatan dan kebutuhan lain yang terkait dengan perhitungan.

Perhitungan neraca massa pada pabrik membran dilakukan secara alur mundur yaitu dengan mengambil basis operasi per jam. Perhitungan digunakan untuk menentukan jumlah masuk yang dibutuhkan pada kapasitas produksi sebesar 30.000 ton/tahun. Perhitungan neraca massa menggunakan *software* Microsoft Excel . Adapun hasil perhitungan neraca massa pada perancangan pabrik membran disampaikan pada lampiran C. Basis perhitungan neraca massa pada pabrik Membrane adalah sebagai berikut :

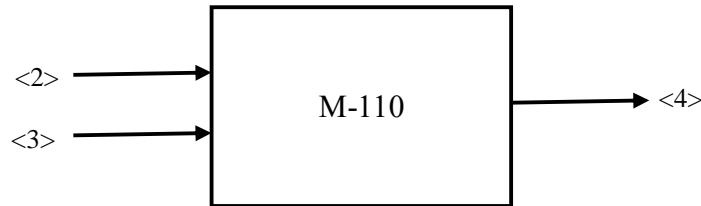
Basis perhitungan	: 30.000 ton/tahun
Satuan	: kg/jam
Waktu Operasi	: 8036 jam
Jam Operasi	: 24 jam
Kapasitas Produksi	: 30.000 ton/tahun

Perhitungan neraca massa tanpa reaksi adalah sebagai berikut :



Berikut merupakan hasil perhitungan neraca massa pada pabrik membrane :

1. Mixer 1 (M - 110)

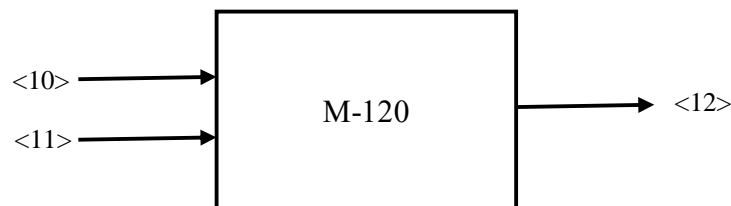


Gambar 4.1 Mixer 1

Tabel 4.1 Neraca Massa Mixer 1

Komponen	Input		Output
	<3>	<2>	<4>
	Massa	Massa	Massa
NaOH	0	27283,34	27283,34
H ₂ O	109133,38	0	109133,38
Total	109133,38	27283,34	136416,72
Total Aliran	136416,72		136416,72

2. Mixer 2 (M - 120)

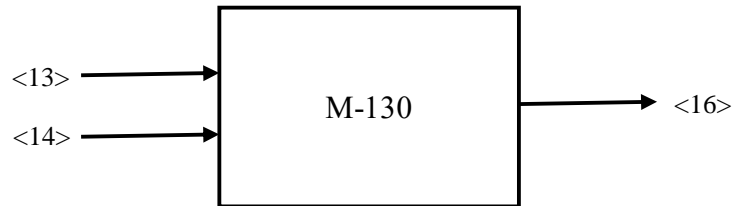


Gambar 4.2 Mixer 2

Tabel 4.2 Neraca Massa Mixer 2

Komponen	Input		Output
	<10>	<11>	<12>
	Massa	Massa	Massa
H ₂ O	50182,82	0	50182,82
Asam Sitrat	0	1446,20	1446,20
Total	50182,82	1446,20	51629,02
Total Aliran	51629,02		51629,02

3. Mixer 3 (M - 130)

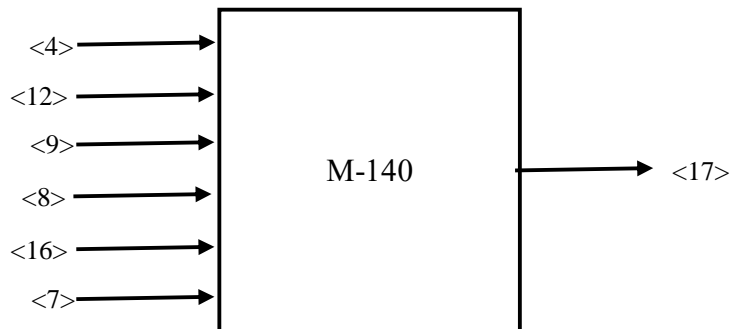


Gambar 4.3 Mixer 3

Tabel 4.3 Neraca Massa Mixer 3

Komponen	Input		Output
	<13>	<14>	<16>
	Massa	Massa	Massa
H ₂ O	7,83	0	7,83
PTO	0	1,24	1,24
Total	7,83	1,24	9,08
Total Aliran	9,08		9,08

4. Mixer 4 (M-140)



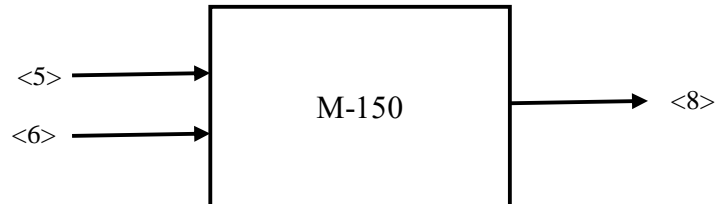
Gambar 4.4 Mixer 4

Tabel 4.4 Neraca Massa Mixer 4

Komponen	Input						Output
	<4>	<8>	<7>	<9>	<12>	<16>	<17>
	Massa	Massa	Massa	Massa	Massa	Massa	Massa
NaOH	27283,34	0	0	0	0	0	27283,34
H ₂ O	109133,38	73437,67	0	0	50182,8	7,84	232761,71
Asam Sitrat	0	0	0	0	1466,20	0	14461,20
Kapas	0	0	0	463,82	0	0	463,82
Urea	0	23190,84	0	0	0	0	23190,84
PTO	0	0	0	0	0	1,25	1,24
H ₂ O ₂	0	0	11,20	0	0	0	11,20

Total	136416,72	96628,51	11,20	463,82	51629	9,09	285158,35
Total Aliran	285158,35						285158,35

5. Mixer 5 (M-150)

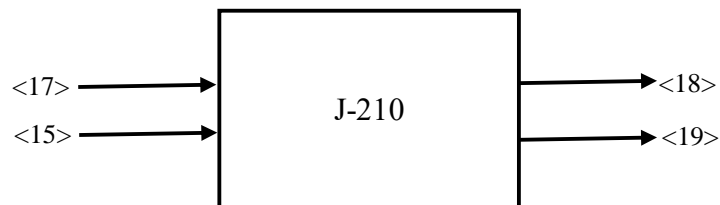


Gambar 4.5 Mixer 5

Tabel 4.5 Neraca Massa Mixer 5

Komponen	Input		Output
	<5>	<6>	<8>
	Massa	Massa	Massa
H ₂ O	73437,67	0	73437,67
Urea	0	23190,84	23190,84
Total	73437,67	23190,84	96628,51
Total Aliran	96628,51		96628,51

6. Roll Coating (J-210)



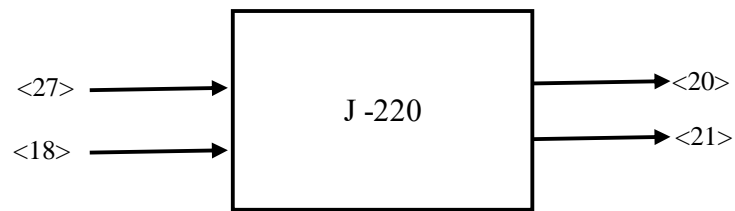
Gambar 4.6 Roll Coating

Tabel 4.6 Neraca Massa Roll Coating

Komponen	Input		Output	
	<17>	<15>	<18>	<19>
	Massa	Massa	Massa	Massa
NaOH	27283,34	0	27283,34	0
H ₂ O	232761,71	0	0,14	232761,56

Asam Sitrat	1446,20	0	1446,20	0
Kapas	463,82	0	463,82	0
Urea	23190,84	0	23190,84	0
PTO	1,25	0	1,25	0
H ₂ O ₂	11,20	0	11,20	0
Kain / polyester	0	2280,16	2280,16	0
Total	285158,35	2280,16	54676,95	232761,56
Total Aliran	287438,51		287438,51	

7. Heater Conveyor Box (J-220)



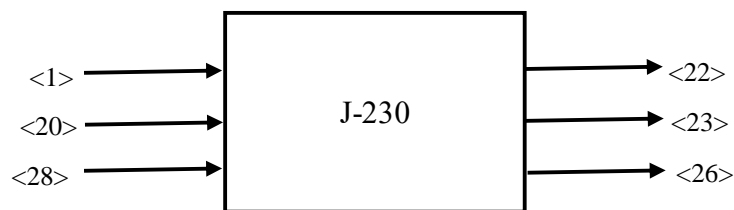
Gambar 4.7 Heater Conveyor Box

Tabel 4.7 Neraca Massa Heater Coveyot Box

Komponen	Input		Output	
	<27>	<18>	<20>	<21>
	Massa	Massa	Massa	Massa
NaOH	0	27283,34	27283,34	0
H ₂ O	0	0,141	0	0,11
Asam Sitrat	0	1446,20	723,10	0
Kapas	0	463,82	46,382	0

Urea	0	23190,84	23190,84	0
PTO	0	1,24	0	0
H ₂ O ₂	0	11,20	11,19	0
Kain / polyester	0	2280,16	2280,16	0
TiO ₂	0	0	0,31	0
CO	0	0	0	0,05
CO ₂	0	0	0	0,09
CA-Selulose	0	0	1140,08	0
C ₃ H ₅ O(CO OK) ₃	0	0	0,75	0
H ₂ C ₂ O ₄	0	0	0,53	0
Udara	3000	0	0	3000
Total	3000	54676,95	54676,70	3000,25
Total Aliran		57676,95	57676,95	

8. Cooler Conveyor Box (J-230)

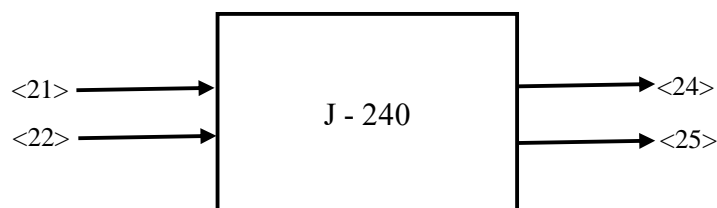


Gambar 4.8 Cooler Conveyor Box

Tabel 4.8 Neraca Massa Cooler Conveyor Box

Komponen	Input			Output		
	<28>	<1>	<20>	<22>	<26>	<23>
	Massa	Massa	Massa	Massa	Massa	Massa
NaOH	0	0	27283,34	27283,34	0	0
Urea	0	0	23190,84	23190,84	0	0
H ₂ O ₂	0	0	11,20	11,20	0	0
TiO ₂	0	0	0,31	0,31	0	0
Kain / polyester	0	0	2280,16	2280,16	0	0
CA-Selulose	0	0	1140,08	1140,08	0	0
C ₃ H ₅ O(COOK) ₃	0	0	0,75	0	0	0,75
H ₂ C ₂ O ₄	0	0	0,53	0	0	0,53
Asam Sitrat	0	0	723,10	0	0	723,10
Kapas	0	0	46,38	46,38	0	0
H ₂ O	0	1000	0	500	0	500
Udara	3000	0	0	0	3000	0
Total	3000	1000	54676,70	54452,32	3000	1224,4
Total Aliran	58676,70			58676,70		

9. Heater Conveyor Box 2 (J-240)



Gambar 4.9 Heater Conveyor Box 2

Tabel 4.9 Neraca Massa Heater Conveyor Box 2

Komponen	Input		Output	
	<21>	<22>	<24>	<25>
	Massa	Massa	Massa	Massa
NaOH	0	27283,34	27283,34	0
Urea	0	23190,84	23190,84	0
H ₂ O ₂	0	11,20	11,20	0
TiO ₂	0	0,31	0,31	0
Kain / polyester	0	2280,16	2280,16	0
CA-Selulose	0	1140,08	1140,08	0
H ₂ O	0,11	500	373,32	126,79
CO	0,05	0	0	0,05
CO ₂	0,09	0	0	0,09
Asam Sitrat	0	0	0	0
Kapas	0	46,38	46,38	0
Udara	3000	0	0	3000
Total	3000,25	54452,32	54325,64	3126,93
Total Aliran	57452,57		57452,57	

4.4 Perhitungan Neraca Energi

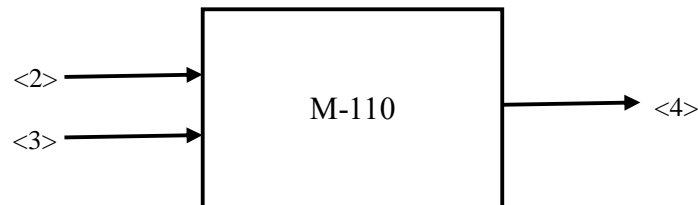
Perhitungan neraca energi merupakan sesuatu hal yang penting dalam perancangan pabrik kimia. Untuk tujuan dalam perhitungan neraca energi sendiri antara lain adalah untuk merancang spesifikasi alat pemrosesan,

menghitung jumlah bahan utilitas yang diperlukan pada suatu alat proses, menghitung jumlah bahan utilitas yang diperlukan pada suatu pabrik dan menghitung kebutuhan energi pada pabrik.

Pengerjaan perhitungan neraca energi menggunakan software Microsoft Excel. Hasil perhitungan neraca energi disampaikan pada Lampiran E. Perhitungan neraca menggunakan neraca energi overall. Pada perhitungan ini, berlaku teori hukum kekekalan energi dengan asumsi sebagai berikut : ideal, pengaruh tekanan terhadap entalpi diabaikan, energi kinetik dan potensial diabaikan. Maka rumus neraca energi yang digunakan sebagai berikut :

$$\boxed{\begin{array}{c} \text{Energi} \\ \text{Aliran} \\ \text{Masuk} \end{array}} - \boxed{\begin{array}{c} \text{Energi} \\ \text{Aliran} \\ \text{Keluar} \end{array}} = \boxed{\begin{array}{c} \text{Energi} \\ \text{Akumulasi} \end{array}}$$

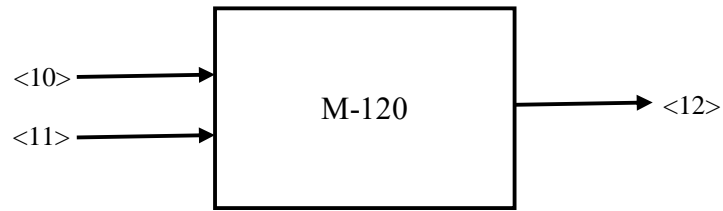
Pada perhitungan neraca energi ini satuan yang digunakan adalah kj/jam. Berikut perhitungan neraca energi dari alat – alat ditampilkan pada tabel berikut ini :



Gambar 4.10 Mixer 1

Tabel 4.10 Neraca Energi Mixer 1

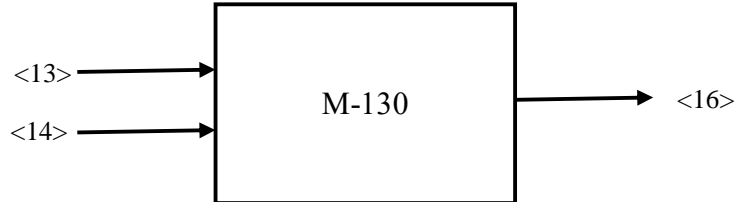
Komponen	ΔH inlet (Kj/jam)	ΔH outlet (Kj/jam)
ΔH <2>	202255,87	0
ΔH <3>	2294071,39	0
ΔH <4>	0	-7345962,17
Q Cooler	0	10091922,16
Q Loss	249632,73	0
Total	2745959,99	2745959,99



Gambar 4.11 Mixer 2

Tabel 4.11 Neraca Energi Mixer 2

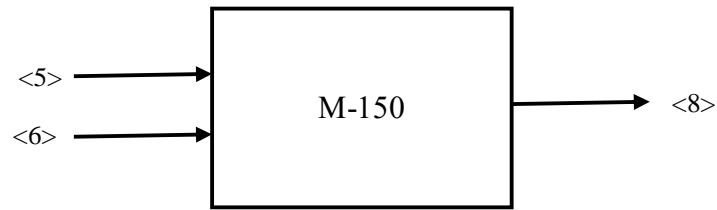
Komponen	ΔH inlet (Kj/jam)	ΔH outlet (Kj/jam)
ΔH <10>	1054883,28	0
ΔH <11>	8602,52	0
ΔH <12>	0	-3199498,60
Q Loss	106348,58	0
Q Cooler	0	4369332,98
Total	1169834,38	1169834,38



Gambar 4.12 Mixer 3

Tabel 4.12 Neraca Energi Mixer 3

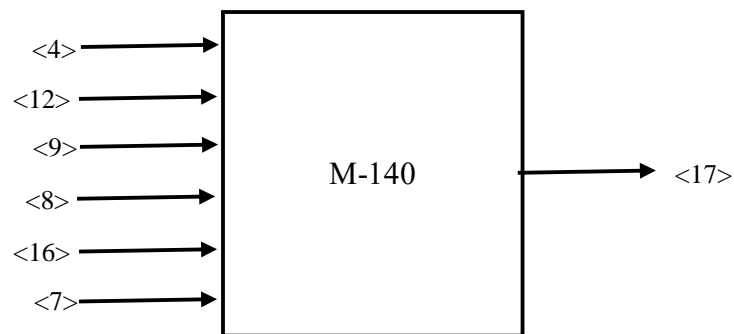
Komponen	ΔH inlet (Kj/jam)	ΔH outlet (Kj/jam)
ΔH <13>	164,74	0
ΔH <14>	0,89	0
ΔH <16>	0	-495,07
Q Loss	16,56	0
Q Cooler	0	677,281
Total	182,205	182,205



Gambar 4.13 Mixer 5

Tabel 4.13 Neraca Energi Mixer 5

Komponen	ΔH inlet (Kj/jam)	ΔH outlet (Kj/jam)
ΔH <5>	1543718,87	0
ΔH <6>	183169,51	0
Q Cooler	0	6881161,15
ΔH <8>	0	-4981583,93
Q Loss	172688,84	0
Total	1899577,22	1899577,22

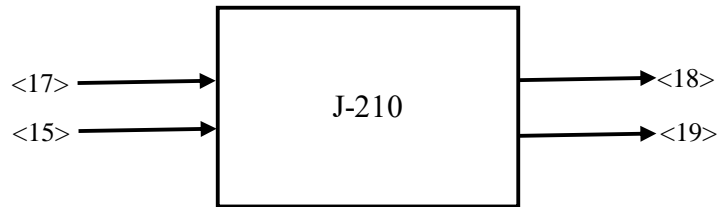


Gambar 4.14 Mixer 4

Tabel 4.14 Neraca Energi Mixer 4

Komponen	ΔH inlet (Kj/jam)	ΔH outlet (Kj/jam)
ΔH <4>	-734596,17	0
ΔH <8>	-4981583,93	0
ΔH <7>	139,39	0
ΔH <9>	2975,01	0
ΔH <12>	-3199498,59	0
ΔH <16>	-495,08	0
ΔH <17>	0	-20682885,11

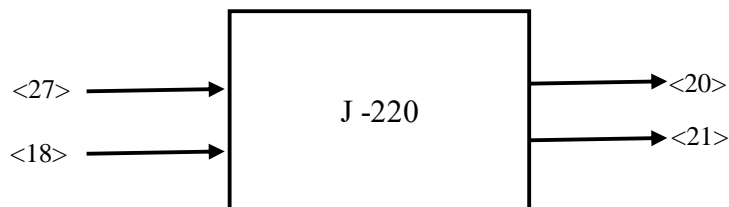
Q Loss	-1552442,54	0
Q Cooler	0	3606017,19
Total	-17076867,91	-17076867,91



Gambar 4.15 Roll Coating

Tabel 4.15 Neraca Energi Roll Coating

Komponen	ΔH inlet (Kj/jam)	ΔH outlet (Kj/jam)
ΔH <17>	-20682881,39	0
ΔH <15>	52,16	0
ΔH <19>	0	-19464352,59
ΔH <18>	0	-1218476,64
Q Loss	-2068282,92	0
Q Fan	0	-2068282,92
Total	-22751112,15	-22751112,15

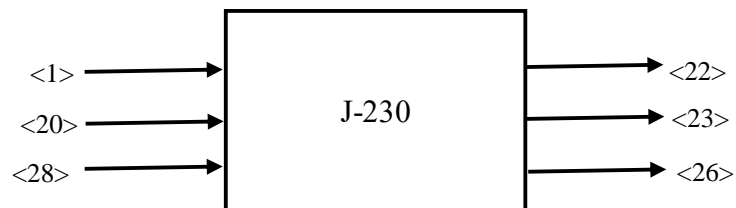


Gambar 4.16 Heater Conveyor Box

Tabel 4.16 Neraca Energi Heater Coveyor Box

Komponen	ΔH inlet (Kj/jam)	ΔH outlet (Kj/jam)
ΔH <18>	-1218480,36	0
ΔH <21>	0	1459479,73
ΔH <27>	15015,53	0
ΔH <20>	0	19433223,61
ΔH_r	-14902,58	0

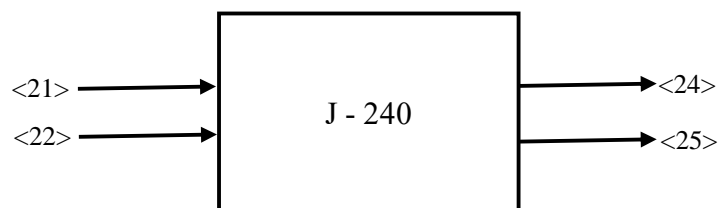
Q Loss	0	-121848,04
Q Heater	21989222,71	0
Total	20770855,3	20770855,3



Gambar 4.17 Cooler Conveyor Box

Tabel 4.17 Neraca Energi Cooler Conveyor Box

Komponen	ΔH inlet (Kj/jam)	ΔH outlet (Kj/jam)
ΔH <1>	21020,80	0
ΔH <20>	10246089,49	0
ΔH <23>	0	10513,45
ΔH <28>	1442371,42	0
ΔH <26>	0	15015,53
ΔH <22>	0	169680,19
Q Cooler	0	12540983,56
Q Loss	1026711,03	0
Total	12736192,74	12736192,74



Gambar 4.18 Heater Conveyor Box 2

Tabel 4.18 Neraca Energi Heater Conveyor Box 2

Komponen	ΔH inlet (Kj/jam)	ΔH outlet (Kj/jam)
$\Delta H <22>$	169680,19	0
$\Delta H <21>$	301275,28	0
$\Delta H <24>$	0	167017,28
$\Delta H <25>$	0	53926,03
Q Heater	-953072,56	0
Q Loss	0	16968,02
Total	237911,33	237911,33

4.5 Process Flow Diagram

Berdasarkan perhitungan neraca massa dilakukan pembuatan *Process Flow Diagram* (PFD) yang disampaikan pada Lampiran D.

BAB 5

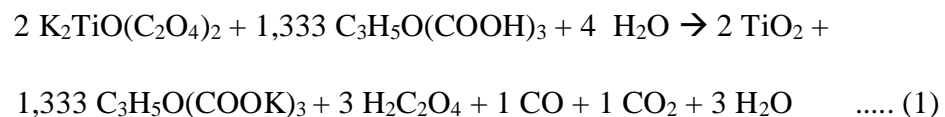
SPESIFIKASI PERALATAN

5.1 Unit Reaktor

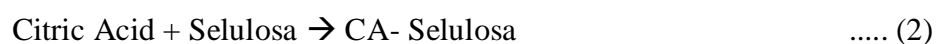
5.1.1 Spesifikasi Reaktor

Tujuan dari pra-rancangan pabrik kimia ini adalah untuk membangun pabrik yang memproduksi membran dengan bahan baku Natrium Hidroksida (NaOH), Kapas, Urea, Asam sitrat, PTO, kain, H₂O₂, H₂O. Dalam produksi membran ini membutuhkan satu unit pelaksana reaksi. Unit pelaksana reaksi ini berfungsi untuk mereaksikan Asam Sitrat dengan Potasium Titanium dioksida dan Asam sitrat dengan cellulose. Unit pelaksanaan reaksi ini dijalankan melalui reaktor. Reaktor ini harus dirancang agar dapat memfasilitasi proses untuk mendapatkan produk yang diinginkan dengan kapasitas yang diharapkan. Prarancangan ini meliputi dimensi dengan mempertimbangkan faktor-faktor keamanan dan fleksibilitas dalam pengoperasiannya. Dalam merancang sebuah reaktor, banyak hal yang harus diperhatikan seperti pengaruh kinetika reaksi, arah aliran bahan, mekanika, sistem perpindahan panas, serta komponen-komponen pendukung reaktor, lainnya. Pada pembuatan reaktor kimia harus memastikan bahwa reaksi menghasilkan efisiensi yang paling tinggi ke arah produk keluaran yang diinginkan, agar dapat meminimalisir biaya operasional untuk memperoleh produk yang maksimal. Terdapat dua reaksi yang terdapat pada reaktor ini diantaranya :

Reaksi 1



Reaksi 2



5.1.2 Pertimbangan Pemilihan Reaktor

Ada beberapa pertimbangan yang mendasari dalam perancangan alat reaktor Roll Heater ini yaitu :

1. Karakteristik material

Pertimbangan karakteristik materi meliputi kekuatan material, jenis dan kemudahan untuk didapatkan.

2. Proses produksi

Pertimbangan dalam proses produksi meliputi pengangkutan kapasitas perjam dari unit, kontinuitas pemindahan, metode penumpukan material dan lamanya alat beroperasi.

3. Ekonomi

Pertimbangan ekonomi yaitu agar material yang digunakan dalam komponen tersebut harganya semurah mungkin dengan tidak mengurangi kualitas komponen yang meliputi ongkos pembuatan, pemeliharaan dan pemasangan.

5.1.3 Asumsi Perhitungan

Asumsi – asumsi yang digunakan didalam perancangan reaktor Roll Heater adalah sebagai berikut :

- a. Kapasitas 30.000 ton/tahun
- b. Faktor korosi 1/16
- c. Panjang Membran 4 m
- d. Diameter roll 0,08 meter

5.1.4 Spesifikasi Alat Roll Heater Reaktor

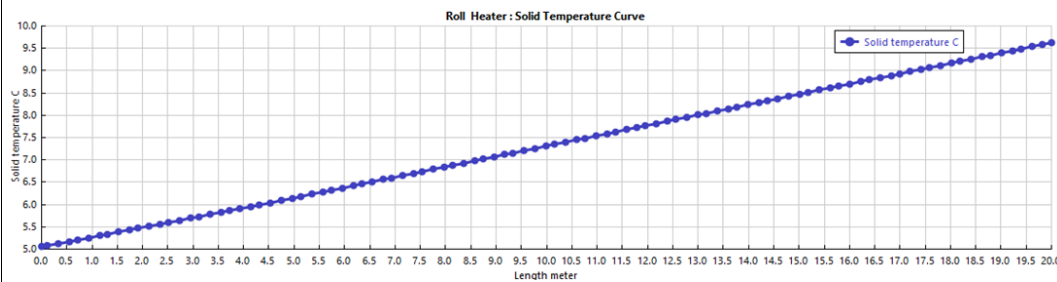
Spesifikasi alat Roll Heater Reaktor disampaikan pada Tabel 5.1 sebagai berikut :

Tabel 5.1 Roll Heater Reaktor

LEMBAR SPESIFIKASI ALAT	
Nomor alat	J-220
Nama Unit	Roll Heater
Jumlah	1
Fungsi	Untuk memanaskan larutan sebelum masuk roll cooler
Material	Tungsten Carbide
KONDISI OPERASI	
Temperatur (°C)	470
Luas permukaan membran (m ²)	7.6
solid residence time (Menit)	2
Critical Solid Moisture Content	0.05%
Exhaust gas Temperature (Celcius)	124.627678
Solids Velocity (Meter/detik)	0.0833
Equilibrium Moisture Content (dry)	0.03%
Initial solid moisture content	49%
Vapor Temperature at adiabatic saturation (Celcius)	87
GEOMETRY	
Gass Flow Direction	Cross flow
Panjang Roll Heater (m)	10
Panjang membran (m)	4
Lebar Membran (m)	1.9
Panjang roll (m)	2.28
Diameter roll (m)	0.08

Jumlah roll yang dibutuhkan	125
Inside diameter (m)	0.04
Faktor korosi	0.0625
Roll Heater type	Convective Dryer

SOLIDS TEMPERATURE CURVE



LEMBAR SPESIFIKASI ALAT PENDUKUNG

Nomor alat	E-222
Nama Unit	Heater

KONDISI OPERASI

Outlet temperature (°C)	470
Outlet Pressure (Bar)	1,01325
Vapor Fraction	1
Heat duty (kj/hr)	499553,6903

GEOMETRI

Type Heater	Coil Heater
-------------	-------------

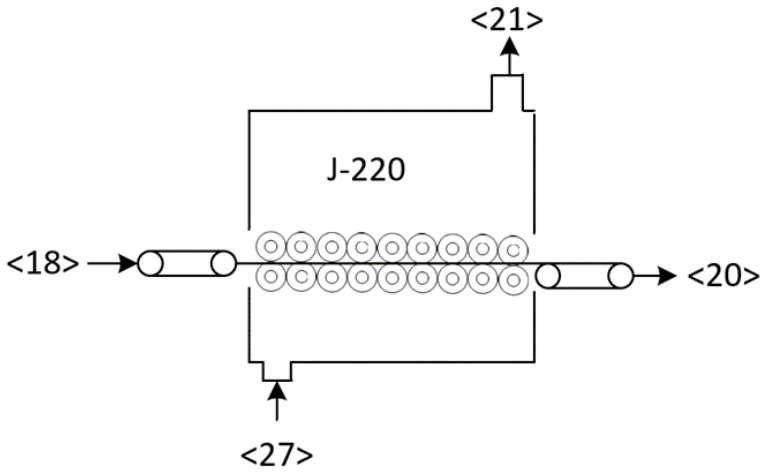
LEMBAR SPESIFIKASI ALAT PENDUKUNG

Nomor alat	G-223
Nama Unit	Compressor

KONDISI OPERASI

Discharge Pressure (bar)	6
Efficiency isentropic	0,7
Vapor Fraction	1
Heat duty (kj/hr)	499553,6903
Type Heater	Coil Heater
Net work required (KW)	240
Brake Horse Power (KW)	240

Mechanical Efficiency	1
Outlet Pressure (Bar)	6
Outlet temperature (°C)	313,213
Inlet temperature (°C)	30



Gambar 5.1 Roll Heater Reaktor

5.1.5 Spesifikasi Alat Roll Cooler

Spesifikasi alat Roll Cooler disampaikan pada Tabel 5.2 sebagai berikut

:

Tabel 5.2 Roll Cooler

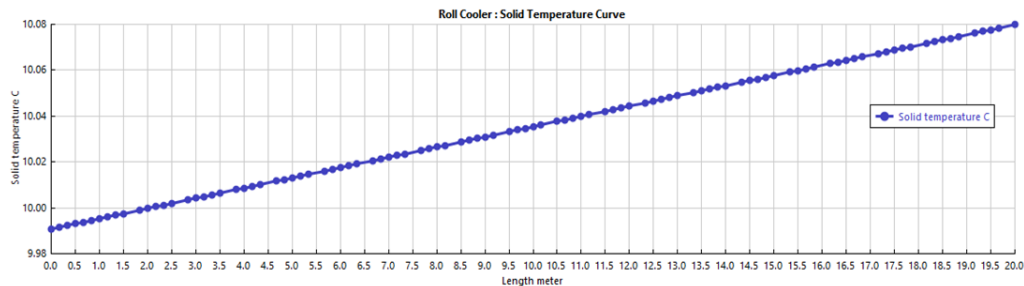
LEMBAR SPESIFIKASI ALAT	
Nomor alat	J-230
Nama Unit	Roll Cooler
Jumlah	1
Fungsi	Untuk mendinginkan membran
Material	Tungsten Carbide
KONDISI OPERASI	
Exhaust gas Temperature (Celcius)	14,4774271
Luas permukaan membran (m ²)	7,6
solid residence time (Menit)	2
Critical Solid Moisture Content	49,0%

Temperatur (°C)	30
Solids Velocity (Meter/detik)	0,083333333
Equilibrium Moisture Content (dry)	49%
Initial solid moisture content	100%
Vapor Temperature at adiabatic saturation (Celcius)	16,8701146

GEOMETRY

Gass Flow Direction	Cross flow
Panjang Roll Heater (m)	10
Panjang membran (m)	4
Lebar Membran (m)	1,9
Panjang roll (m)	2,28
Diameter roll (m)	0,08
Jumlah roll yang dibutuhkan	125
Inside diameter (m)	0,04
Faktor korosi	0,0625
Roll Heater type	Convective Dryer

SOLIDS TEMPERATUR CURVE



LEMBAR SPESIFIKASI ALAT PENDUKUNG

Nomor alat	E-232
Nama Unit	Cooler

KONDISI OPERASI

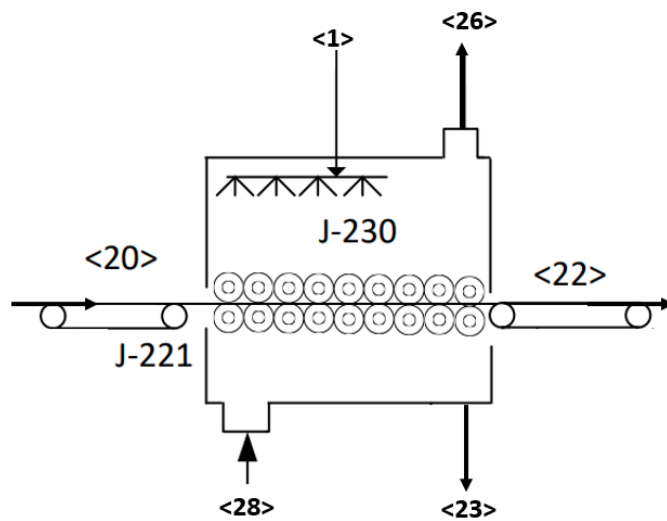
Outlet temperature (°C)	30
Outlet Pressure (atm)	1
Vapor Fraction	1
Heat duty (kj/hr)	-864594,4618

GEOMETRI

Type Heater	Coil cooler + water spray
-------------	---------------------------

LEMBAR SPESIFIKASI ALAT PENDUKUNG

Nomor alat	G-233
Nama Unit	Compressor
Type Compressor	Isentropic
KONDISI OPERASI	
Discharge Pressure (bar)	6
Efficiency isentropic	0,7
Vapor Fraction	1
Heat duty (kj/hr)	499553,6903
Net work required (KW)	240,165128
Brake Horse Power (KW)	240,165128
Mechanical Efficiency	1
Outlet Pressure (Bar)	6
Outlet temperature (°C)	313,213149
Inlet temperature (°C)	30



Gambar 5.2 Roll Cooler

5.1.6 Spesifikasi Alat Roll Heater

Spesifikasi alat Roll Cooler disampaikan pada Tabel 5.3 sebagai berikut

:

Tabel 5.3 Roll Heater

LEMBAR SPESIFIKASI ALAT

Nomor alat	J-230
Nama Unit	Roll Heater
Jumlah	1
Fungsi	Untuk mendinginkan membran
Material	Tungsten Carbide

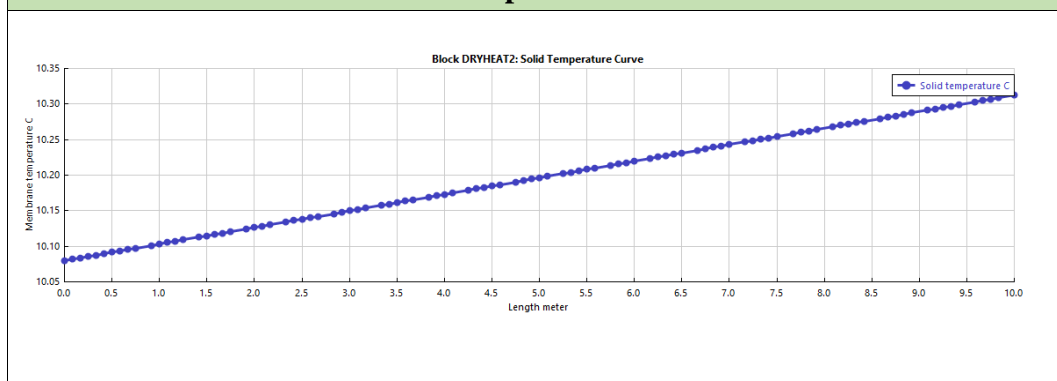
KONDISI OPERASI

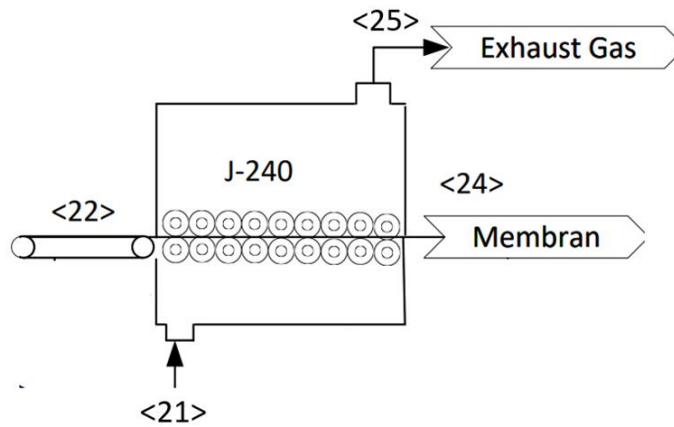
Exhaust gas Temperature (Celcius)	54,2558086
Luas permukaan membran (m ²)	7,6
solid residence time (Menit)	2
Critical Solid Moisture Content	0,03%
Temperatur (°C)	124,6277
Solids Velocity (Meter/detik)	0,083333333
Equilibrium Moisture Content (dry)	0,02%
Initial solid moisture content	49,45%
Overall Evaporation rate (kg/min)	1,03208814
Vapor Temperature at adiabatic saturation (Celcius)	16,8701146

GEOMETRY

Gass Flow Direction	Cross flow
Panjang Roll Heater (m)	10
Panjang membran (m)	4
Lebar Membran (m)	1,9
Panjang roll (m)	2,28
Diameter roll (m)	0,08
Jumlah roll yang dibutuhkan	125
Inside diameter (m)	0,04
Faktor korosi	0,0625
Roll Heater type	Convective Dryer

Solids Temperature Curve





Gambar 5.3 Roll Heater

5.2 Unit Pencampuran

Unit pencampuran merupakan operasi yang bertujuan mengurangi ketidaksamaan kondisi, suhu atau sifat lain yang terdapat dalam suatu bahan. Pencampuran dapat terjadi dengan cara menimbulkan gerak di dalam bahan itu yang menyebabkan bagian-bagian bahan saling bergerak satu terhadap yang lainnya, sehingga operasi pengadukan hanyalah salah satu cara untuk operasi pencampuran. Pencampuran fasa cair merupakan hal yang cukup penting dalam berbagai proses kimia. Pencampuran fasa cair dapat dibagi dalam dua kelompok. Pertama, pencampuran antara cairan yang saling tercampur (*miscible*), dan kedua adalah pencampuran antara cairan yang tidak tercampur atau tercampur sebagian (*immiscible*). Selain pencampuran fasa cair dikenal pula operasi pencampuran fasa cair yang pekat seperti lelehan, pasta dan sebagainya, pencampuran fasa padat seperti bubuk kering, pencampuran fasa gas, dan pencampuran antara fasa.

Dasar Perancangan

Pemilihan alat unit pencampuran didasarkan pada pertimbangan jenis bahan yang akan dicampurkan. Pemilihan alat juga didasarkan pada spesifikasi khusus alat, serta ketebalan bahan alat. Aliran bahan di dalam alat pencampuran juga harus diperhatikan, dibutuhkan pengaduk atau hanya alatnya saja yang bergerak juga menjadi dasarnya pemilihan alat yang tepat. Alat pencampuran pada pergerakannya dibedakan berdasarkan 3 macam, pencampuran dengan

pengaduk bergerak, pencampur yang wadahnya bergerak, dan pencampur yang keduanya bergerak.

Pada pabrik membran, digunakan jenis alat pencampur dimana hanya sistem pengaduknya yang bergerak. Biasanya impeller dari mixer terhubung dengan motor penggerak yang memutar pengaduk serta memutar arah adukan impeller tersebut. Pada pabrik membran terdapat 5 unit pencampuran, yaitu Mixer 1, Mixer 2, Mixer 3, Mixer 4, Mixer 5.

5.2.1 Unit Mixer 1

Mixer 1 berfungsi untuk mencampurkan NaOH dengan H₂O agar komposisi kimia dari produk tersebut selalu tetap sehingga siap untuk diumpankan ke dalam mixer 4. Kondisi yang terdapat di dalam mixer 1 adalah eksoterm., dimana terjadi pelepasan kalor dari sistem ke lingkungan. Fraksi NaOH yang digunakan sebesar 0,2 dan H₂O sebesar 0,8.

Asumsi yang digunakan pada perancangan tangki pencampuran 1 ini adalah :

1. Digunakan desain tutup atas welded flat dan bawah welded flat
2. Material tangki Carbon Steel SA

Tabel 5.4 Mixer 1

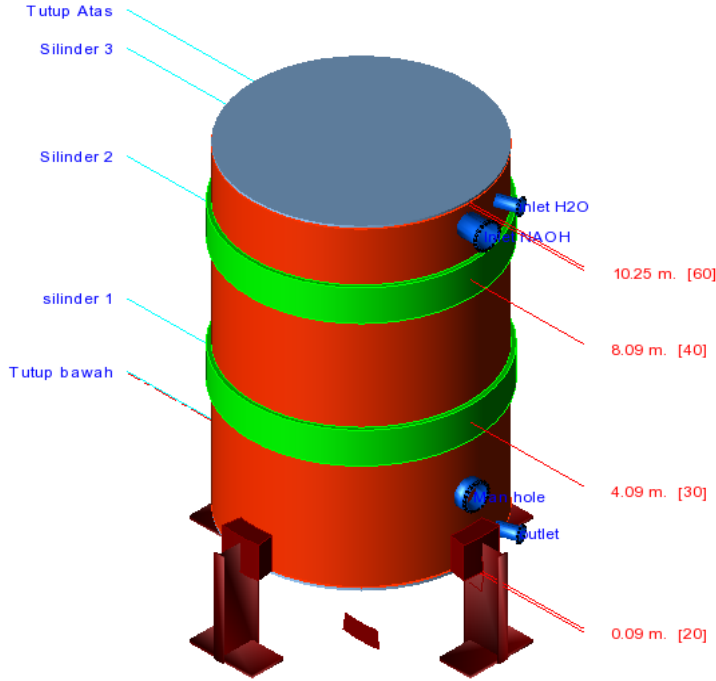
LEMBAR SPESIFIKASI ALAT			
Nama	Mixer 1		
Kode alat	M-110		
Fungsi	Untuk mencampurkan NaOH dan Air		
Kapasitas total tangki (ft ³)	12779,8143		
Bentuk	Silinder dengan tutup atas welded flat dan bawah bentuk welded flat		
Diameter luar (m)	6,74843141		
Tinggi Tangki (m)	10,1686419		
Bahan	Carbon Steel SA 516-70		
KONDISI OPERASI		SILINDER 1	
Temperatur Operasi (C)	10	Outside Diameter (m)	6,7627
Tekanan Operasi (atm)	1	Cylinder length (m)	4

Kapasitas produksi (kg/jam)	298059,928	Finished Thickness (mm)	26,3
PENUTUP		Internal Corrosion allowance	3.175 mm
Penutup bagian atas	welded flat	Material	SA-516 70
Tebal penutup bagian atas	92 mm	SILINDER 2	
Penutup bagian bawah	welded flat	Outside Diameter (m)	6,7627
Tebal penutup bagian bawah	92 mm	Cylinder length (m)	4
Internal Corrossion allowance	3.175 mm	Finished Thickness (mm)	23,685
Temperatur external pressure	10 C	Internal Corrosion allowance	3.175 mm
External Pressure	1 atm	Material	SA-516 70
Internal Pressure	1.16 atm	SILINDER 3	
welded flat attachment factor	0,2	Outside Diameter (m)	6,7627
LEG		Cylinder length (m)	2,07
Leg Centerline diameter (m)	7,96412	Finished Thickness (mm)	22
Leg Orientation	Strong axis	Internal Corrosion allowance	3,175
Number of leg	4	Material	SA-516 70
Overall length of legs	3	BASE PLATE	
Leg database	AISC	Length, B (mm) :	1000
Section Identifier	W44X285	Width, D (mm) :	2000
Leg yield stress (N./mm ²)	827,4	Thickness (mm) :	100
Pad with (mm)	1000	Material :	SA-516 70
pad length (mm)	1000	NOOZLE NaOH	

pad thickness (mm)	500	Noozle Material :	SA-106 B
STIFFENER RING 1		Schedule :	STD
Ring Material :	SA-516 70	Diameter (in) :	24
Ring Location :	OD	Actual thickness (mm) :	16
Ring Type :	Bar Type	Layout angle :	0
Inside Diameter :	6,7627	Projection Outside (m) :	0,5
Thickness (mm) :	1000	Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0,07
Outside diameter (m) :	7	Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0,00635
STIFFENER RING 2		NOOZLE WATER	
Ring Material :	SA-516 70	Noozle Material :	SA-106 B
Ring Location :	OD	Schedule :	40
Ring Type :	Bar Type	Diameter (in) :	12
Inside Diameter :	6,7627	Actual thickness (mm) :	16
Thickness (mm) :	1000	Layout angle :	20
Outside diameter (m) :	7	Projection Outside (m) :	0,5
MAN HOLE		Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0,07
Noozle Material :	SA-106 B	Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0,00635
Schedule :	STD	NOOZLE OUTLET	
Diameter (in) :	24	Noozle Material :	SA-106 B
Actual thickness (mm) :	100	Schedule :	40
Layout angle :	20	Diameter (in) :	12
Projection Outside (m) :	0,1524	Actual thickness (mm) :	30

Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0,009525	Layout angle :	20
Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0,00635	Projection Outside (m) :	0,5
		Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0,07
		Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0,00635

GAMBAR SPESIFIKASI ALAT

Nama	Mixer 1
Kode alat	M-110
	
<p>Gambar 5.2 Mixer 1</p>	



5.2.2 Unit Mixer 2

Mixer 2 berfungsi untuk mencampurkan Asam Sitrat dengan H₂O agar komposisi kimia dari produk tersebut selalu tetap sehingga siap untuk diumpukan ke dalam mixer 4. Fraksi Asam Sitrat sebesar 0,028 dan H₂O sebesar 0,972.

Asumsi yang digunakan pada perancangan tangki pencampuran 2 ini adalah

:

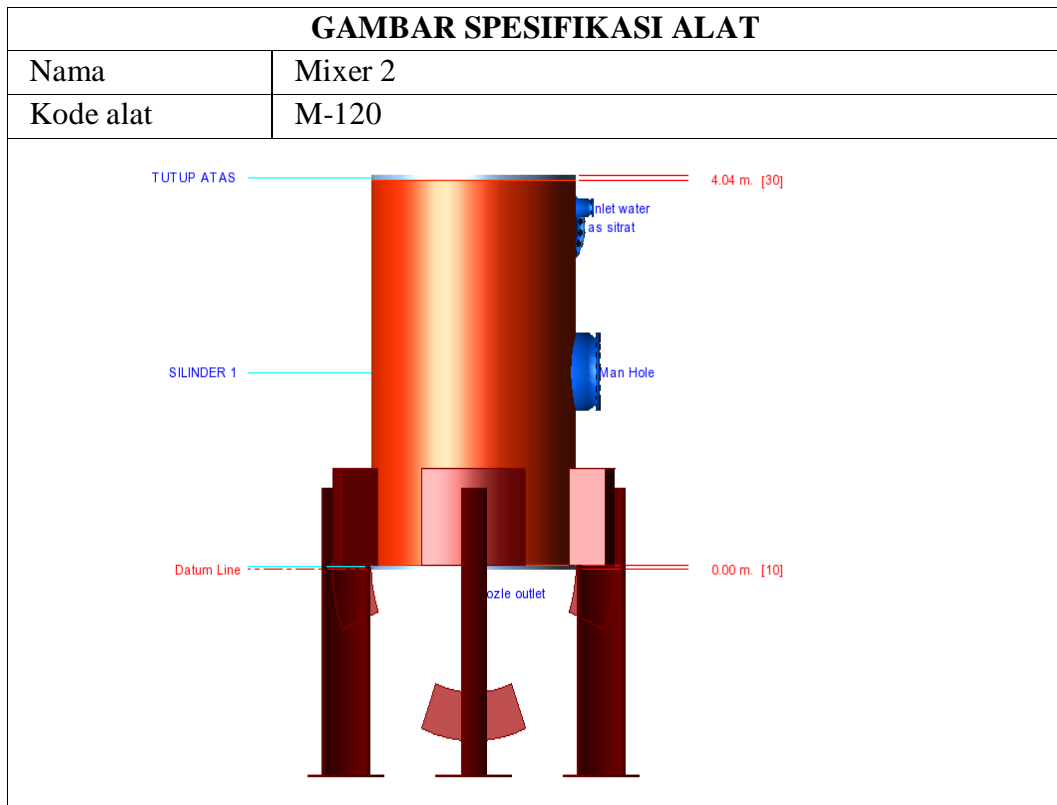
1. Digunakan desain tutup atas welded flat dan bawah welded flat
2. Material tangki Carbon Steel SA

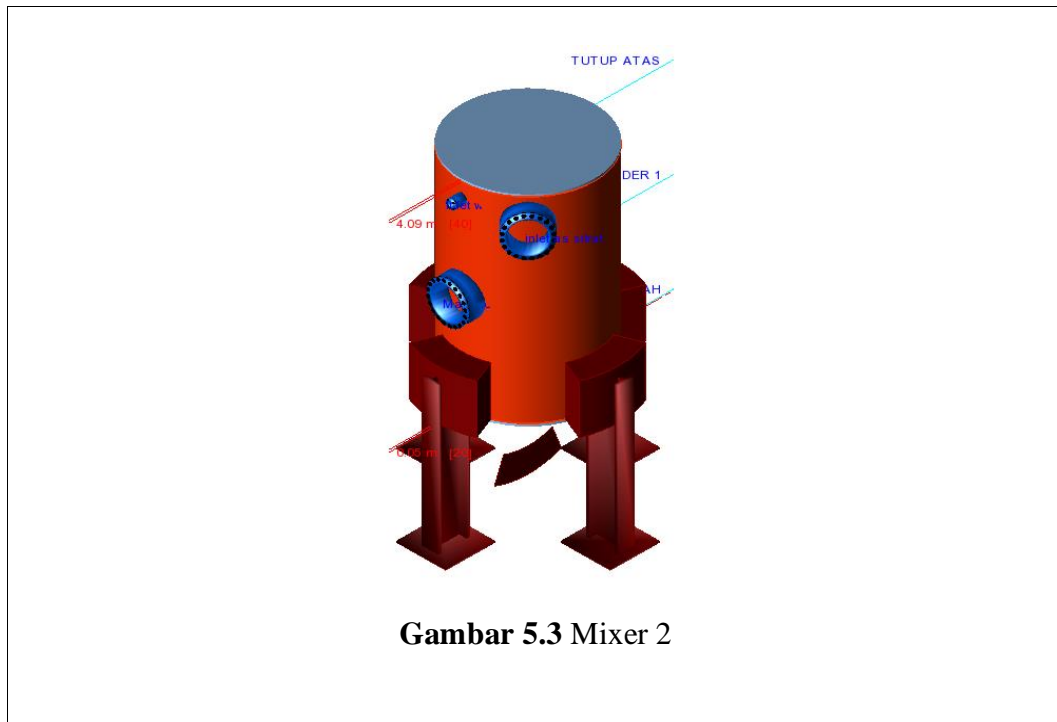
Tabel 5.5 Mixer 2

LEMBAR SPESIFIKASI ALAT			
Nama	Mixer 2		
Kode alat	M-120		
Fungsi	Untuk mencampurkan Asam sitrat dan Air		
Kapasitas total tangki (ft ³)	771,0364706		
Bentuk	Silinder dengan tutup atas welded flat dan bawah bentuk welded flat		
Diameter luar (m)	2,65		
Tinggi Tangki (m)	3,988		
Bahan	Carbon Steel SA 516-70		
KONDISI OPERASI		SILINDER 1	
Temperatur Operasi (C)	10	Outside Diameter (m)	2,65
Tekanan Operasi (atm)	1,6	Cylinder length (m)	3,99
Kapasitas produksi (kg/jam)	16312,7521	Finished Thickness (mm)	13,7
PENUTUP		Internal Corrosion allowance	3.175 mm
Penutup bagian atas	welded flat	Material	SA-516 70

Tebal penutup bagian atas	48.7 mm	BASE PLATE	
Penutup bagian bawah	welded flat	Length, B (mm) :	1000
Tebal penutup bagian bawah	49 mm	Width, D (mm) :	1000
Internal Corrossion allowance	3.175 mm	Thickness (mm) :	26
Temperatur external pressure	10 C	Material :	SA-516 70
External Pressure	1 atm	NOOZLE Asam sitrat	
Internal Pressure	2 atm	Noozle Material :	SA-106 B
welded flat attachment factor	0,2	Schedule :	30
LEG		Diameter (in) :	24
Leg Centerline diameter (m)	3,3	Actual thickness (mm) :	100
Leg Orientation	Strong axis	Layout angle :	45
Number of leg	4	Projection Outside (m) :	0,1524
Overall length of legs	3	Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0,05
Leg database	AISC	Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0,0132
Section Identifier	W21X333	NOOZLE WATER	
Leg yield stress (N./mm ²)	248,22	Noozle Material :	SA-106 B
Pad with (mm)	1000	Schedule :	10
pad length (mm)	1000	Diameter (in) :	3,5
pad thickness (mm)	500	Actual thickness (mm) :	50
MAN HOLE		Layout angle :	0
Noozle Material :	SA-106 B	Projection Outside (m) :	0,1524
Schedule :	30	Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0,05

Diameter (in) :	24	Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0,0132
Actual thickness (mm) :	100	NOOZLE OUTLET	
Layout angle :	0	Noozle Material :	SA-106 B
Projection Outside (m) :	0,1524	Schedule :	10
Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0,05	Diameter (in) :	3,5
Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0,0132	Actual thickness (mm) :	100
		Layout angle :	0
		Projection Outside (m) :	0,1524
		Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0,05
		Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0,049





Gambar 5.3 Mixer 2

5.2.3 Unit Mixer 3

Mixer 3 berfungsi untuk mencampurkan PTO dengan H₂O agar komposisi kimia dari produk tersebut selalu tetap sehingga siap untuk diumpankan ke dalam Mixer 4. Fraksi PTO sebesar 0,137 dan H₂O sebesar 0,863.

Asumsi yang digunakan pada perancangan tangki pencampuran 3 ini adalah :

1. Digunakan desain tutup atas welded flat dan bawah welded flat
2. Material tangki Carbon Steel SA

Tabel 5.6 Mixer 3

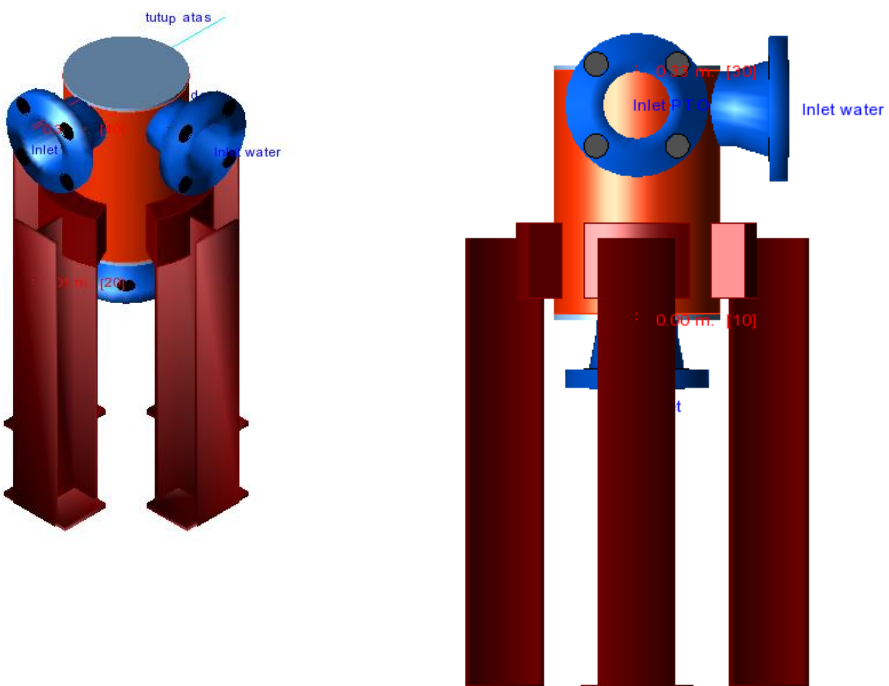
LEMBAR SPESIFIKASI ALAT	
Nama	Mixer 3
Kode alat	M-130
Fungsi	Untuk mencampurkan PTO dan Air

Kapasitas total tangki (ft ³)	0.416348607		
Bentuk	Silinder dengan tutup atas welded flat dan bawah bentuk welded flat		
Diameter luar (m)	0.22		
Tinggi Tangki (m)	0.32		
Bahan	Carbon Steel SA 516-70		
KONDISI OPERASI		SILINDER 1	
Temperatur Operasi (C)	10	Outside Diameter (m)	0.22
Tekanan Operasi (PSI)	15.03733817	Cylinder length (m)	0.32
Kapasitas produksi (kg/jam)	9.082794112	Finished Thickness (mm)	6.35
PENUTUP		Internal Corrosion allowance	3.175 mm
Penutup bagian atas	welded flat	Material	SA-516 70
Tebal penutup bagian atas	7 mm	BASE PLATE	
Penutup bagian bawah	welded flat	Length, B (mm) :	100
Tebal penutup bagian bawah	8 mm	Width, D (mm) :	150
Internal Corrossion allowance	3.175 mm	Thickness (mm) :	10
Temperatur external pressure	35 C	Material :	SA-516 70
External Pressure	1 atm	NOOZLE Inlet PTO	

Internal Pressure (N/sq.mm)	0.20265 N/sq.mm	Noozle Material :	SA-106 B
welded flat attachment factor	0.2	Schedule :	40
LEG		Diameter (in) :	3.5
Leg Centerline diameter (m)	0.35	Actual thickness (mm) :	5
Leg Orientation	Strong axis	Layout angle :	0
Number of leg	4	Projection Outside (m) :	0.02
Overall length of legs	0.6 m	Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0.01
Leg database	AISC	Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0.00635
Section Identifier	W4X13	Nozzle Inlet H₂O	
Leg yield stress (N./mm ²)	827	Noozle Material :	SA-106 B
Pad with (mm)	100	Schedule :	40
pad length (mm)	100	Diameter (in) :	3.5
pad thickness (mm)	50	Actual thickness (mm) :	5
Nozzle Outlet		Layout angle :	90
Noozle Material :	SA-106 B	Projection Outside (m) :	0.02
Schedule :	40	Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0.01
Diameter (in) :	3.5	Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0.00635

Actual thickness (mm) :	10	
Layout angle :	90	
Projection Outside (m) :	0.02	
Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0.01	
Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0.00635	

GAMBAR SPESIFIKASI ALAT

Nama	Mixer 3
Kode alat	M-130
	
<p>Gambar 5.4 Mixer 3</p>	

5.2.4 Unit Mixer 4

Mixer 4 berasal dari umpan mixer 1, 2, 3 dan mixer 5 yang berisi campuran bahan kimia NaOH, H₂O, Asam Sitrat, PTO, dan Urea, H₂O₂, Kapas yang diumpungkan ke dalam Headbox Roll Coating.

Asumsi yang digunakan pada perancangan tangki pencampuran 4 ini adalah :

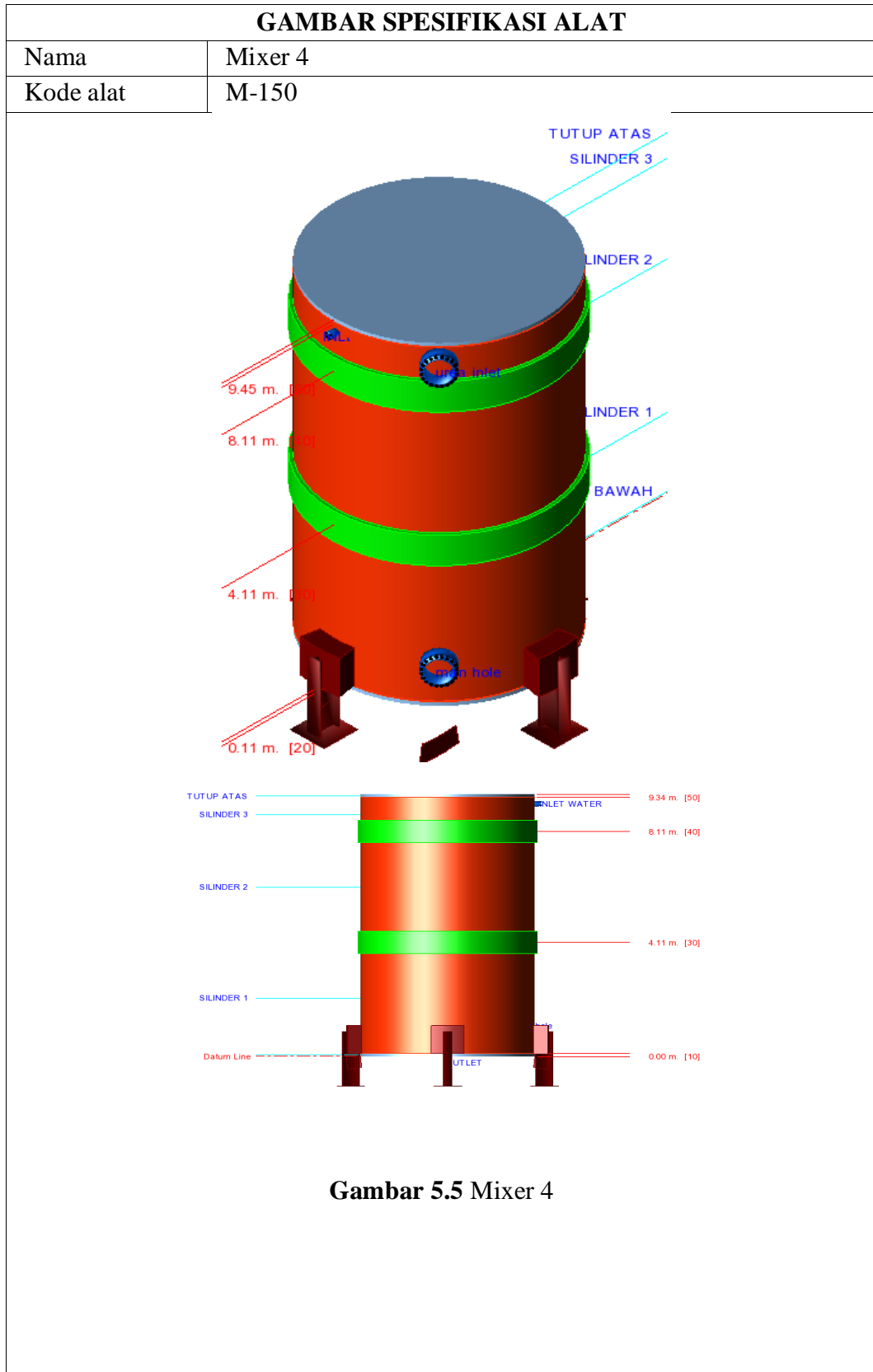
1. Digunakan desain tutup atas welded flat dan bawah welded flat
2. Material tangki Carbon Steel SA

Tabel 5.7 Mixer 4

LEMBAR SPESIFIKASI ALAT			
Nama	Mixer 4		
Kode alat	M-140		
Fungsi	Untuk mencampurkan larutan NaOH, Urea, Asam Sitrat, H ₂ O, Kapas, PTO, H ₂ O ₂		
Kapasitas total tangki (ft3)	23021,0682		
Bentuk	Silinder dengan tutup atas welded flat dan bawah bentuk welded flat		
Diameter luar (m)	8,21		
Tinggi Tangki (m)	12,37		
Bahan	Carbon Steel SA 516-70		
KONDISI OPERASI		SILINDER 1	
Temperatur Operasi (C)	5	Outside Diameter (m)	6,12
Tekanan Operasi (PSI)	27,4103908	Cylinder length (m)	4
Kapasitas produksi (kg/jam)	526532,148	Finished Thickness (mm)	27
PENUTUP		Internal Corrosion allowance	3.175 mm
Penutup bagian atas	welded flat	Material	SA-516 70
Tebal penutup bagian atas	144 mm	SILINDER 2	
Penutup bagian bawah	welded flat	Outside Diameter (m)	6,12

Tebal penutup bagian bawah	145 mm	Cylinder length (m)	4
Internal Corrossion allowance	3.175 mm	Finished Thickness (mm)	27
Temperatur external pressure	35 C	Internal Corrosion allowance	3.175 mm
External Pressure	1 atm	Material	SA-516 70
Internal Pressure (N/sq.mm)	0.20265 N/sq.mm	SILINDER 3	
welded flat attachment factor 0,2		Outside Diameter (m)	6,12
LEG		Cylinder length (m)	1,23
Leg Centerline diameter (m)	8,9	Finished Thickness (mm)	27
Leg Orientation	Strong axis	Internal Corrosion allowance	3,175
Number of leg	4	Material	SA-516 70
Overall length of legs	2 m	BASE PLATE	
Leg database	AISC	Length, B (mm) :	1000
Section Identifier	W21X333	Width, D (mm) :	1000
Leg yield stress (N./mm ²)	248,22	Thickness (mm) :	26
Pad with (mm)	1000	Material :	SA-516 70
pad length (mm)	1000	NOOZLE Inlet Urea	
pad thickness (mm)	500	Noozle Material :	SA-106 B
STIFFENER RING 1		Schedule :	30
Ring Material :	SA-516 70	Diameter (in) :	24
Ring Location :	OD	Actual thickness (mm) :	100
Ring Type :	Bar Type	Layout angle :	45
Inside Diameter :	8.21 m	Projection Outside (m) :	0,1524
Thickness (mm) :	800	Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0,05

Outside diameter (m) :	8,49	Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0,0132
STIFFENER RING 2		NOOZLE WATER	
Ring Material :	SA-516 70	Noozle Material :	SA-106 B
Ring Location :	OD	Schedule :	10
Ring Type :	Bar Type	Diameter (in) :	3,5
Inside Diameter :	8.21 m	Actual thickness (mm) :	50
Thickness (mm) :	1000	Layout angle :	0
Outside diameter (m) :	8,49	Projection Outside (m) :	0,1524
STIFFENER RING 3		Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0,05
Ring Material :	SA-516 70	Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0,0132
Ring Location :	OD	NOOZLE OUTLET	
Ring Type :	Bar Type	Noozle Material :	SA-106 B
Inside Diameter :	8.21 m	Schedule :	10
Thickness (mm) :	600	Diameter (in) :	3,5
Outside diameter (m) :	8,49	Actual thickness (mm) :	100
MAN HOLE		Layout angle :	0
Noozle Material :	SA-106 B	Projection Outside (m) :	0,1524
Schedule :	30	Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0,05
Diameter (in) :	24	Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0,049
Actual thickness (mm) :	100		
Layout angle :	45		
Projection Outside (m) :	0,1524		
Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0,05		
Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0,0132		



5.2.5 Unit Mixer 5

Mixer 5 berfungsi untuk mencampurkan Urea dengan H₂O agar komposisi kimia dari produk tersebut selalu tetap sehingga siap untuk diumpankan ke dalam mixer 4. Fraksi Urea sebesar 0,24 dan H₂O sebesar 0,76.

Asumsi yang digunakan pada perancangan tangki pencampuran 5 ini adalah :

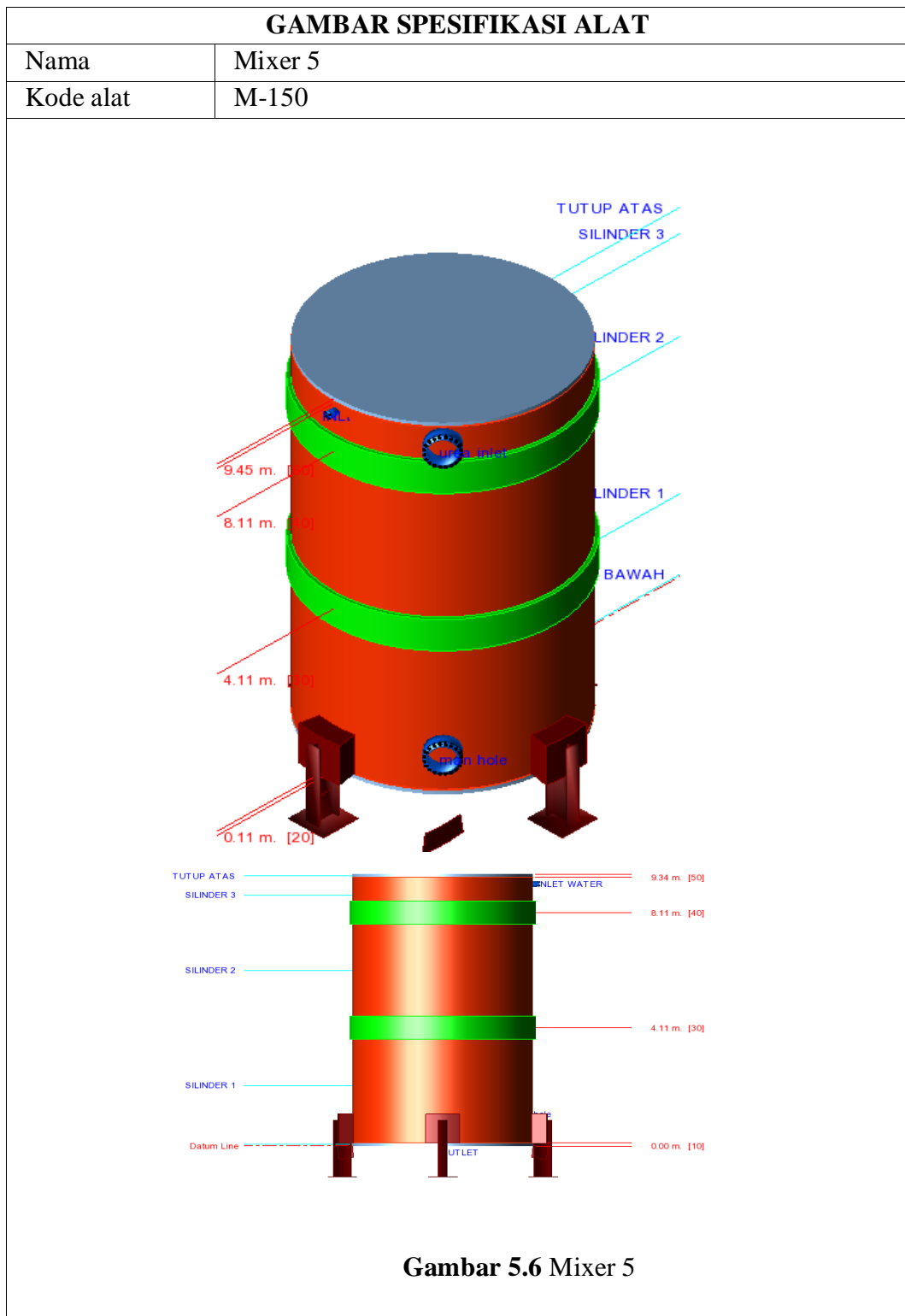
1. Digunakan desain tutup atas welded flat dan bawah welded flat
2. Material tangki Carbon Steel SA

Tabel 5.8 Mixer 5

LEMBAR SPESIFIKASI ALAT			
Nama	Mixer 5		
Kode alat	M-150		
Fungsi	Untuk mencampurkan Urea dan Air		
Kapasitas total tangki (ft ³)	9548,4189		
Bentuk	Silinder dengan tutup atas welded flat dan bawah bentuk welded flat		
Diameter luar (m)	6,12		
Tinggi Tangki (m)	9,23		
Bahan	Carbon Steel SA 516-70		
KONDISI OPERASI		SILINDER 1	
Temperatur Operasi (C)	10	Outside Diameter (m)	6,12
Tekanan Operasi (PSI)	24,5267497	Cylinder length (m)	4
Kapasitas produksi (kg/jam)	211125,782	Finished Thickness (mm)	27
PENUTUP		Internal Corrosion allowance	3.175 mm
Penutup bagian atas	welded flat	Material	SA-516 70
Tebal penutup bagian atas	108.2 mm	SILINDER 2	

Penutup bagian bawah	welded flat	Outside Diameter (m)	6,12
Tebal penutup bagian bawah	108.3 mm	Cylinder length (m)	4
Internal Corrossion allowance	3.175 mm	Finished Thickness (mm)	27
Temperatur external pressure	35 C	Internal Corrosion allowance	3.175 mm
External Pressure	1 atm	Material	SA-516 70
Internal Pressure (N/sq.mm)	0.20265 N/sq.mm	SILINDER 3	
welded flat attachment factor	0,2	Outside Diameter (m)	6,12
LEG		Cylinder length (m)	1,23
Leg Centerline diameter (m)	6,8	Finished Thickness (mm)	27
Leg Orientation	Strong axis	Internal Corrosion allowance	3,175
Number of leg	4	Material	SA-516 70
Overall length of legs	2 m	BASE PLATE	
Leg database	AISC	Length, B (mm) :	1000
Section Identifier	W21X333	Width, D (mm) :	1000
Leg yield stress (N./mm ²)	248,22	Thickness (mm) :	26
Pad with (mm)	1000	Material :	SA-516 70
pad length (mm)	1000	NOOZLE Inlet Urea	
pad thickness (mm)	500	Noozle Material :	SA-106 B
STIFFENER RING 1		Schedule :	30
Ring Material :	SA-516 70	Diameter (in) :	24
Ring Location :	OD	Actual thickness (mm) :	100

Ring Type :	Bar Type	Layout angle :	45
Inside Diameter :	6,12	Projection Outside (m) :	0,1524
Thickness (mm) :	800	Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0,05
Outside diameter (m) :	6,3	Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0,0132
STIFFENER RING 2		NOOZLE WATER	
Ring Material :	SA-516 70	Noozle Material :	SA-106 B
Ring Location :	OD	Schedule :	10
Ring Type :	Bar Type	Diameter (in) :	3,5
Inside Diameter :	6,12	Actual thickness (mm) :	50
Thickness (mm) :	800	Layout angle :	0
Outside diameter (m) :	6,3	Projection Outside (m) :	0,1524
MAN HOLE		Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0,05
Noozle Material :	SA-106 B	Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0,0132
Schedule :	30	NOOZLE OUTLET	
Diameter (in) :	24	Noozle Material :	SA-106 B
Actual thickness (mm) :	100	Schedule :	10
Layout angle :	45	Diameter (in) :	3,5
Projection Outside (m) :	0,1524	Actual thickness (mm) :	100
Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0,05	Layout angle :	0
Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0,0132	Projection Outside (m) :	0,1524
		Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0,05
		Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0,049



5.3 Unit Penukar Panas

Unit penukar panas (Heat Exchanger) adalah alat pemindah panas yang terkandung dalam suatu fluida ke fluida yang membutuhkan panas. Alat pemindah panas sangat dibutuhkan sekali dalam suatu proses produksi di dalam suatu pabrik yang menggunakan panas. Heat exchanger berfungsi untuk memindahkan panas dari satu aliran ke aliran lain baik untuk memanaskan atau mendinginkan suatu aliran. Unit penukar panas juga dapat berperan sebagai unit pengoptimasi dengan cara memindahkan kalor dari aliran yang perlu didinginkan ke aliran yang perlu dipanaskan. Oleh sebab itu, perlu dilakukan desain terhadap alat penukar panas untuk mendapatkan spesifikasi yang tepat di dalam suatu perpindahan panas. Pada dasarnya terdapat dua macam perhitungan yang berkaitan dengan alat penukar panas, yaitu :

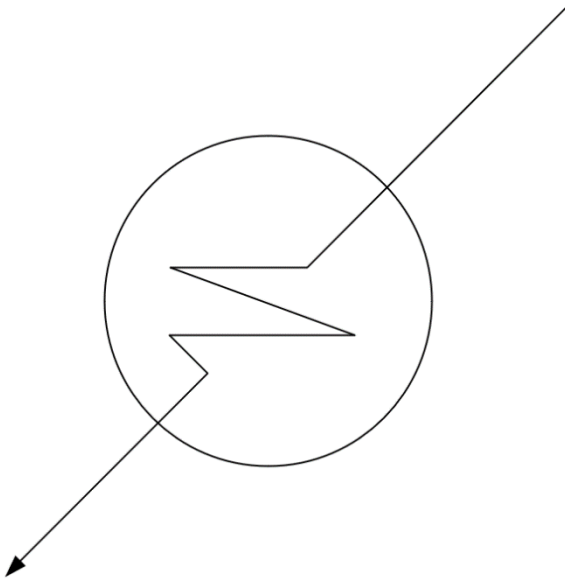
- a. Evaluasi analisis yaitu perhitungan yang ditunjukkan pada HE yang sudah ada
- b. Desain yaitu perhitungan yang menghasilkan dimensi alat penukar panas sesuai dengan kondisi operasi yang ditentukan

Kriteria yang harus dipenuhi oleh alat pemindah panas adalah

1. Mampu memindahkan panas sesuai kebutuhan proses pada keadaan kotor (*bubbly fouled*) yang dinyatakan dalam *dirt factor* (Rd)
2. Pressure drop untuk masing-masing aliran tidak melebihi batas yang ditetapkan atau tergantung dari sistem atau alat penggerak media yang digunakan

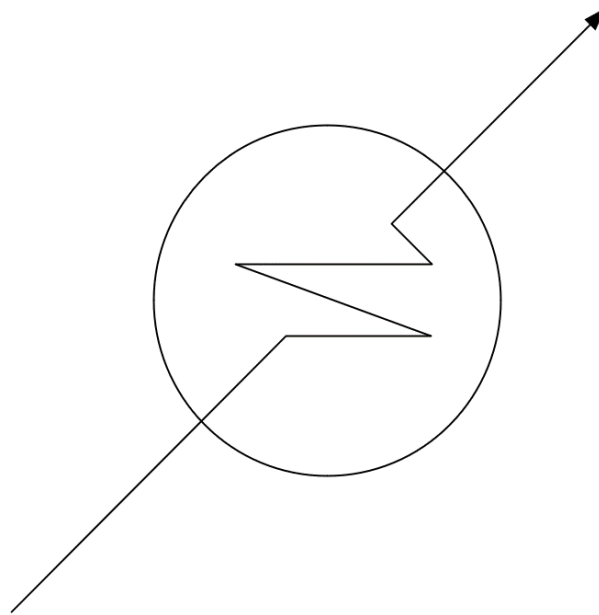
Karena yang akan didesain alat pemindah panas, maka yang didesain adalah dimensi alat yang berkaitan dengan luas permukaan perpindahan panas atau heating surface. Setelah nilai didapatkan, maka tahap selanjutnya adalah menetapkan jenis HE yang digunakan. Pada pabrik membran ini menggunakan unit penukar panas berupa heater dan cooler. Cooler pada pabrik membran digunakan untuk menurunkan suhu dan menghilangkan pengotor dari produk output dari reaktor, sedangkan heater berfungsi untuk mengurangi kadar air produk di tahap pengeringan akhir.

Tabel 5.9 Alat Heater

LEMBAR SPESIFIKASI ALAT PENDUKUNG	
Nomor alat	E-222
Nama Unit	Heater
KONDISI OPERASI	
Outlet temperature (°C)	470
Outlet Pressure (Bar)	1,01325
Vapor Fraction	1
Heat duty (kj/hr)	499553,6903
GEOMETRI	
Type Heater	Coil Heater
	
Gambar 5.7 Alat Heater	

Tabel 5.10 Alat Cooler

LEMBAR SPESIFIKASI ALAT PENDUKUNG	
Nomor alat	E-232
Nama Unit	Cooler
KONDISI OPERASI	
Outlet temperature (°C)	30
Outlet Pressure (atm)	1
Vapor Fraction	1
Heat duty (kj/hr)	-864594,4618
GEOMETRI	
Type Heater	Coil cooler + water spray



Gambar 5.8 Alat Cooler

5.4 Unit Pengalihan Bahan

Unit pengalihan bahan sangat berperan penting dalam berlangsungnya proses produksi membran roll to roll. Unit pengalihan bahan pada proses produksi membran roll to roll ini terdiri dari sistem perpipaan, pompa, dengan bantuan sistem Conveyor menggunakan Belt, sistem perpipaan pompa berfungsi untuk mengalirkan fluida dari satu unit ke unit lain. Pengalihan bahan dengan sistem Conveyor berfungsi untuk mengakomodasi perpindahan bahan dari satu unit ke unit lain. Sistem Conveyor pada pabrik membran roll

to roll yaitu menggunakan Belt Conveyor, yang masing-masing sudah diketahui spesifikasinya.

5.4.1 Belt Conveyor

Belt conveyor atau konveyor sabuk adalah pesawat pengangkut yang digunakan untuk memindahkan muatan dalam bentuk satuan atau tumpahan, dengan arah horizontal atau membentuk sudut dakian atau inklinasi dari suatu sistem operasi yang satu ke sistem operasi yang lain dalam suatu line proses produksi, yang menggunakan sabuk sebagai penghantar muatannya. Belt conveyor pada dasarnya merupakan peralatan yang cukup sederhana. Alat tersebut terdiri dari sabuk yang tahan terhadap pengangkutan benda padat. Sabuk yang digunakan pada belt conveyor ini dapat dibuat dari berbagai jenis bahan misalnya dari karet, plastik, kulit ataupun logam yang tergantung dari jenis dan sifat bahan yang akan diangkut (Zainuri, ST, 2006).

Dasar Perancangan

Belt Conveyor memiliki komponen utama berupa sabuk yang berada diatas roller-roller penumpu. Sabuk digerakkan oleh motor penggerak melalui suatu pulley, sabuk bergerak secara translasi dengan melintas datar atau miring tergantung kepada kebutuhan dan perencanaan. Material diletakkan diatas sabuk dan bersama sabuk bergerak kesatu arah. Pada pengoperasian konveyor sabuk menggunakan tenaga penggerak berupa motor listrik dengan perantara roda gigi yang dikopel langsung kepuli penggerak. Sabuk yang berada diatas roller- roller akan bergerak melintasinya dengan kecepatan sesuai putaran dan puli penggerak. Penggunaan Belt conveyor pada pabrik membran roll to roll diberikan kode Alat yaitu (I). hal ini disesuaikan karena Belt conveyor termasuk dalam salah satu jenis alat pengalihan bahan padat.

Ada beberapa pertimbangan yang mendasari dalam perancangan Belt Conveyor sebagai berikut:

- a. Karakteristik pemakaian, hal ini menyangkut jenis dan ukuran material, sifat material, serta kondisi medan atau ruang kerja alat.
- b. Proses produksi, menyangkut kapasitas perjam dari unit, kontinuitas pemindahan, metode penumpukan material dan lamanya alat beroperasi.
- c. Prinsip – prinsip ekonomi, meliputi ongkos pembuatan, pemeliharaan, pemasangan, biaya operasi dan juga biaya penyusutan dari harga awal alat tersebut.

Berdasarkan pertimbangan diatas maka dipilihnya belt conveyor sebagai pesawat pengangkut yang paling sesuai untuk mengangkut bahan padatan dalam pembuatan membran roll to roll. Material yang digunakan adalah Carbon Steel SA 240 Grade M type 316. Pemilihan spesifikasi material didasarkan pada pertimbangan material jenis umum yang terdapat di pasaran sehingga kemungkinan besar harganya jauh lebih murah dibandingkan material dengan spesifikasi yang lebih khusus. Berdasarkan pertimbangan ini pula, bisa dicari banyak pilihan vendor dengan kisaran harga yang lebih variatif. Pemilihan juga didasarkan pada tingkat ketebalan plat untuk menahan beban pada saat berlangsungnya proses pengalihan bahan.

Asumsi Perhitungan

Asumsi – asumsi yang digunakan dalam merancang Belt Conveyor adalah sebagai berikut :

- a. Panjang conveyor 50 ft
- b. Ketinggian conveyor 50,19099 ft
- c. Kecepatan 300 rpm
- d. Faktor koreksi 0,5

Spesifikasi Peralatan

- a. Spesifikasi unit masing – masing Belt Conveyor disampaikan pada Tabel 5.9 sebagai berikut :

Tabel 5.11 Spesifikasi Perlatan Belt Conveyor (J-111)

LEMBAR SPESIFIKASI PENGALIHAN BAHAN			
Kode	J-111		
Nama Alat	Belt Conveyor		
Jenis	Horizontal Belt Conveyor		
Bahan	Carbon steel		
Konstruksi			
Jumlah	1		
Fungsi	Mengangkut NaOH padat dari storage (F-114) menuju mixer 1 (M-110)		
Kondisi Operasi			
Temperatur	30 C		
Tekanan	1 atm		
Laju Alir	59,61198559 ton/jam		
Densitas	119 lb/ft ³		
Data Mekanik			
Velocity (v)	86,39418 ft/min	Faktor Koreksi	0,5
Panjang conveyor desain (L)	50 ft	Lebar Belt	18 in
Ketinggian conveyor (H)	50,19099 ft	Angle	20°
Daya	5,016181813 kW	Jarak Angkut	15,24 m
Inklinasi	5°	Slope	69 untuk 100 ft/min bahan
Kecepatan	300 rpm		

- b. Spesifikasi unit masing – masing Belt Conveyor disampaikan pada Tabel 5.10 sebagai berikut :

Tabel 5.11 Spesifikasi Perlatan Belt Conveyor I (J-121)

LEMBAR SPESIFIKASI PENGALIHAN BAHAN			
Kode	J-121		
Nama Alat	Belt Conveyor		
Jenis	Horizontal Belt Conveyor		
Bahan Kotruksi	Carbon Seel		
Jumlah	1		
Fungsi	Mengangkut Asam Sitrat padat dari storage (F-124) menuju mixer 2 (M-120)		
Kondisi Operasi			
Temperatur	30 C		
Tekanan	1 atm		
Laju Alir	0,456942242 ton/jam		
Densitas	70,1 lb/ft ³		
Data Mekanik			
Velocity (v)	0,662235 ft/min	Faktor Koreksi	0,5
Panjang conveyor desain (L)	50 ft	Lebar Belt	18 in
Ketinggian conveyor (H)	50,19099 ft	Angle	20°
Daya	0,038450411 Kw	Jarak Angkut	15,24 m
Inklinasi	5°	Slope	69 untuk 100 ft/min bahan
Kecepatan	300 rpm		

- c. Spesifikasi unit masing – masing Belt Conveyor disampaikan pada Tabel 5.11 sebagai berikut :

Tabel 5.13 Spesifikasi Perlatan Belt Conveyor (J-131)

LEMBAR SPESIFIKASI PENGALIHAN BAHAN			
Kode	J-131		
Nama Alat	Belt Conveyor		
Jenis	Horizontal Belt Conveyor		
Bahan	Carbon steel		
Konstruksi			
Jumlah	1		
Fungsi	Mengangkut PTO padat dari storage (F-134) menuju mixer 3 (M-130)		
Kondisi Operasi			
Temperatur	30 C		
Tekanan	1 atm		
Laju Alir	0,001246 ton/jam		
Densitas	81,9 lb/ft ³		
Data Mekanik			
Velocity (v)	0,001805 ft/min	Faktor Koreksi	0,5
Panjang conveyor desain (L)	50 ft	Lebar Belt	18 in
Ketinggian conveyor (H)	50,19099 ft	Angle	20°
Daya	0,000104813 kW	Jarak Angkut	15,24 m
Inklinasi	5°	Slope	69 untuk 100 ft/min bahan
Kecepatan	300 rpm		

- d. Spesifikasi unit masing – masing Belt Conveyor disampaikan pada Tabel 5.14 sebagai berikut :

Tabel 5.14 Spesifikasi Perlatan Belt Conveyor I (J-151)

LEMBAR SPESIFIKASI PENGALIHAN BAHAN			
Kode	J-151		
Nama Alat	Belt Conveyor		
Jenis	Horizontal Belt Conveyor		
Bahan kontruksi	Carbon steel		
Jumlah	1		
Fungsi	Mengangkut urea padat dari storage (F-154) menuju mixer 5 (M-150)		
Kondisi Operasi			
Temperatur	30 C		
Tekanan	1 atm		
Laju Alir	50,670188 ton/jam		
Densitas	76,8 lb/ft ³		
Data Mekanik			
Velocity (v)	73,43505 ft/min	Faktor Koreksi	0,5
Panjang conveyor desain (L)	50 ft	Lebar Belt	18 in
Ketinggian conveyor (H)	50,19099 ft	Angle	20°
Daya	0,085275091 kW	Jarak Angkut	15,24 m
Inklinasi	5°	Slope	69 untuk 100 ft/min bahan
Kecepatan	300 rpm		

- e. Spesifikasi unit masing – masing Belt Conveyor disampaikan pada Tabel 5.15 sebagai berikut :

Tabel 5.15 Spesifikasi Perlatan Belt Conveyor I (J-145)

LEMBAR SPESIFIKASI PENGALIHAN BAHAN			
Kode	J-145		
Nama Alat	Belt Conveyor		
Jenis	Horizontal Belt Conveyor		
Bahan kontruksi	Carbon steel		
Jumlah	1		
Fungsi	Mengangkut kapas menuju mixer 4 (M-140)		
Kondisi Operasi			
Temperatur	30 C		
Tekanan	1 atm		
Laju Alir	1,013404 ton/jam		
Densitas	50 lb/ft ³		
Data Mekanik			
Velocity (v)	1,468701 ft/min	Faktor Koreksi	0,5
Panjang conveyor desain (L)	50 ft	Lebar Belt	18 in
Ketinggian conveyor (H)	50,19099 ft	Angle	20°
Daya	0,085275091 kW	Jarak Angkut	15,24 m
Inklinasi	5°	Slope	69 untuk 100 ft/min bahan
Kecepatan	300 rpm		

f. Spesifikasi unit masing – masing Belt Conveyor disampaikan pada Tabel 5.14 sebagai berikut :

Tabel 5.16 Spesifikasi Perlatan Belt Conveyor I (J-211)

LEMBAR SPESIFIKASI PENGALIHAN BAHAN			
Kode	J-211		
Nama Alat	Belt Conveyor		
Jenis	Horizontal Belt Conveyor		
Bahan	Carbon steel		
Konstruksi			
Jumlah	1		
Fungsi	Mengangkut produk dan roll coating (J-210) menuju roll heater (J-220)		
Kondisi Operasi			
Temperatur	5 C		
Tekanan	1 atm		
Laju Alir	114,045264 ton/jam		
Densitas	1507,58 lb/ft ³		
Data Mekanik			
Velocity (v)	165,283 ft/min	Faktor Koreksi	0,5
Panjang conveyor desain (L)	50 ft	Lebar Belt	18 in
Ketinggian conveyor (H)	50,19099 ft	Angle	20°
Daya	9,596589909 kW	Jarak Angkut	15,24 m
Inklinasi	5°	Slope	69 untuk 100 ft/min bahan
Kecepatan	300 rpm		

g. Spesifikasi unit masing – masing Belt Conveyor disampaikan pada Tabel 5.15 sebagai berikut :

Tabel 5.17 Spesifikasi Perlatan Belt Conveyor I (J-221)

LEMBAR SPESIFIKASI PENGALIHAN BAHAN			
Kode	J-221		
Nama Alat	Belt Conveyor		
Jenis	Horizontal Belt Conveyor		
Fungsi	Mengangkut produk dari roll heater (J-220) menuju roll cooler (J-230)		
Kondisi Operasi			
Temperatur	470 C		
Tekanan	1 atm		
Laju Alir	114,045017 ton/jam		
Densitas	1506,97 lb/ft ³		
Data Mekanik			
Velocity (v)	165,2826 ft/min	Faktor Koreksi	0,5
Panjang conveyor desain (L)	50 ft	Lebar Belt	18 in
Ketinggian conveyor (H)	50,19099 ft	Angle	20°
Daya	9,596569135 kW	Jarak Angkut	15,24 m
Inklinasi	5°	Slope	69 untuk 100 ft/min bahan
Kecepatan	300 rpm		

- h. Spesifikasi unit masing – masing Belt Conveyor disampaikan pada Tabel 5.18 sebagai berikut :

Tabel 5.18 Spesifikasi Perlatan Belt Conveyor I (J-221)

LEMBAR SPESIFIKASI PENGALIHAN BAHAN			
Kode	J-221		
Nama Alat	Belt Conveyor		
Jenis	Horizontal Belt Conveyor		
Bahan kontruksi	Carbon steel		
Jumlah	1		
Fungsi	Mengangkut kan dari storage (F-146) menuju roll coatng (J-210)		
Kondisi Operasi			
Temperatur	30 C		
Tekanan	1 atm		
Laju Alir	2.280158 ton/jam		
Densitas	444.0812976 lb/ft3		
Data Mekanik			
Velocity (v)	3.30458 ft/min	Faktor Koreksi	0,5
Panjang conveyor desain (L)	50 ft	Lebar Belt	18 in
Ketinggian conveyor (H)	50,19099 ft	Angle	20°
Daya	0.191868954 kW	Jarak Angkut	15,24 m
Inklinasi	5°	Slope	69 untuk 100 ft/min bahan
Kecepatan	300 rpm		

- i. Spesifikasi unit masing – masing Belt Conveyor disampaikan pada Tabel 5.19 sebagai berikut

Tabel 5.19 Spesifikasi Perlatan Belt Conveyor I (J-231)

LEMBAR SPESIFIKASI PENGALIHAN BAHAN			
Kode	J-231		
Nama Alat	Belt Conveyor		
Jenis	Horizontal Belt Conveyor		
Bahan kontruksi	Carbon steel		
Jumlah	1		
Fungsi	Mengangkut produk dari roll cooler (J-230) menuju roll heater (J-240)		
Kondisi Operasi			
Temperatur	30 C		
Tekanan	1 atm		
Laju Alir	114,213924 ton/jam		
Densitas	1500,22 lb/ft ³		
Data Mekanik			
Velocity (v)	165,5274 ft/min	Faktor Koreksi	0,5
Panjang conveyor desain (L)	50 ft	Lebar Belt	18 in
Ketinggian conveyor (H)	50,19099 ft	Angle	20°
Daya	9,610782136 kW	Jarak Angkut	15,24 m
Inklinasi	5°	Slope	69 untuk 100 ft/min bahan
Kecepatan	300 rpm		

5.4.2 Pipa

Perpipaan digunakan untuk mengalirkan bahan dari alat yang satu ke alat yang lainnya. Selain itu perpipaan juga digunakan untuk mengalirkan energi baik berupa steam atau mengambil energi dalam bentuk cooling water dan gas. Perancangan, pemilihan, dan penyusunan pipa-pipa ini tidak bisa dilakukan dengan sembarangan karena dapat menyebabkan ketidakekonomisan akibat dari pemilihan pipa yang tidak tepat, kegagalan operasi akibat material tidak dapat mengalir, kerusakan pada pipa, kehilangan energi, dan rangkaian yang tidak teratur. Untuk itu pemasangan pipa memerlukan peninjauan efisiensi dari sisi peletakannya terhadap unit-unit operasi yang terlibat, daerah-daerah yang ditempati, jenis material yang dialirkan, jumlah material yang dialirkan, dan faktor-faktor teknis lainnya.

Dasar Perancangan

Pemilihan sistem perpipaan ini berdasarkan pertimbangan banyak digunakan oleh industri yang menghasilkan produk dalam skala besar. Sistem perpipaan berfungsi untuk mengakomodasi terjadinya perpindahan bahan berupa fluida dari satu unit ke unit lain. Didalam melakukan perancangan perpipaan, ada beberapa faktor yang harus ditentukan. Faktor-faktor ini adalah diameter pipa, tebal pipa, material, dan pressure drop. Pipa-pipa yang terdapat di pasaran dispesifikasikan berdasarkan diameter dan ukuran ketebalan. Diameter dan ketebalan pipa dapat dilihat dari ukuran nominal dan schedule number pipa. Ketebalan pipa adalah ketebalan dimana pipa dapat menahan tekanan yang ada pada aliran ditambah dengan ekstra ketebalan untuk kemungkinan terjadinya korosi.

Material yang digunakan dalam perancangan sistem perpipaan adalah *Carbon Steel SA 240 Grade M type 316*. Pemilihan spesifikasi material didasarkan pada pertimbangan material jenis umum yang terdapat di pasaran sehingga kemungkinan besar harganya jauh lebih murah dibandingkan material dengan spesifikasi yang lebih khusus. Berdasarkan pertimbangan ini pula, bisa dicari banyak pilihan vendor dengan kisaran

harga yang lebih variatif. Pemilihan juga didasarkan pada tingkat ketebalan pipa untuk menahan tekanan pada saat berlangsungnya proses pengaliran bahan.

Asumsi Perhitungan

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam merancang sistem perpipaan adalah sebagai berikut :

- a. Aliran di dalam pipa berada dalam kondisi turbulen.
- b. Tidak ada fenomena back mixing.
- c. Densitas fluida di dalam pipa konstan.

Spesifikasi Peralatan

Spesifikasi sistem perpipaan disampaikan pada tabel 5.20 Sebagai berikut :

Tabel 5.20 Spesifikasi perlatan Sistem Perpipaan

Kode Alat	Densitas (lb/ft) ³	Luas Permukaan	ID	OD
L-112	58,5312	0,08233	11,94	12,75
L-152	66,3524	0,05852	10,02	10,75
L-122	64,2926	0,00620	3,07	3,5
L-132	64,2926	8,31	0,269	0,405
L142	64,2926	0,0992	13,13	14

5.4.3 Pompa

Pompa digunakan untuk mengalirkan fluida yang berupa cairan sebelum memasuki proses tahap berikutnya. Pompa yang digunakan hanya menaikkan tekanan aliran fluida sedikit sehingga bahan tersebut bisa mengalir dan masuk keperalatan berikutnya. Jenis pompa yang digunakan dalam proses ini adalah pompa sentrifugal dengan mempertimbangkan keunggulan-keunggulan dan kinerja pompa tersebut.

Dasar Perancangan

Secara umum pompa terdiri dari 2 jenis, yaitu pompa dinamik dan positive-displacement. Contoh pompa dinamik adalah pompa sentrifugal, dan contoh pompa positive-displacement adalah pompa rotary dan pompa reciprocating. Pada proses produksi membran ini terdapat 5 buah pompa yang berfungsi untuk mengalirkan fluida dengan cara meningkatkan tekanan aliran. Pompa yang dipilih untuk digunakan adalah pompa sentrifugal karena memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan pompa positive displacement. Untuk kerja pompa sentrifugal dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Single stage : 15 - 5000 gpm, head maksimum 500 ft.
- b. Multistage : 20 - 11000 gpm, head maksimum 5500 ft
(Walas, 1988)
- c. Efisiensi pompa 45% pada 100 gpm, 70% pada 500 gpm, dan 80% pada 10000 gpm.
- d. Kecepatan normal 1200 - 8000 rpm, kecepatan maksimum 23000 rpm.
- e. Mampu bekerja pada head yang konstan pada rentang kapasitas yang besar.

Kelebihan-kelebihan yang dimiliki pompa sentrifugal dibanding pompa positive displacement, antara lain :

- a. Dapat digunakan untuk berbagai sifat fluida yang bervariasi, seperti cairan bersih, cairan tersuspensi, dan cairan yang bersifat abrasif. Pompa positive displacement hanya dapat digunakan untuk cairan bersih (reciprocating) atau cairan viscous tapi tidak abrasif (rotary).
- b. Dapat digunakan pada rentang viskositas dan densitas cairan yang lebih besar.
- c. Kapasitas bervariasi dari rendah ke tinggi.
- d. Aliran seragam (non-pulsating) dan operasi yang tenang (tidak berisik).

Penggunaan Pompa pada pabrik membran roll to roll diberikan kode Alat yaitu (I). hal ini disesuaikan karena Pompa termasuk dalam salah satu jenis alat pengalihan bahan berupa fluida cair.

Asumsi Perhitungan

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam merancang Pompa adalah sebagai berikut :

- a. Tipe pompa Centrifugal.
- b. Tekanan sama yaitu 1 atm.
- c. Material yang digunakan adalah Carbon Steel

Spesifikasi Peralatan

Spesifikasi pompa dsampaikan pada Tabel Seagai berikut :

Tabel 5.21 Spesifikasi Peralatan Pompa NaOH (L-112)

SPESIFIKASI ALAT	
Nama	Pompa NaOH
Kode Alat	L-112
Fungsi	Untuk mengalirkan NaOH menuju ke Mixer 4
Type	<i>Centrifugal pump</i>
Kapasitas	298059,93 kg/jam
Daya pompa	12 Hp
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA 240 Grade M type 316</i>
Jumlah	1 buah

Tabel 5.22 Spesifikasi Peralatan Pompa Urea (L-152)

SPESIFIKASI ALAT	
Nama	Pompa Urea
Kode Alat	L-152
Fungsi	Untuk mengalirkan Urea menuju ke Mixerr 4
Type	<i>Centrifugal pump</i>
Kapasitas	211125,78 kg/jam
Daya pompa	12 Hp
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA 240 Grade M type 316</i>
Jumlah	1 buah

Tabel 5.23 Spesifikasi Peralatan Pompa Asam Sitrat (L-122)

SPESIFIKASI ALAT	
Nama	Pompa Asam sitrat
Kode Alat	L-122
Fungsi	Untuk mengalirkan asam sitrat menuju ke Mixer 4
Type	<i>Centrifugal pump</i>
Kapasitas	16312,752 kg/jam
Daya pompa	12 Hp
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA 240 Grade M type 316</i>
Jumlah	1 buah

Tabel 5.24 Spesifikasi Peralatan Pompa PTO (L-132)

SPESIFIKASI ALAT	
Nama	Pompa Larutan PTO
Kode Alat	L-132
Fungsi	Untuk mengalirkan asam sitrat menuju ke Mixer 4
Type	<i>Centrifugal pump</i>
Kapasitas	9,0827941 kg/jam
Daya pompa	12 Hp
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA 240 Grade M type 316</i>
Jumlah	1 Buah

Tabel 5.25 Spesifikasi Peralatan Pompa Larutan Menuju Roller (L-142)

SPESIFIKASI ALAT	
Nama	Pompa Larutan Menuju Roller
Kode Alat	L-142
Fungsi	Untuk mengalirkan larutan mixer 4 menuju ke roller
Type	<i>Centrifugal pump</i>
Kapasitas	526532,15 kg/jam
Daya pompa	12 hp
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA 240 Grade M type 316</i>
Jumlah	1 Buah

5.5 Unit Penyimpanan Bahan

Unit penyimpanan bahan berperan penting dalam berlangsungnya proses produksi pabrik membran roll to roll, terdapat beberapa unit penyimpanan bahan pada pabrik membran. Tangki penyimpanan berfungsi untuk menampung bahan baku yaitu NaOH, Urea, Asam Sitrat, Pottassium Titanyl

Oxalate (PTO), Kain. Jenis penyimpanan bahan padat adalah *Storage*. Pada pra desain pabrik membran dipertimbangkan untuk pemilihan penyimpanan bahan padat berupa bin, hal ini mengacu pada kebutuhan kapasitas penyimpanan yang tidak terlalu besar. Pada umumnya memiliki tutup atas dan bawah berbentuk flat (datar).

A. Penyimpanan Bahan Baku

5.5.1 Tangki Penyimpanan Asam Sitrat

Tangki penyimpanan berfungsi untuk menampung Asam Sitrat dengan tekanan didalam tangki yaitu 1atm, Bentuk dari tangki penyimpanan Asam Sitrat dengan jenis tutup flat.

Dasar Perancangan

Tangki penyimpanan untuk menampung Asam Sitrat merupakan tangki yang rentan terhadap korosi dikarenakan sifat dari bahan Asam Sitrat memiliki tingkat korosi yang tinggi. Bahan yang digunakan pada tangki penampungan Asam Sitrat adalah Carbon Steel SA 285 Grade M type C. Tekanan didalam tangki penampungan Asam Sitrat adalah 1 atm.

Asumsi Perhitungan

Asumsi yang digunakan dalam perancangan alat tangki penyimpanan Asam Sitrat adalah sebagai berikut :

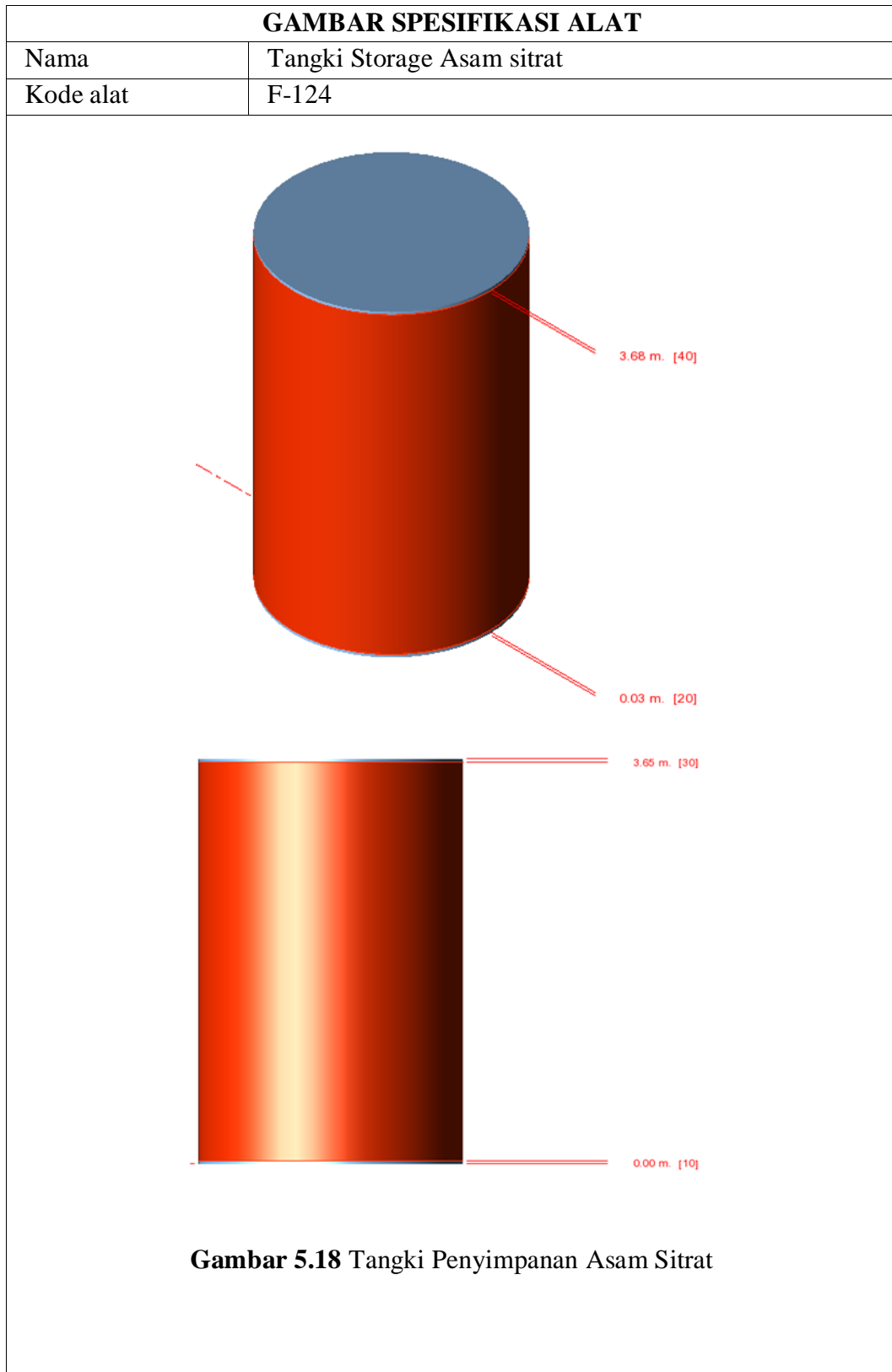
- a. Bahan yang digunakan yaitu Carbon Steel SA 285 Grade M type C.
- b. Silinder dengan tutup atas flat dan bawah flat

Spesifikasi Peralatan

Spesifikasi alat tangki penyimpanan Asam Sitrat disampaikan pada Tabel 5.26 sebagai berikut :

Tabel 5.26 Spesifikasi Peralatan Tangki Penyimpanan Asam Sitrat

LEMBAR SPESIFIKASI ALAT			
Nama	Storage Asam Sitrat		
Kode alat	F-124		
Fungsi	Untuk menampung bahan baku Asam sitrat dengan laju alir 456.9422 kg/jam untuk kapasitas penyimpanan selama 2 hari		
Kapasitas total tangki (ft3)	583,246		
Bentuk	Silinder dengan tutup atas flat dan bawah bentuk flat		
Diameter luar (m)	2,41		
Tinggi Tangki (m)	3,62		
Bahan	Carbon Steel SA 516-70		
KONDISI OPERASI		SILINDER	
Temperatur Operasi (C)	40	Outside Diameter (m)	2,411641829
Tekanan Operasi (atm)	1	Cylinder length (m)	3,617462744
Laju alir asam sitrat (kg/jam)	456,942	Finished Thickness (mm)	12,4
PENUTUP		Internal Corrosion allowance	3.175 mm
Penutup bagian atas	welded flat	Material	SA-516 70
Tebal penutup bagian atas	32.8 mm		
Penutup bagian bawah	welded flat		
Tebal penutup bagian bawah	32.8 mm		
Internal Corrossion allowance	3.175 mm		
Temperatur external pressure	40C		
External Pressure	1 atm		
Internal Pressure (atm)	1		
welded flat attachment factor	0,2		



5.5.2 Tangki Penyimpanan PTO

Tangki penyimpanan berfungsi untuk menampung PTO dengan tekanan didalam tangki yaitu 1atm, Bentuk dari tangki penyimpanan PTO dengan jenis tutup flat.

Dasar Perancangan

Tangki penyimpanan untuk menampung PTO merupakan tangki yang rentan terhadap korosi dikarenakan sifat dari bahan PTO memiliki tingkat korosi yang tinggi. Bahan yang digunakan pada tangki penampungan PTO adalah Carbon Steel SA 285 Grade M type C. Tekanan didalam tangki penampungan PTO adalah 1 atm.

Asumsi Perhitungan

Asumsi yang digunakan dalam perancangan alat tangki penyimpanan PTO adalah sebagai berikut :

- a. Bahan yang digunakan yaitu Carbon Steel SA 285 Grade M type C.
- b. Silinder dengan tutup atas flat dan bawah flat

Spesifikasi Peralatan

Spesifikasi alat tangki penyimpanan PTO disampaikan pada Tabel 5.27 sebagai berikut :

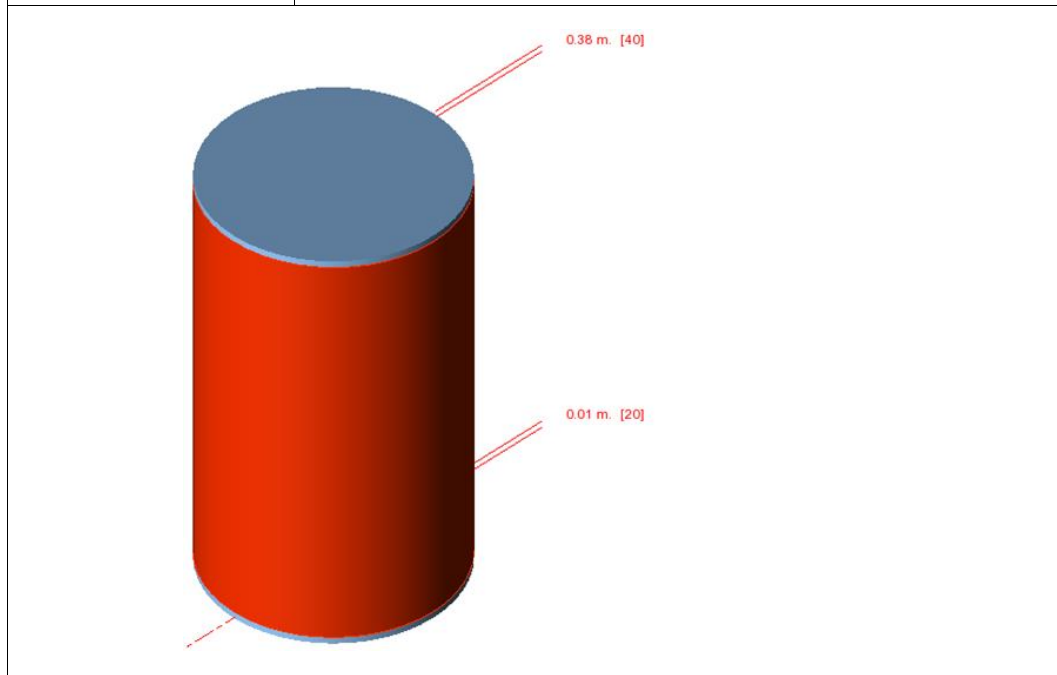
Tabel 5.27 Spesifikasi Peralatan Tangki Penyimpanan PTO

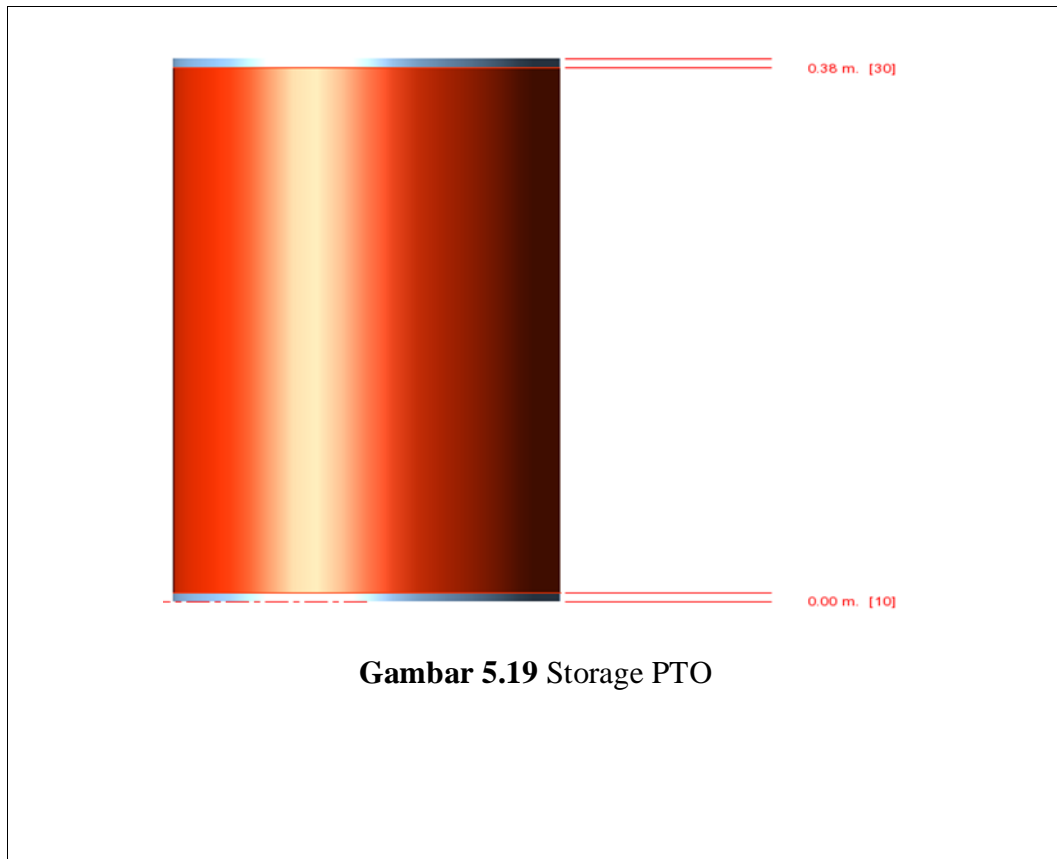
LEMBAR SPESIFIKASI ALAT	
Nama	Storage PTO
Kode alat	F-134
Fungsi	Untuk menampung bahan baku PTO dengan laju alir 1.2456 kg/jam untuk kapasitas penyimpanan selama 2 hari
Kapasitas total tangki (ft3)	0,61978
Bentuk	Silinder dengan tutup atas flat dan bawah bentuk flat

Diameter luar (m)	0,25		
Tinggi Tangki (m)	0,37		
Bahan	Carbon Steel SA 516-70		
KONDISI OPERASI		SILINDER	
Temperatur Operasi (C)	40	Outside Diameter (m)	0,246098
Tekanan Operasi (atm)	1	Cylinder length (m)	0,369146351
Laju alir PTO (kg/jam)	1,24559	Finished Thickness (mm)	6,2
PENUTUP		Internal Corrosion allowance	3.175 mm
Penutup bagian atas	welded flat	Material	SA-516 70
Tebal penutup bagian atas	6.2 mm		
Penutup bagian bawah	welded flat		
Tebal penutup bagian bawah	6.2 mm		
Internal Corrossion allowance	3.175 mm		
Temperatur external pressure	40C		
External Pressure	1 atm		
Internal Pressure (atm)	1		
welded flat attachment factor	0,2		

GAMBAR SPESIFIKASI ALAT

Nama	Storage PTO
Kode alat	F-134





Gambar 5.19 Storage PTO

5.5.3 Tangki Penyimpanan NaOH

Tangki penyimpanan berfungsi untuk menampung NaOH dengan tekanan didalam tangki yaitu 1atm, Bentuk dari tangki penyimpanan NaOH dengan jenis tutup flat.

Dasar Perancangan

Tangki penyimpanan untuk menampung NaOH merupakan tangki yang rentan terhadap korosi dikarenakan sifat dari bahan NaOH memiliki tingkat korosi yang tinggi. Bahan yang digunakan pada tangki penampungan NaOH adalah Carbon Steel SA 285 Grade M type C. Tekanan didalam tangki penampungan NaOH adalah 1 atm.

Asumsi Perhitungan

Asumsi yang digunakan dalam perancangan alat tangki penyimpanan NaOH adalah sebagai berikut :

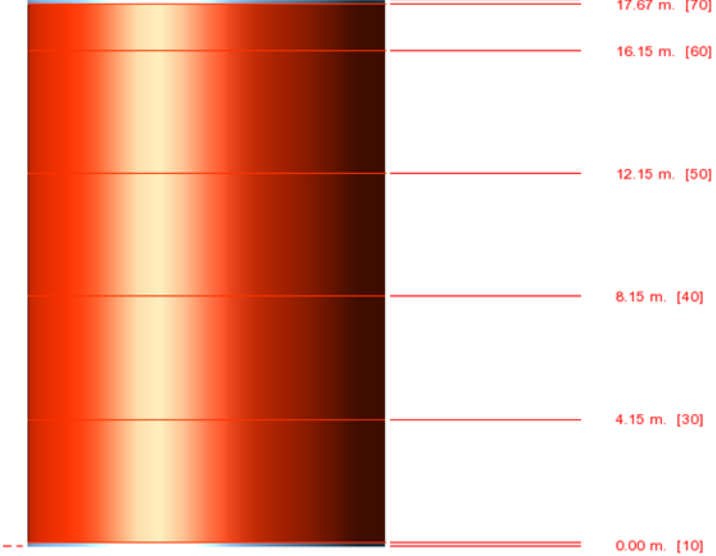
- a. Bahan yang digunakan yaitu Carbon Steel SA 285 Grade M type C.
- b. Silinder dengan tutup atas flat dan bawah flat

Spesifikasi Peralatan

Spesifikasi alat tangki penyimpanan NaOH disampaikan pada Tabel 5.28 sebagai berikut :

Tabel 5.28 Spesifikasi Peralatan Tangki Penyimpanan NaOH

LEMBAR SPESIFIKASI ALAT			
Nama	Storage NaOH		
Kode alat	F-114		
Fungsi	Untuk menampung bahan baku NaOH dengan laju alir 59611.9856 kg/jam untuk kapasitas penyimpanan selama 2 hari		
Kapasitas total tangki (ft ³)	66274,5		
Bentuk	Silinder dengan tutup atas flat dan bawah bentuk flat		
Diameter luar (m)	11,68		
Tinggi Tangki (m)	17,52		
Bahan	Carbon Steel SA 516-70		
KONDISI OPERASI		SILINDER	
Temperatur Operasi (C)	40	Outside Diameter (m)	11,68093703
Tekanan Operasi (atm)	1	Cylinder length (m)	17,52140555
Laju alir NaOH (kg/jam)	59612	Finished Thickness (mm)	47,2
PENUTUP		Internal Corrosion allowance	3.175 mm
Penutup bagian atas	welded flat	Material	SA-516 70
Tebal penutup bagian atas	145 mm		
Penutup bagian bawah	welded flat		
Tebal penutup bagian bawah	145 mm		
Internal Corrossion allowance	3.175 mm		

Temperatur external pressure	40C	
External Pressure	1 atm	
Internal Pressure (atm)	1	
welded flat attachment factor	0,2	
GAMBAR SPESIFIKASI ALAT		
Nama	Tangki Storage NaOH	
Kode alat	F-114	
		
Gambar 5.20 Storage NaOH		

5.5.4 Tangki Penyimpanan Urea

Tangki penyimpanan berfungsi untuk menampung Urea dengan tekanan didalam tangki yaitu 1atm, Bentuk dari tangki penyimpanan Urea dengan jenis tutup flat.

Dasar Perancangan

Tangki penyimpanan untuk menampung Urea merupakan tangki yang rentan terhadap korosi dikarenakan sifat dari bahan Urea memiliki tingkat korosi yang tinggi. Bahan yang digunakan pada tangki

penampungan Urea adalah Carbon Steel SA 285 Grade M type C. Tekanan didalam tangki penampungan Urea adalah 1 atm.

Asumsi Perhitungan

Asumsi yang digunakan dalam perancangan alat tangki penyimpanan Urea adalah sebagai berikut :

- a. Bahan yang digunakan yaitu Carbon Steel SA 285 Grade M type C.
- b. Silinder dengan tutup atas flat dan bawah flat

Spesifikasi Peralatan

Spesifikasi alat tangki penyimpanan Urea disampaikan pada Tabel 5.29 sebagai berikut :

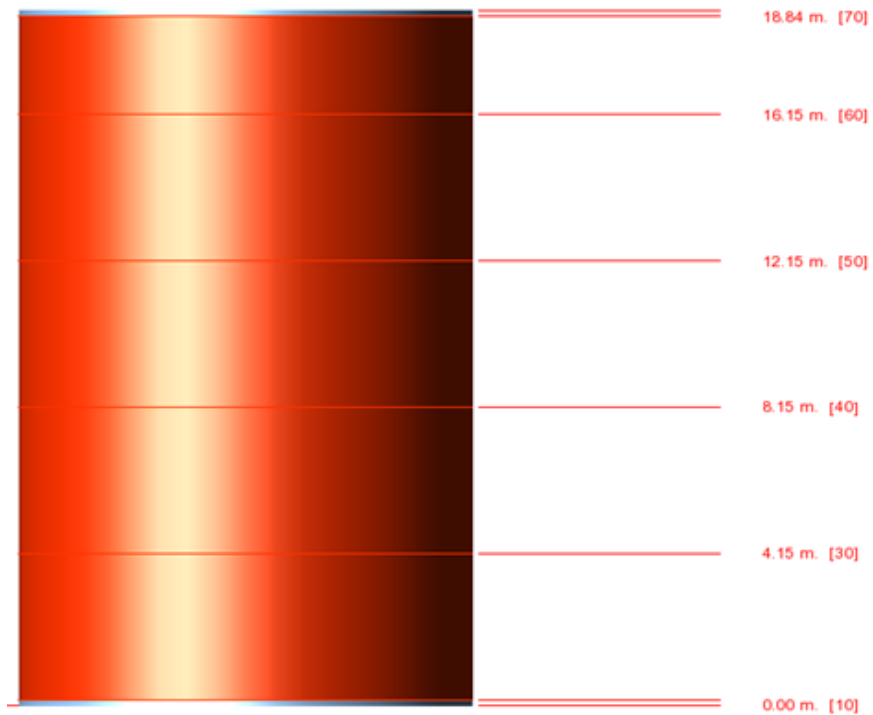
Tabel 5.29 Spesifikasi Peralatan Tangki Penyimpanan Urea

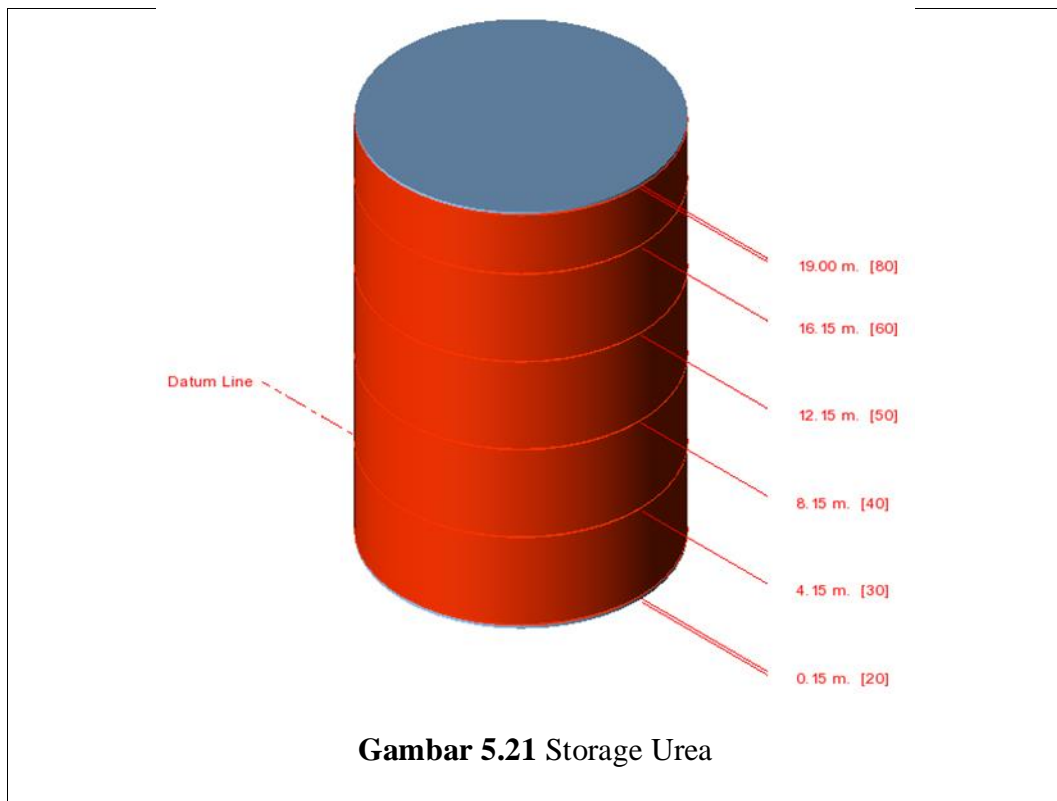
LEMBAR SPESIFIKASI ALAT			
Nama	Storage Urea		
Kode alat	F-154		
Fungsi	Untuk menampung bahan baku Urea dengan laju alir 50670.1877 kg/jam untuk kapasitas penyimpanan selama 2 hari		
Kapasitas total tangki (ft3)	80434		
Bentuk	Silinder dengan tutup atas flat dan bawah bentuk flat		
Diameter luar (m)	12,46		
Tinggi Tangki (m)	18,69		
Bahan	Carbon Steel SA 516-70		
KONDISI OPERASI		SILINDER	
Temperatur Operasi (C)	40	Outside Diameter (m)	12,45973552
Tekanan Operasi (atm)	1	Cylinder length (m)	18,68960328
Laju alir urea (kg/jam)	50670,2	Finished Thickness (mm)	50,1

PENUTUP		Internal Corrosion allowance	3.175 mm
Penutup bagian atas	welded flat	Material	SA-516 70
Tebal penutup bagian atas	154. mm		
Penutup bagian bawah	welded flat		
Tebal penutup bagian bawah	154.3 mm		
Internal Corrossion allowance	3.175 mm		
Temperatur external pressure	40C		
External Pressure	1 atm		
Internal Pressure (atm)	1		
welded flat attachment factor	0,2		

GAMBAR SPESIFIKASI ALAT

Nama	Tangki Storage Urea
Kode alat	F-154





Gambar 5.21 Storage Urea

5.5.5 Tangki Penyimpanan H₂O

Tangki penyimpanan berfungsi untuk menampung H₂O dengan tekanan didalam tangki yaitu 1 atm. Bentuk dari tangki penyimpanan H₂O dengan jenis tutup flat.

Dasar Perancangan

Tangki penyimpanan untuk menampung H₂O. Bahan yang digunakan pada tangki penampungan H₂O adalah Carbon Steel SA 285 Grade M type C. Tekanan didalam tangki penampungan H₂O adalah 1 atm.

Asumsi Perhitungan

Asumsi yang digunakan dalam perancangan alat tangki penyimpanan H₂O adalah sebagai berikut :

- a. Bahan yang digunakan yaitu Carbon Steel SA 285 Grade M type C.

b. Silinder dengan tutup atas flat dan bawah flat

Spesifikasi Peralatan

Spesifikasi alat tangki penyimpanan H₂O disampaikan pada Tabel 5.30 sebagai berikut :

Tabel 5.30 Spesifikasi Peralatan Tangki Penyimpanan H₂O

LEMBAR SPESIFIKASI ALAT			
Nama	Storage H ₂ O		
Kode alat	F-164		
Fungsi	untuk menampung bahan baku H ₂ O dengan laju alir 415767.1839 kg/jam untuk kapasitas penyimpanan selama 2 hari		
Kapasitas total tangki (ft ³)	887477.8		
Bentuk	Silinder dengan tutup atas flat dan bawah bentuk <i>flat</i>		
Diameter luar (m)	27.74		
Tinggi Tangki (m)	41.61		
Bahan	Carbon Steel SA 516-70		
KONDISI OPERASI		SILINDER	
Temperatur Operasi (C)	40	Outside Diameter (m)	27.7384
Tekanan Operasi (atm)	1	Cylinder length (m)	41.60759545
Laju alir H ₂ O (kg/jam)	415767.1839	Finished Thickness (mm)	108.1
PENUTUP		Internal Corrosion allowance	3.175 mm
Penutup bagian atas	welded flat	Material	SA-516 70
Tebal penutup bagian atas	339.6 mm	NOZZLE Inlet	
Penutup bagian bawah	welded flat	Noozle Material :	SA-106 B

Tebal penutup bagian bawah	339.6 mm	Schedule :	40
Internal Corrossion allowance	3.175 mm	Diameter (in) :	10
Temperatur external pressure	40C	Actual thickness (mm) :	100
External Pressure	1 atm	Layout angle :	0
Internal Pressure (atm)	1	Projection Outside (m) :	0.5
welded flat attachment factor	0.2	Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0.009525
		Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0.1081
NOZZLE Outlet			
		Noozle Material :	SA-106 B
		Schedule :	40
		Diameter (in) :	10
		Actual thickness (mm) :	100
		Layout angle :	0
		Projection Outside (m) :	0.5
		Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0.009525
		Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0.1081

5.5.6 Tangki Penyimpanan Kapas dan Kain

Gudang penyimpanan berfungsi untuk menampung Kapas dengan, Bentuk dari gudang penyimpanan kapas dan kan adalah dengan jenis tutup flat.

Dasar Perancangan

Gudang penyimpanan untuk menampung Kapas dan kain. Bahan yang digunakan pada gudang penampungan Kapas adalah Carbon Steel SA 285 Grade M type C. Tekanan didalam tangki penampungan Kapas adalah 1 atm.

Asumsi Perhitungan

Asumsi yang digunakan dalam perancangan alat tangki penyimpanan Kapas adalah sebagai berikut :

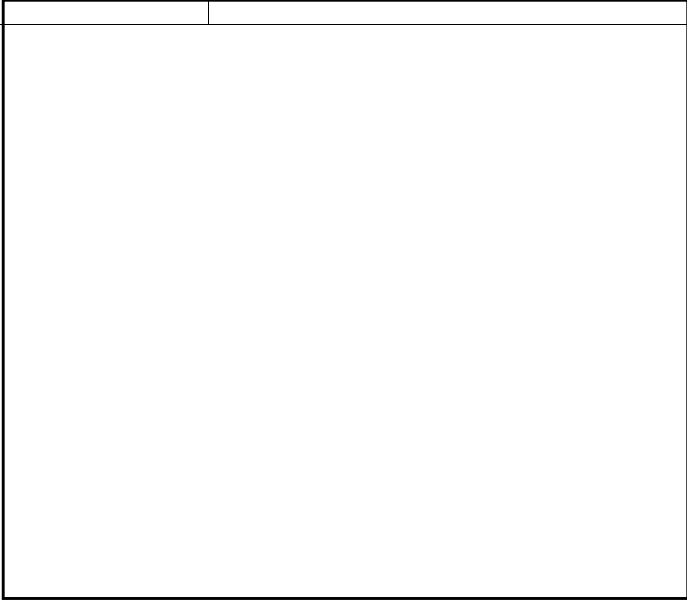
- a. Bahan yang digunakan yaitu Carbon Steel SA 285 Grade M type C.
- b. Silinder dengan tutup atas flat dan bawah flat

Spesifikasi Peralatan

Spesifikasi alat tangki penyimpanan Kapas disampaikan pada Tabel 5.31 sebagai berikut :

Tabel 5.31 Spesifikasi Peralatan Tangki Penyimpanan Kapas Kan

LEMBAR SPESIFIKASI ALAT	
Nama	Storage Kain dan Kapas (F-146)
Kode alat	F-146
Fungsi	untuk menampung bahan baku Kain dan kapas dengan laju alir 3293.5622 kg/jam untuk kapasitas penyimpanan selama 2 hari
Kapasitas total tangki (ft3)	451.5382558
Bentuk	Gudang persegi empat tegak, lantai rata, dan atap rata
Dimensi	W = 6.09 ft

	L =	12.18 ft
	H =	6.09 ft
Tekanan	1	atm
Bahan Konstruksi :	Dasar = Beton	
Jumlah :	Tiang = Baja	
	Atap = Beton	
	1 Buah	
LEMBAR SPESIFIKASI ALAT		
Nama	Storage Kain dan Kapas (F-146)	
Kode alat	F-146	
		

5.6 Sistem Utilitas

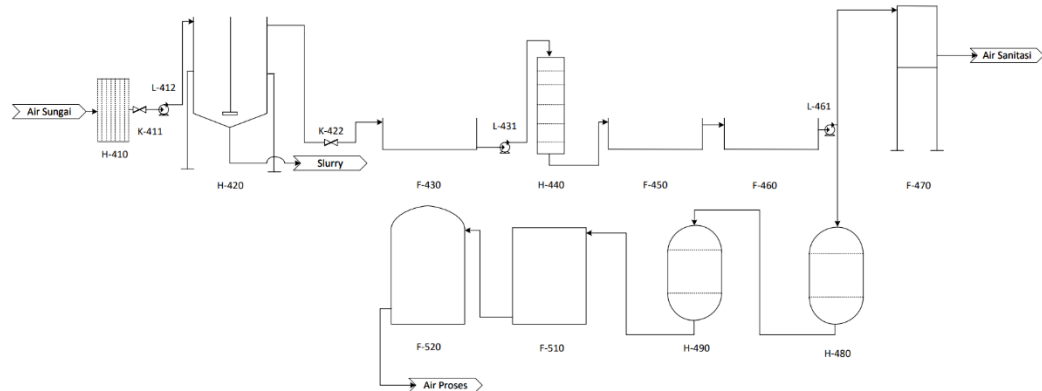
Sistem utilitas merupakan sarana penunjang proses yang diperlukan pabrik agar dapat berjalan dengan baik. Sistem utilitas ini berfungsi untuk menyediakan segala sesuatu yang diperlukan untuk mendukung

berlangsungnya suatu proses. Utilitas dalam suatu pabrik merupakan unit penunjang utama bagi kelancaran proses pada suatu pabrik kimia. Sistem utilitas pabrik membran roll to roll ini meliputi sistem penyediaan air, dan sistem penyediaan listrik. Penyediaan utilitas dapat dilakukan secara langsung dimana utilitas diproduksi di dalam pabrik tersebut, atau secara tidak langsung yang diperoleh dari pembelian ke perusahaan-perusahaan yang menjualnya.

Ketersediaan akan energi listrik sangat penting dalam pengoperasian suatu pabrik. Energi listrik digunakan untuk hampir semua peralatan utama dalam proses industri. Tanpa adanya sumber listrik yang cukup maka hampir semua peralatan industri tidak dapat dioperasikan. Energi listrik dapat dihasilkan dengan memanfaatkan sumber daya alam yang tersedia, seperti minyak bumi, batu bara, panas bumi, gas alam, panas matahari dan lain-lain. Proses perubahan suatu energi ke energi yang lain membutuhkan sarana, peralatan atau mesin yang disebut alat pembangkit misalnya mesin diesel.

Dalam industri kimia, air umumnya digunakan sebagai pendingin (cooler, condensor, cooling tower), sebagai pemanas (heater), sebagai air minum dan kebutuhan domestik lainnya, serta sebagai air proses (pelarut, jacket water, boiler feed water). Jenis dan potensi air yang tersedia sangat menentukan dalam pembuatan sistem cooling water dan sistem pengolahan air proses yang akan dibangun pada suatu lingkungan industri.

Pengolahan air dalam sistem utilitas pabrik berfungsi meningkatkan kemurnian air untuk mencegah berbagai permasalahan yang dapat ditimbulkan oleh zat-zat pengotor yang terlarut dan tersuspensi dalam air baku. Permasalahan korosi dan pengerakan (fouling) peralatan proses, penyumbatan perpipaan, pembusaan (foaming), gangguan kesehatan personil, penampilan visual akan timbul jika air industri tidak diolah. Sistem utilitas merupakan salah satu sarana penting yang menunjang kelancaran proses produksi di dalam pabrik kimia.



Nomor	Kode Alat	Nama Alat
1	H-410	Bar rack Screener
2	H-420	Clarifier
3	F-430	Bak Penampung air / Tangki Pengendapan
4	H-440	Sand Filler
5	F-450	Bak Penampung air bersih
6	F-460	Clorinator
7	F-470	Elevated tank air sanitasi
8	H-480	Kation exchanger
9	H-490	Anion Exchanger
10	F-510	Tangki air demineralisasi
11	F-520	Deaerator
12	K-411	Valve screener
13	K-422	Valve Clarifier
14	L-412	Pompa Screener
15	L-431	Pompa Bak penampung air
16	L-461	Pompa Clorinator

Gambar 4.13 Process Flow Diagram Pengolahan Air

Sistem utilitas yang terdapat di pabrik membran roll to roll diantaranya adalah

:

1. Sistem penyediaan air
2. Sistem penyediaan listrik

Sistem utilitas di pabrik membran roll to roll ini terdiri dari beberapa unit seperti pada tabel 5.32 dibawah ini :

Tabel 5.32 Sistem Utilitas di Pabrik Membran Roll to Roll

<i>Air</i>
<i>Air Proses</i>
<i>Air Sanitasi</i>
<i>Lisrik</i>

5.6.1 Sistem Penyediaan Air

Sistem penyediaan air merupakan salah satu sistem utilitas yang bertugas menyediakan air untuk kebutuhan industri maupun rumah tangga. Sistem ini sangat berpengaruh dalam kelancaran produksi dari awal hingga akhir proses. Dalam memenuhi kebutuhan air didalam pabrik, dapat diambil dari air permukaan. Pada umumnya air permukaan dapat diambil dari air sumur, air sungai dan air laut sebagai sumber untuk mendapatkan air. Dalam perancangan pabrik membran roll to roll ini, sumber air baku yang digunakan berasal dari Air Sungai.

Pertimbangan menggunakan air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah :

1. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana, dan biaya pengolahan relatif murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang lebih rumit dan biaya pengolahannya yang lebih besar
2. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi jika dibandingkan dengan air sumur, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari
3. Letak sungai berada tidak terlalu jauh dengan pabrik

5.6.1.1 Penggunaan Air

Kebutuhan air yang dibutuhkan pada Pabrik Membran Roll to Roll beserta penggunaannya yaitu :

1. Air Proses

Air proses merupakan air yang berkontak langsung dengan bahan-bahan dalam proses. Air proses memiliki syarat sebagai berikut :

- a. Kesadahan (Hardness) rendah
- b. Bebas mikroorganisme agar tidak mengganggu proses.
- c. Bebas mineral tertentu (aquades)

2. Air Sanitasi

Air untuk keperluan umum adalah air yang dibutuhkan untuk sarana dalam pemenuhan kebutuhan pegawai seperti untuk mandi, cuci, kakus (MCK) dan untuk kebutuhan kantor lainnya, serta kebutuhan rumah tangga. Kualitas air sanitasi ini hampir sama dengan air proses. Perbedaannya adalah pada air sanitasi ditambahkan klorin untuk membunuh bakteri. Pada umumnya, air sanitasi harus memenuhi syarat kualitas sebagai berikut :

- a. Bebas dari zat penyebab korosi, seperti asam dan oksigen terlarut
- b. Bebas dari zat penyebab kerak yang disebabkan oleh kesadahan dan suhu tinggi, biasanya berupa garam-garam kalsium, magnesium, dan silikat
- c. Bebas dari zat penyebab timbulnya buih/busa seperti zat organik, anorganik, dan minyak
- d. Kandungan logam dan pengotor seminimal mungkin

3. Air Demineralisasi

Fungsi dari demineralisasi adalah mengambil semua ion yang terkandung di dalam air. Air yang telah mengalami proses ini disebut air demin (deionized water). Sistem demineralisasi disiapkan untuk mengolah air filter dengan penukar ion (ion exchanger) untuk menghilangkan padatan yang terlarut dalam air dan menghasilkan air demin sebagai air umpan pada alat

Secara umum air yang akan digunakan sebagai air umpan adalah air yang tidak mengandung unsur yang dapat menyebabkan terjadinya

endapan yang dapat membentuk kerak pada alat, air yang tidak mengandung unsur yang dapat menyebabkan korosi. Dengan demikian air ini di treatment hingga memenuhi standar karakteristik air umpan

5.6.2 Sistem Ketenagalistrikan

Pada pengoperasian suatu industry khususnya industry pengolahan , energi listrik merupakan suatu kebutuhan yang sangat vital mengingat hampir seluruh peralatan dalam proses industry membutuhkan energi listrik sebagai sumber energi utama. Diperlukan penanganan yang serius untuk menjaga kelangsungan suplai kualitas dan keamanan operasinya. Menurunnya kualitas listrik akan mengakibatkan system penggerak pada unit proses tidak bekerja optimal. Selain itu, unit pembangkit listrik ini berfungsi untuk menghasilkan listrik guna memnuhi kebutuhan penerangan seluruh area pabrik, tenaga penggerak pompa dan peralatan proses lainnya, instrumentasi serta laboratorium.

Penyediaan listrik di pabrik membran ini dipenuhi oleh dua sumber yaitu . PLN (Perusahaan Listrik Negara) dan PTL (Penyediaan Tenaga Litrik) di dalam pabrik. Listrik dari PLN sebagian besar digunakan untuk non proses seperti penerangan jalan dan kantor. Sedangkan untuk memenuhi kebutuhan proses, kebutuhan listrik diperoleh dari generator. Daftar kebutuhan listrik untuk peralatan yang digunakan dalam proses produksi dapat dilihat dalam tabel dibawah ini. Sumber listrik lain adalah generator dimana kebutuhan generator pada pabrik ini akan dihitung pada perhitungan kebutuhan listrik dari data energi yang dibutuhkan pada tiap unit proses dan utilitas. Generator hanya dijalankan sewaktu-waktu apabila suplai listrik PLN terganggu.

Kebutuhan listrik untuk penerangan dan proses masing-masing ditampilkan pada Tabel 5.30 dan 5.31. Total kebutuhan daya listrik adalah kW.

Tabel 5.33 Kebutuhan Listrik Untuk Proses

No	Nama alat	Kode alat	Jumlah	Daya (HP)
1	Mixer 1	M-110	1	20
2	Mixer 2	M-120	1	20
3	Mixer 3	M-130	1	20
4	Mixer 4	M-140	1	20
5	Mixer 5	M-150	1	20
6	Roll Coating	J-210	1	30
7	Roll Heater	J-220	1	75
8	Roll Cooler	J-230	1	75
9	Roll Heater	J-240	1	75
10	Belt Conveyor	J-111	1	0.3346
11	Belt Conveyor	J-121	1	0.3346
12	Belt Conveyor	J-131	1	0.3346
13	Belt Conveyor	J-151	1	0.3346
14	Belt Conveyor	J-145	1	0.3346
15	Belt Conveyor	J-211	1	0.3346
16	Belt Conveyor	J-221	1	0.3346
17	Belt Conveyor	J-231	1	0.3346
18	Pompa	L-123	1	21
19	Pompa	L-112	1	21
20	Pompa	L-152	1	21
21	Pompa	L-143	1	21
22	Pompa	L-122	1	21
23	Pompa	L-132	1	21
24	Pompa	L-142	1	21
Total				505
Kilowatt (kW)				376.34

Tabel 5.34 Kebutuhan Penerangan untuk area di dalam bangunan

Area Bangunan	Tingkat Pencahayaan	Luas		Jumlah Cahaya
		M2	Ft2	
Area proses	20	300	3,229	6,000
kamar mandi	10	325	3,498	3,250
Bengkel & Gudang Alat	10	50	538	500
Pos Keamanan	5	370	3,983	1,850
Kantin	5	65	700	325
Mushola	5	10,125	108,984	50,625
Laboratorium	10	150	1,615	1,500
Poliklinik	5	50	538	250
Kantor dan Perpustakaan	20	900	9,688	18,000
<i>Control Room</i>	20	100	1,076	2,000
Gedung serbaguna	10	200	2,153	2,000
Total				86,300

5.6.3 Spesifikasi Peralatan Sistem Utilitas

Spesifikasi peralatan sistem utilitas disampaikan sebagai berikut :

Tabel 5.35 Spesifikasi Screening

Lebar Spesifikasi Alat	
Nama Alat	Screening
Fungsi	Untuk menyaring partikel yang terdapat pada airsungai
Tipe	Bar Rack Screener
P Operasi	1 atm
Rate Volumetric	481.19 m ³ /jam
Tinggi	4,6454 m
Panjang	13.9362 m
Lebar	9.2908 m

Volume Bak	481.1868 m ²
------------	-------------------------

Tabel 5.36 Spesifikasi Tangki Penukar Kation

Lembar Spesifikasi Alat	
Nama Alat :	Tangki Penukar Kation
Tipe	Tangki dengan tutup bawah dan tutup atas dished head
P Operasi	1 atm
Diamter Tangki (ID)	7,98 m
Rate Volumetrik	480.206,42 L/Jam
Tinggi Tangki	0.55 m
Tebal Silinder	0,3125 in
Tinggi Vessel	2,1622 m
Volume resin	17,596.34

Tabel 5.37 Spesifikasi Tangki Penukar Anion

Lembar Spesifikasi Alat	
Nama Alat	Tangki Penukar Anion
Fungsi	Menghilangkan kandungan anion dari air
Tipe	Tangki dengan tutup bawah dan tutup atas dished head
P Operasi	1 atm
Rate Volumetrik	480.206,42 L/jam
Diameter Tangki (ID)	4,14 m
Tinggi	1,7580 m
Tebal Silinder	0,2295 in

Tebal Tutuo Atas	0,25 in
Volume resin	2.944,09

Tabel 5.38 Spesifikasi Clarifier

Lembar Spesifikasi Alat	
Nama Alat	Clarifier
Tipe	Eksternal solid recirculation
P Operasi	1 atm
Rate Volumetric	13.625,67 liter/jam
Diameter	23m45 ft
Tinggi Silinder	0,2879 m
Tebal Shell	0,3994 in
Lebar Pengaduk	1,4071 ft
Panjang Pengaduk	1,7588 ft
Jarak daun kedar tangki	5,8627 ft
Jenis Agigator	Paddle Agitator

Tabel 5.39 Spesifikasi Deaerator

Lembar Spesifikasi Alat	
Nama Alat	Deaerator
Tipe	Silinder dengan bahan isian, torisherical dished head

P Operasi	1 atm
Rate Volumetric	480.206,42 L/jam
Diameter	278,38 in
Tinggi bed	17,40 ft
Tebal shell	0,15 in
Tinggi vessel total	3,6457 m

5.7 Unit Pengolahan Limbah

Unit pengolahan limbah pada suatu pabrik berfungsi untuk mengolah limbah hasil dari kegiatan industri sebelum limbah dibuang ke lingkungan. Limbah yang dihasilkan dapat memberikan dampak negatif terhadap sumber daya alam dan lingkungan. Selain itu, dapat menurunkan kualitas lingkungan antara lain pencemaran tanah, air dan udara. Untuk menghindari dampak buruk pencemaran limbah terhadap lingkungan, diperlukan upaya pengelolaan limbah yang baik. Limbah kegiatan industri yang akan dibuang ke lingkungan harus memenuhi kriteria atau baku mutu limbah yang ditetapkan.

Menurut UU No. 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup. Baku mutu lingkungan merupakan batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi atau komponen yang ada atau harus ada dan atau unsur pencemar yang dapat ditoleransi dalam suatu sumber daya tertentu sebagai unsur lingkungan hidup. Baku mutu tersebut ditetapkan sebagai upaya pengendalian pencemaran. Baku mutu air merupakan batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen lain yang ada atau harus ada dan atau unsur pencemar yang ditenggang adanya dalam suatu sumber daya tertentu sebagai unsur lingkungan hidup.

Prinsip pengendalian limbah secara cermat dan terpadu diperlukan oleh industri untuk memenuhi baku mutu. Hal ini dilakukan di dalam proses produksi (*in-pipe pollution prevention*) dan setelah proses produksi (*end-pipe pollution prevention*). Pengendalian dalam proses produksi bertujuan untuk meminimalkan volume limbah yang ditimbulkan, juga konsentrasi dan toksisitas kontaminannya.

Sedangkan pengendalian setelah proses produksi dimaksudkan untuk menurunkan kadar bahan pencemar sehingga pada akhirnya air tersebut memenuhi baku mutu yang sudah ditetapkan.

Setelah dilakukan usaha-usaha minimalisasi limbah melalui modifikasi proses, Langkah selanjutnya yang harus dilakukan adalah pengolahan dan penanganan limbah tersebut untuk menghindari pencemaran lingkungan. Secara umum, pengolahan limbah merupakan rangkaian kegiatan yang mencakup reduksi (reduction), pengumpulan (collection), penyimpanan (storage), pengangkutan (transportation), pemanfaatan (reuse, recycling), pengolahan (treatment), dan atau penimbunan (disposal).

5.7.1 Limbah cair

Limbah cair adalah limbah dalam wujud cair yang dihasilkan dari kegiatan industri dan kegiatan lainnya dan dibuang ke lingkungan dan dapat menurunkan kualitas lingkungan. Limbah cair pabrik membrane meliputi bekas air cucian proses. Air cucian proses berasal alat heater conveyor box dan cooler conveyor box. Penanggulangan limbah di pabrik membrane mengikuti baku mutu limbah cair sesuai dengan standar Pengendalian, Pemantauan, dan Pemeriksaan Limbah Cair dan Emisi berdasarkan Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup KEP 51-/MENLH/10/1995. Baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri masing-masing ditampilkan pada tabel 5.37

Tabel 5.40 baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri

No	Parameter	Satuan	Golongan Baku Mutu Limbah Cair	
			I	II
FISIK				
1.	Temperatur	°C	38	40
2.	Zat Padat Larut	mg/L	2000	4000
3.	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	200	400
KIMIA				
1.	Ph	6,0 sampai 9,0		

5.7.2 Limbah Domestik

Limbah ini mengandung bahan organik sisa pencernaan yang berasal dari kamar mandi di lokasi pabrik, serta limbah dari kantin, masjid, laboratorium, dll. Limbah domestik ini disalurkan langsung ke tempat pembuangan akhir sampah masyarakat lokal.

5.7.3 Sistem Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan oleh pabrik Membran Roll to Roll ini terdapat satu limbah yaitu limbah cair yang berasal dari bekas air cucian proses. Air cucian proses berasal dari alat heater conveyor box dan cooler conveyor box. Untuk sistem pengolahan dari limbah cair adalah dengan diberikan oleh pihak ketiga, dimana pihak ketiganya adalah PT. PPLI Lamongan.

5.8 Instrumentasi

Instrumentasi adalah suatu alat yang dipakai di dalam suatu proses kontrol untuk mengatur jalannya proses agar diperoleh hasil sesuai dengan yang diharapkan. Dalam suatu pabrik kimia, pemakaian instrumen merupakan suatu hal yang sangat penting karena dengan adanya rangkaian instrumen tersebut maka operasi semua peralatan yang ada di dalam pabrik dapat dimonitor dan dikontrol dengan cermat, mudah dan efisien, sehingga kondisi operasi selalu berada dalam kondisi yang diharapkan. Namun pada dasarnya, tujuan pengendalian tersebut adalah agar kondisi proses di pabrik mencapai tingkat kesalahan (error) yang paling minimum sehingga produk dapat dihasilkan secara optimal. Fungsi instrumentasi adalah sebagai pengontrol, penunjuk (indicator), pencatat (recorder), dan pemberi tanda bahaya (alarm). Instrumentasi bekerja dengan tenaga mekanik atau tenaga listrik dan pengontrolannya dapat dilakukan secara manual atau otomatis. Instrumen digunakan dalam industri kimia untuk mengukur variabel-variabel proses seperti temperatur, tekanan, densitas, viskositas, panas spesifik, konduktivitas, pH, kelembaban, titik embun, tinggi cairan (liquid level), laju alir, komposisi, dan moisture content. Instrumen-instrumen tersebut mempunyai tingkat batasan operasi sesuai dengan kebutuhan pengolahan.

Variabel-variabel proses yang biasanya dikontrol/diukur oleh instrumen adalah :

1. Variabel utama, seperti temperatur, tekanan, laju alir, dan level cairan.
2. Variabel tambahan, seperti densitas, viskositas, panas spesifik, konduktivitas, pH, humiditas, titik embun, komposisi kimia, kandungan kelembaban, dan variabel lainnya.

Penggunaan instrumen pada suatu peralatan proses bergantung pada pertimbangan ekonomis dan sistem peralatan itu sendiri. Secara umum, kerja dari alat-alat instrumentasi dapat dibagi dua bagian yaitu operasi secara manual dan operasi secara otomatis :

- a. Pengendalian secara manual

Tindakan pengendalian yang dilakukan oleh manusia. Sistem pengendalian ini merupakan sistem yang ekonomis karena tidak membutuhkan begitu banyak instrumentasi dan instalasinya. Namun pengendalian ini berpotensi tidak praktis dan tidak aman karena sebagai pengendalinya adalah manusia yang tidak lepas dari kesalahan.

- b. Pengendalian secara otomatis

Berbeda dengan pengendalian secara manual, pengendalian secara otomatis menggunakan instrumentasi sebagai pengendali proses, namun manusia masih terlibat sebagai otak pengendali. Banyak pekerjaan manusia dalam pengendalian secara manual diambil alih oleh instrumentasi sehingga membuat sistem pengendalian ini sangat praktis dan menguntungkan.

5.8.1 Bagian Instrumentasi

Dalam suatu instrumen ada beberapa bagian alat yang pemakaiannya bisa berfungsi sebagai berikut:

- a. *Indicator*, yaitu bagian instrumen yang berfungsi untuk menunjukkan atau pengukuran secara langsung, misalnya level indicator yaitu alat penunjuk ketinggian liquidida didalam suatu alat pemrosesan.

- b. Recorder, yaitu bagian instrumen yang berfungsi untuk mencatat suatu kondisi proses yang merupakan kelengkapan instrument tipe penunjuk, misalnya pena pada jarum penunjuk pengukur tekanan.
- c. Controller, bagian instrumen yang berfungsi untuk mengendalikan kondisi proses dan operasi, misalnya : Flow controller untuk mengendalikan laju alir fluida didalam pipa, Temperatur controller untuk mengendalikan suhu operasi selama proses berlangsung agar sesuai dengan suhu yang telah ditetapkan.
- d. Sensor (transducer), bagian instrumen yang berfungsi untuk berkontak langsung dengan objek yang diukur untuk mengubah besaran fisik menjadi besaran listrik.
- e. Sensor Error Detector, bagian instrumen yang berfungsi untuk mengukur kesalahan yang terjadi antara keluaran actual dengan keluaran yang diinginkan.
- f. Penggerak daya (ajuator), bagian instrumen yang berfungsi untuk mengendalikan aliran energy ke system yang dikendalikan. Alat ini disebut juga elemen pengendali akhir. Elemen pengeluaran ini harus mampu menggerakkan beban ke suatu harga yang diinginkan.

Hal yang diharapkan dari pemakaian instrumentasi adalah sebagai berikut:

1. Kualitas produk sesuai dengan yang diinginkan.
2. Pengoperasian peralatan proses lebih mudah.
3. Sistem kerja lebih efektif.
4. Penyimpangan yang terjadi dapat lebih cepat dideteksi.

Pengendalian peralatan instrumentasi dapat dilakukan secara otomatis dan semi otomatis. Pengendalian secara otomatis adalah pengendalian yang dilakukan dengan mengatur instrument pada kondisi tertentu, bila terjadi penyimpangan variabel yang dikontrol maka instrumen akan bekerja sendiri untuk mengembalikan variabel ke kondisi semula, instrumen ini bekerja sebagai controller. Pengendalian secara semi otomatis adalah pengendalian yang mencatat perubahan-perubahan yang terjadi pada variabel yang dikontrol. Untuk mengubah variabel-variabel ke nilai yang diinginkan dilakukan usaha

secara manual, instrument ini bekerja sebagai pencatat (recorder) atau penunjuk (indicator).

5.8.2 Pertimbangan Pemilihan Alat Instrumentasi

Pengendalian peralatan proses bisa dilakukan secara manual maupun otomatis. Pengendalian secara otomatis dilakukan dengan alat control yang dapat bekerja dengan sendirinya dan terhubung oleh monitor agar setiap saat dapat dipantau kinerja (performance) alat proses. Pengendalian proses secara otomatis memerlukan pertimbangan biaya yang cukup matang, karena biasanya penggunaan alat control otomatis memerlukan biaya yang lebih besar dibandingkan dengan pemakaian alat control manual. Pengendalian proses secara otomatis memiliki keuntungan antara lain:

- Mengurangi jumlah pegawai
- Keselamatan kerja lebih terjamin
- Hasil proses lebih akurat dan dapat dipertanggungjawabkan

Selain pemeliharaan dan perawatan secara berkala, adanya alat-alat control pada peralatan sangat membantu menciptakan kondisi operasi yang ideal. Oleh karena itu, untuk memperoleh kinerja peralatan yang baik, dalam waktu panjang perlu dilakukan shut down maintenance, yaitu penghentian seluruh peralatan proses untuk pembersihan dan perbaikan termasuk peralatan instrumen. Setelah pemeliharaan dan pembersihan selesai, maka proses bisa kembali dijalankan (start up) dan pada masa start up inilah, diharapkan alat proses maupun alat instrumen dapat berfungsi dengan baik.

Banyak pertimbangan yang harus dilakukan dalam memilih instrumen agar alat tersebut dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Beberapa pertimbangan yang perlu dilakukan antara lain:

- a. Jenis instrumen
- b. Range yang diperhitungkan untuk pengukuran
- c. Ketelitian instrumen
- d. Bahan konstruksi serta pengaruh pemasangan instrumen pada kondisi operasi

- e. Mudah perawatan dan perbaikan
- f. Mudah dalam pengoperasian
- g. Faktor ekonomi

5.8.3 Macam- macam Instrumentasi

Ada beberapa macam indicator dan alat kontrol yang dapat dipasang pada peralatan proses. Secara umum indikator atau alat kontrol digunakan untuk mengetahui atau mengontrol : suhu, tekanan, laju alir maupun ketinggian liquida. Untuk indikator yang hanya berfungsi sebagai alat ukur saja, maka elemen controller dan control valve tidak ada, tetapi hanya ada sensing elemen dan petunjuk kondisi proses. Untuk alat control pada prinsipnya terdiri dari 3 elemen, yaitu:

- a. Sensing elemen yaitu bagian alat untuk merasakan kondisi proses yang berlangsung
- b. Controller atau pengendali, yaitu bagian alat untuk mengembalikan kondisi proses yang keluar dari setting awal kepada kondisi setting yang semula
- c. Control valve, yaitu bagian alat berupa valve yang dapat membesarkan atau mengecilkan aliran fluida sehingga dapat mengembalikan kondisi proses kedalam keadaan yang benar.

Beberapa macam alat control, yaitu :

1. Level Indicator (LI)

Level indicator merupakan alat instrumentasi yang berfungsi untuk mentransfer data terkait jumlah volume yang ada dalam alat berdasarkan kapasitas alat tersebut.

2. Level Control (LC)

Level Control adalah alat yang dipakai untuk mengatur ketinggian cairan dalam suatu alat dimana cairan tersebut bekerja. Pengukuran tinggi permukaan cairan dilakukan dengan operasi dari sebuah katup kontrol, yaitu dengan mengatur kecepatan cairan masuk atau keluar proses. Level control berfungsi menerima data dari level indikator dan diterjemahkan untuk mengontrol bukaan valve pada aliran alat tersebut.

Semakin besar bukaan control valve, maka laju alir semakin besar. Prinsip kerja : Jumlah aliran fluida diatur oleh control valve. Kemudian rate fluida melalui valve ini akan memberikan sinyal kepada LC untuk mendeteksi tinggi permukaan pada set point.

3. Level Transmittan (LT)

Level Transmittan adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengukur ketinggian suatu fluida yang nanti hasilnya akan diteruskan ke level control maupun level indicator, tergantung peran level transmittan tersebut.

4. Flowrate Transmittan (FT)

Flowrate Transmittan adalah suatu perangkat alat yang digunakan untuk merasakan laju aliran dari fluida, biasanya sensor aliran yang menjadi elemen pengindera yang digunakan, hasilnya akan diteruskan ke flowrate control maupun flowrate indicator. Tergantung peran flowrate transmittan.

5. Temperature Transmittan (TT)

Temperature Transmittan adalah suatu perangkat alat dan digunakan untuk mengirimkan sinyal yang kemudian hasilnya diteruskan ke temperatur kontrol maupun temperatur indikator tergantung peran temperature transmittan tersebut.

6. Flowrate Indikator (FI)

Flowrate Indikator merupakan alat instrumentasi yang berfungsi untuk menstransfer data terkait Laju Alir Fluida yang masuk dan keluar melalui alat proses.

7. Flowrate control (FC)

Flow control merupakan alat instrumentasi yang mempunyai tujuan untuk membaca kecepatan aliran pada alat. Flow controller berfungsi menerima data dari flow indikator dan diterjemahkan untuk mengontrol bukaan valve pada aliran alat tersebut. Semakin besar bukaan control valve, maka laju alir semakin besar

8. Temperatur Indikator (TI)

Temperatur Indikator merupakan alat instrumentasi yang berfungsi untuk menstabilkan data terkait temperatur fluida yang masuk dan keluar melalui alat proses.

9. Temperatur control (TC)

Temperatur Control merupakan alat instrumentasi yang berfungsi menerima data dari temperatur indicator dan diterjemahkan untuk mengontrol bukaan valve pada aliran alat tersebut.

10. Rasio Control (RC)

Rasio Control merupakan alat instrumentasi yang berfungsi mengatur suatu rasio (Perbandingan) komposisi umpan yang akan masuk pada alat agar seimbang.

5.8.4 Jenis Peralatan Instrumentasi yang Digunakan

Banyak pertimbangan yang harus dilakukan dalam memilih instrumen agar alat tersebut dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Beberapa pertimbangan yang perlu dilakukan diantaranya adalah jenis instrument serta pemasangan instrumen pada kondisi operasi dan alat proses. Pemasangan instrument pada proses pembuatan Pabrik Membran Roll to Roll diantaranya sebagai berikut :

Tabel 5.41 Spesifikasi Mixer 1

Lembar Spesifikasi Alat	
Nama Alat : Mixer 1	Kode Alat : M – 110
P & ID Mixer 1 (M-110)	
Konektivitas	Keterangan Huruf Indikator

2	NaOH	TT	<i>Temperatur Controller</i>
3	H ₂ O	TIC	<i>Temperatur Indicator and Controller</i>
4	H ₂ O + NaOH	LT	<i>Level Trnsmitter</i>
Keterangan Garis		LC	<i>Level Controller</i>
—	Laju Alir	FC	<i>Flow Controller</i>
---	Elektrik		

Tabel 5.42 Spesifikasi Mixer 2

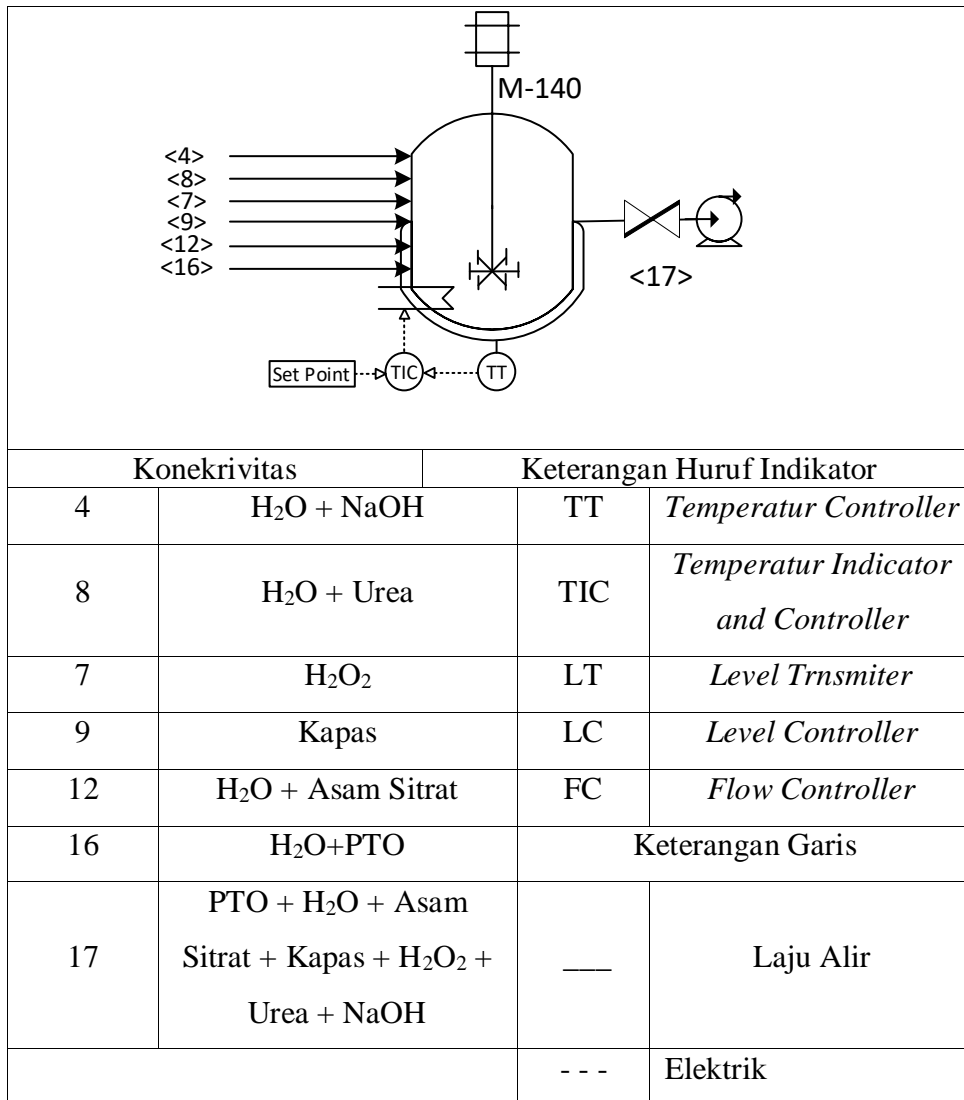
Lembar Spesifikasi Alat			
Nama Alat : Mixer 2		Kode Alat : M – 120	
P & ID Mixer 2 (M-120)			
Konektivitas		Keterangan Huruf Indikator	
10	H ₂ O	TT	<i>Temperatur Controller</i>
11	Asam Sitrat	TIC	<i>Temperatur Indicator and Controller</i>
12	H ₂ O + Asam Sitrat	LT	<i>Level Trnsmitter</i>
Keterangan Garis		LC	<i>Level Controller</i>
—	Laju Alir	FC	<i>Flow Controller</i>
---	Elektrik		

Tabel 5.43 Spesifikasi Mixer 3

Lembar Spesifikasi Alat			
Nama Alat : Mixer 3		Kode Alat : M – 130	
P & ID Mixer 3 (M-130)			
Konektivitas		Keterangan Huruf Indikator	
13	H ₂ O	TT	<i>Temperatur Controller</i>
14	PTO	TIC	<i>Temperatur Indicator and Controller</i>
16	H ₂ O+PTO	LT	<i>Level Transmitter</i>
Keterangan Garis		LC	<i>Level Controller</i>
—	Laju Alir	FC	<i>Flow Controller</i>
---	Elektrik		

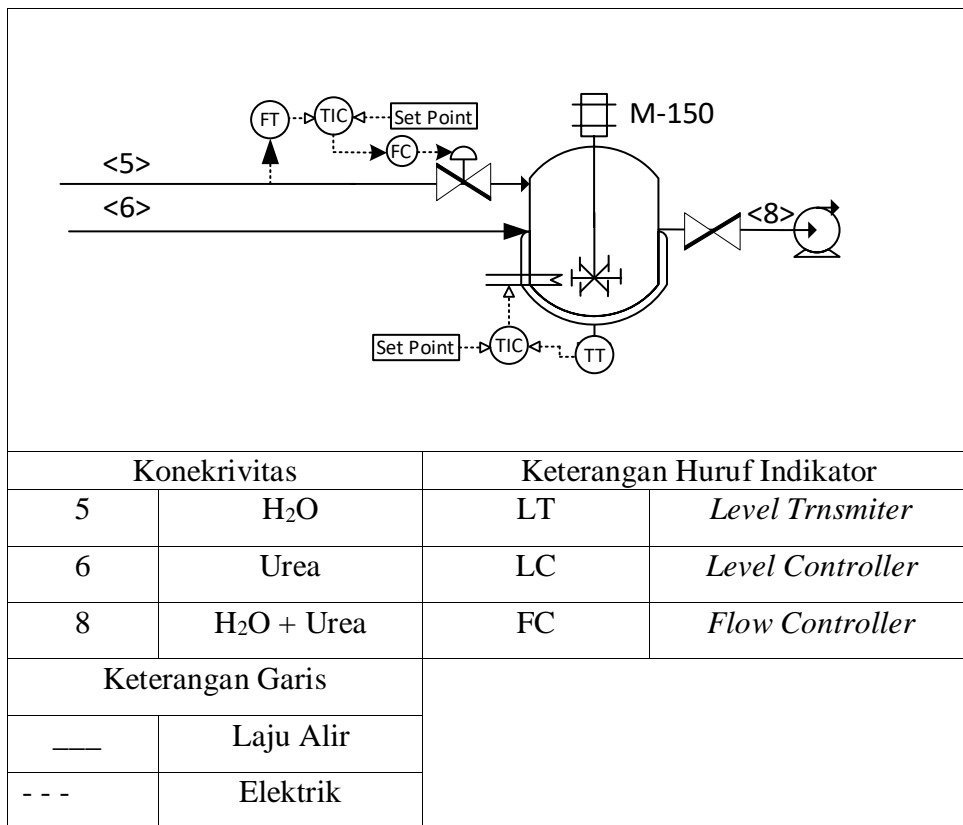
Tabel 5.44 Spesifikasi Mixer 4

Lembar Spesifikasi Alat	
Nama Alat : Mixer 4	Kode Alat : M – 140
P & ID Mixer 4 (M-140)	

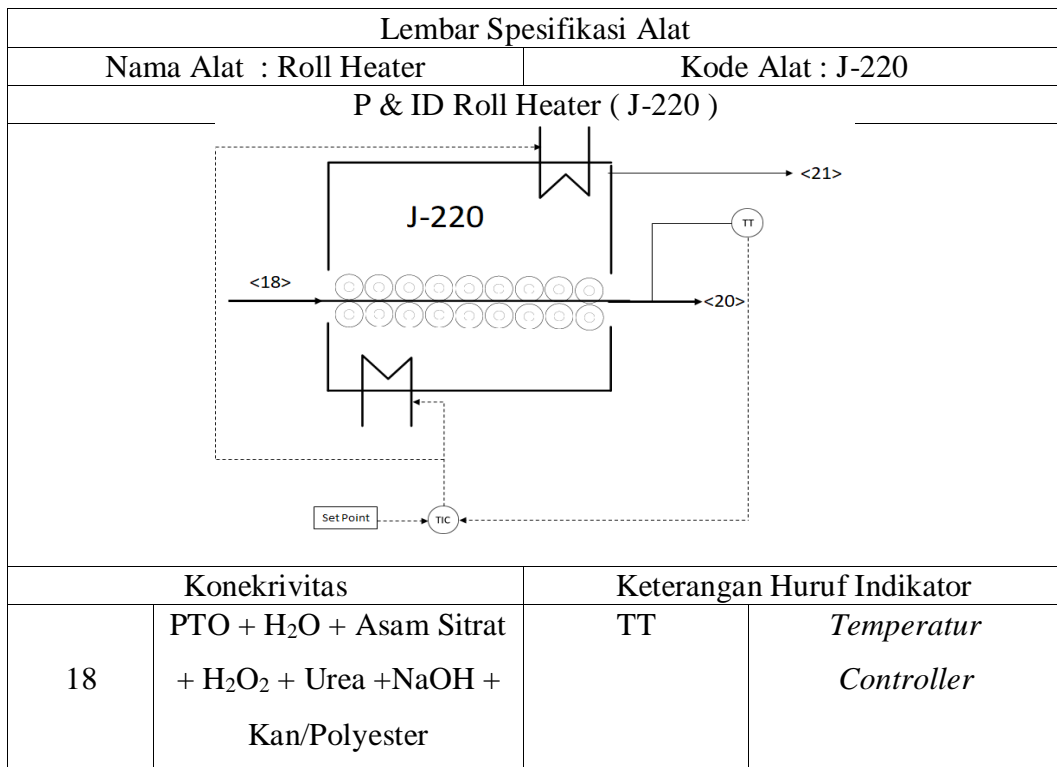


Tabel 5.45 Spesifikasi Mixer 5

Lembar Spesifikasi Alat	
Nama Alat : Mixer 5	Kode Alat : M – 150
P & ID Mixer 5 (M-150)	



Tabel 5.46 Spesifikasi Roll Heater



20	NaOH + Urea + H ₂ O ₂ + TiO ₂ +Kan/Polyester+CA- selulosa+C ₃ H ₅ O(COOK) ₃ +H ₂ C ₂ O ₄	TIC	<i>Temperatur Indicator and Controller</i>
21	Exhaust Gas	Keterangan Garis	
		—	Laju Alir
		---	Elektrik

Tabel 5.47 Spesifikasi Roll Cooler

Lembar Spesifikasi Alat			
Nama Alat : Roll Cooler		Kode Alat : J-230	
P & ID Roll Cooler (J-230)			
Konektivitas		Keterangan Huruf Indikator	
1	PTO + H ₂ O + Asam Sitrat + H ₂ O ₂ + Urea +NaOH + Kan/Polyester	TT	<i>Temperatur Controller</i>
20	NaOH + Urea + H ₂ O ₂ + TiO ₂ +Kan/Polyester+CA- selulosa+C ₃ H ₅ O(COOK) ₃ +H ₂ C ₂ O ₄	TIC	<i>Temperatur Indicator and Controller</i>
22	NaOH + Urea + H ₂ O ₂ + TiO ₂ + Kain/polyester + CA- selulosa + H ₂ O	Keterangan Garis	
23	Limbah	—	Laju Alir

	---	Elektrik
--	-----	----------

Tabel 5.48 Spesifikasi Head Box Roll

Lembar Spesifikasi Alat		
Nama Alat : Head Box Roll		Kode Alat : J-240
P & ID Head Box Roll (J-240)		
Konektivitas		Keterangan Huruf Indikator
22	NaOH + Urea + H ₂ O ₂ + TiO ₂ + Kain/polyester + CA-selulosa + H ₂ O	TT <i>Temperatur Controller</i>
24	Membran	TIC <i>Temperatur Indicator and Controller</i>
25	H ₂ O	Keterangan Garis
		— Laju Alir
		--- Elektrik

BAB 6

TATA LETAK PABRIK

6.1 Dasar Perancangan Tata Letak Pabrik

Lokasi pabrik sangat mempengaruhi kemajuan dan kelangsungan dari suatu industri. Lokasi pabrik akan berpengaruh secara langsung terhadap kelangsungan hidup pabrik yang ikut menentukan keberhasilan dan kelancaran proses produksi. Penentuan lokasi pabrik yang tepat dapat menekan biaya produksi dan dapat memberikan keuntungan – keuntungan lain. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam penentuan lokasi pabrik, antara lain :

- a. Penyediaan bahan baku
- b. Tenaga kerja
- c. Utilitas
- d. Pemasaran
- e. Transportasi
- f. Keadaan iklim dan tanah
- g. Perijinan

Berdasarkan faktor – faktor tersebut diatas, maka pabrik membran roll to roll ini direncanakan berlokasi didaerah Tanjung Pakis desa Kemantren kecamatan Paciran kabupaten Lamongan Jawa Timur yang letaknya berdekatan dengan pelabuhan Lamongan / Lamongan Shorebase.

a. Penyediaan bahan baku

Bahan baku pabrik *membrane roll to roll* yaitu NaOH, Kapas, Urea, Asam sitrat, TiO₂, H₂O₂, kain. NaOH diperoleh dari PT. Industri Soda Indonesia yang berlokasi di Surabaya. Kapas diperoleh dari PT. Cottonindo Ariesta yang berlokasi di kabupaten Subang Jawa Barat. Urea diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik yang berlokasi di Gresik. Asam sitrat diperoleh dari PT. Budi Starch and Sweetener TBK di Sidoarjo, TiO₂ diperoleh dari PT. Indokemika Jayatama yang berlokasi di Surabaya, H₂O₂ diperoleh dari PT. Samator Inti Peroksida di Gresik. Kain polyester diperoleh dari PT. Unitex

Tbk. Yang berlokasi di Bogor Jawa barat. Keuntungan letak pabrik dekat dengan bahan baku yaitu terjaminnya keamanan arus bahan baku, tingkat kerusakan bahan baku kecil, dan ongkos transportasi bahan baku murah

b. Tenaga kerja

Tenaga kerja di lamongan cukup banyak sehingga penyediaan tenaga kerja tidak begitu sulit diperoleh. Tenaga kerja yang berpendidikan menengah atau kejuruan dapat diambil dari daerah sekitar pabrik, hal ini didukung dengan total penduduk sebanyak 170.090 Jiwa (Badan Pusat Statistik,2018). Sedangkan untuk tenaga kerja ahli dapat didatangkan dari kota lain. Disamping itu lokasi pabrik mudah dijangkau oleh transportasi umum.

c. Utilitas

Utilitas yang diperlukan adalah air, bahan bakar serta listrik. Di wilayah Lamongan terdapat banyak sungai yang dapat digunakan untuk keperluan penyediaan utilitas terutama air. Kuantitas air yang begitu besar menjamin penggunaan air yang cukup secara berkesinambungan. Untuk keperluan penyedia listrik oleh PLN dan sumber listrik sendiri (generator).

d. Pemasaran

Pemasaran Membran Roll to roll jenis pemisah minyak ini sangat strategis karena berada di dekat konsumen dalam bidang Industri seperti Petrokimia, Waste water treatment, industry minyak dan gas yaitu daerah Tuban, Gresik, Surabaya, Cepu, Bojonegoro. Selain itu, Lamongan merupakan daerah yang dekat dengan kawasan industri yang ada di Gresik, Tuban dan Surabaya sehingga berpotensi sebagai daerah pemasaran produk. Dengan demikian, diharapkan pembangunan pabrik membran ini dapat memenuhi kebutuhan domestik. Dan juga memanfaatkan Konektivitas laut untuk pemasaran pada bidang pengolahan industri kelapa sawit yang ada di Sumatra, Sulawesi, Kalimantan dan Papua

e. Transportasi

Fasilitas angkutan dan transportasi di daerah ini sudah cukup memadai, sehingga pengiriman bahan baku serta pemasaran produk dapat berjalan dengan lancar karena lokasi pabrik yang dekat dengan sumber bahan baku.

f. Keadaan iklim dan tanah

Lamongan merupakan daerah yang cukup stabil dan sampai saat ini belum pernah terjadi bencana alam yang berbahaya sehingga kondisi ini sangat mendukung perancangan operasional pabrik. Berdasarkan pendataan kondisi iklim serta kondisi topografi dari Tanjung Pakis desa Kemantren kecamatan Paciran kabupaten Lamongan Jawa Timur telah memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan.

g. Perijinan

Lokasi pabrik dipilih pada daerah khusus, sehingga memudahkan dalam perijinan pendirian pabrik. Tata letak pabrik adalah tempat kedudukan dari bagian-bagian yang meliputi tempat bekerjanya karyawan, tempat penyimpanan bahan baku, dan produk yang saling berhubungan. Tata letak pabrik harus dirancang sedemikian rupa sehingga pembangunan area pabrik efisien dan proses produksi serta distribusi dapat berjalan dengan lancar, sehingga keamanan, keselamatan dan kenyamanan bagi karyawan dapat dipenuhi. Selain peralatan proses, beberapa bangunan fisik seperti kantor, bengkel, klinik, laboratorium, kantin, pemadam kebakaran, tempat parkir, pos keamanan, dan sebagainya ditempatkan pada bagian yang tidak mengganggu lalu lintas barang dan proses.

Faktor – faktor yang pernah diperhatikan dalam menentukan tata letak suatu pabrik antara lain :

- a. Letak peralatan produksi ditata dengan baik, sehingga memberikan kelancaran dan keamanan bagi tenaga kerja. Selain itu, penempatan alat-alat produksi diatur secara berurutan sesuai dengan urutan proses kerja, berdasarkan pertimbangan teknik, sehingga dapat diperoleh efisiensi teknis dan ekonomis.

- b. Letak peralatan harus mempertimbangkan faktor perawatan dan pemeliharaan yang memberikan area yang cukup dalam pembongkaran dan penambahan alat bantu.
- c. Alat- alat yang beresiko tinggi harus diberi ruang yang cukup sehingga aman dan mudah melakukan penyelamatan jika terjadi kecelakaan, kebakaran, dan sebagainya.
- d. Jalan di dalam pabrik harus cukup lebar dan memperhatikan faktor keselamatan manusia, sehingga lalu lintas dalam pabrik dapat berjalan dengan baik. Perlu dipertimbangkan juga adanya jalan pintas jika terjadi keadaan darurat.
- e. Letak alat-alat ukur dan alat kontrol harus mudah dijangkau oleh operator.
- f. Letak kantor dan gudang sebaiknya tidak jauh dari jalan utama.

6.2 Ruang Lingkup Perancangan Tata Letak Pabrik

Pekerjaan perancangan tata letak seringkali hanya berhubungan dengan perencanaan yang cermat dan terinci tentang susunan peralatan produksi. Padahal perencanaan demikian hanya merupakan salah satu tahap saja dari suatu rangkaian kegiatan yang sangat luas yang saling berhubungan dan yang cara keseluruhan membentuk kegiatan perancangan tata letak pabrik

Ruang lingkup pekerjaan perancangan tata letak pabrik mencakup satu kajian yang cermat paling tidak dari bidang-bidang berikut :

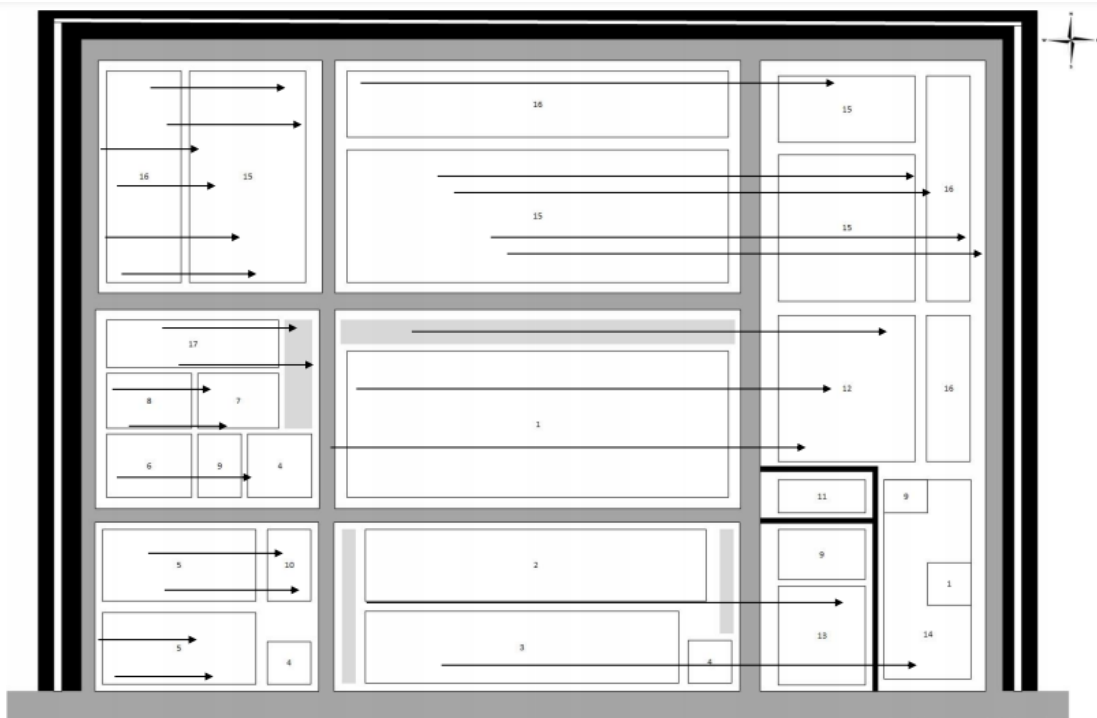
- | | |
|--------------------------------|-----------------|
| 1. Pengangkutan | 10. Pengiriman |
| 2. Penerimaan | 11. Perkantoran |
| 3. Gudang bahan baku | 12. Fasilitas |
| 4. Perakitan | 13. Bangunan |
| 5. Produksi | 14. Lokasi |
| 6. Pengemasan | 15. Keamanan |
| 7. Kegiatan produksi penunjang | 16. Buangan |
| 8. Pelayanan pegawai | |
| 9. Pergudangan | |

6.3 Luasan Pabrik

Luas area yang dibutuhkan dalam perencanaan ini meliputi luas dari beberapa komponen-komponen sebagai berikut :

- a) Luas area umum, meliputi luas area Line 1 Welding Frame Body Camp
- b) Luas area stasiun kerja, yang meliputi luas area mesin. Tool store
- c) Luas area material store, yang meliputi kereta part, meja transfer, pallet, dan kereta shooter
- d) Luas area penting lainnya, antara lain kereta finished good, dan hand fit

Luas area ini dihitung berdasarkan jumlah mesin dan peralatan lain yang dibutuhkan, ditambah dengan allowance yang mencukupi. Berdasarkan dari factor desain plant layout dan equipment layout, pembagian ruangan pabrik harus memperhatikan kebutuhan ruangan agar proses operasi dapat berjalan dengan lancar, efektif dan efisien. Untuk plant layout pabrik membrane dapat dilihat pada gambar 6.1 dan untuk layout proses dapat dilihat pada gambar 6.2 berikut ini :



Gambar 6.1 Tata Letak Rancangan Desain Pabrik Membran

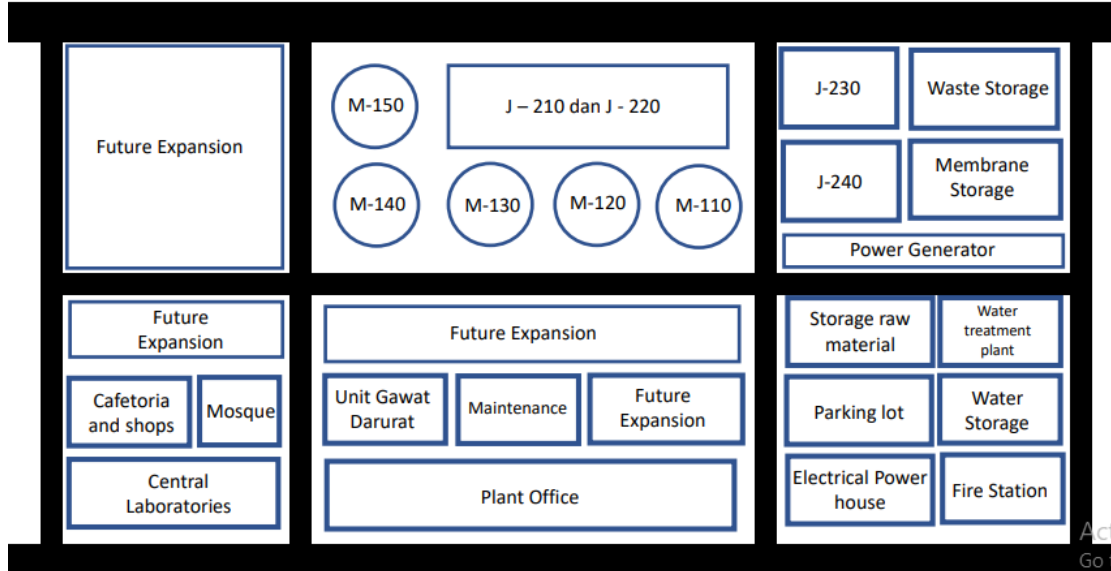
Keterangan :

1. Central office (Dibagi menjadi 4 lantai yang terdiri beberapa ruangan perdepartemen, aula, toilet, perpustakaan. Smooking area, koperasi, ruang direktur, ruang rapat, dll)
2. Parker mobil karyawan
3. Parker tamu
4. Pos keamanan
5. Parker central
6. Kantin
7. K3 Office and Fire Rescue
8. Poliklinik
9. Toilet umum
10. Ruang absen keluar
11. Gudang produk
12. Parker direksi
13. Parker truk distribusi produk
14. Area proses dan produksi
15. Area perluasan pabrik
16. Masjid



Down Wind

Skala 1 : 8 meter



Up wind
Gambar 6..2

BAB 7

STRUKTUR ORGANISASI

7.1 Struktur Organisasi

Untuk membuat perusahaan mencapai visi dan misi serta tujuan perusahaan perlu adanya suatu struktur organisasi perusahaan dengan tujuan agar perusahaan berjalan secara efektif dan efisien serta seoptimal mungkin. Sumber daya manusia yang dipekerjakan perusahaan akan terbagi ke dalam kelompok-kelompok kerja atau *teamwork* sesuai dengan keahlian masing-masing anggota tim. Setiap anggota akan memiliki gambaran yang jelas tentang posisi, fungsi, hak, dan kewajiban.

7.1.1 Bentuk Perusahaan

Pabrik ini direncanakan akan dikelola oleh suatu badan usaha yang berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Dengan demikian kekuasaan tertinggi berada di tangan Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS), yang memiliki hak untuk menunjuk dewan direksi sebagai penanggung jawab kegiatan perusahaan sehari-hari. Keuntungan memilih bentuk perseroan terbatas adalah :

1. Mendapat kepercayaan yang lebih besar dari publik dan pemerintah.
2. Pemilik modal hanya bertanggungjawab terhadap sejumlah modal yang ditanamkannya.
3. Memberi kesempatan manajemen melakukan inovasi karena campur tangan pemilik modal tidak terlalu besar.
4. Pengumpulan modal lebih cepat dan lebih besar.

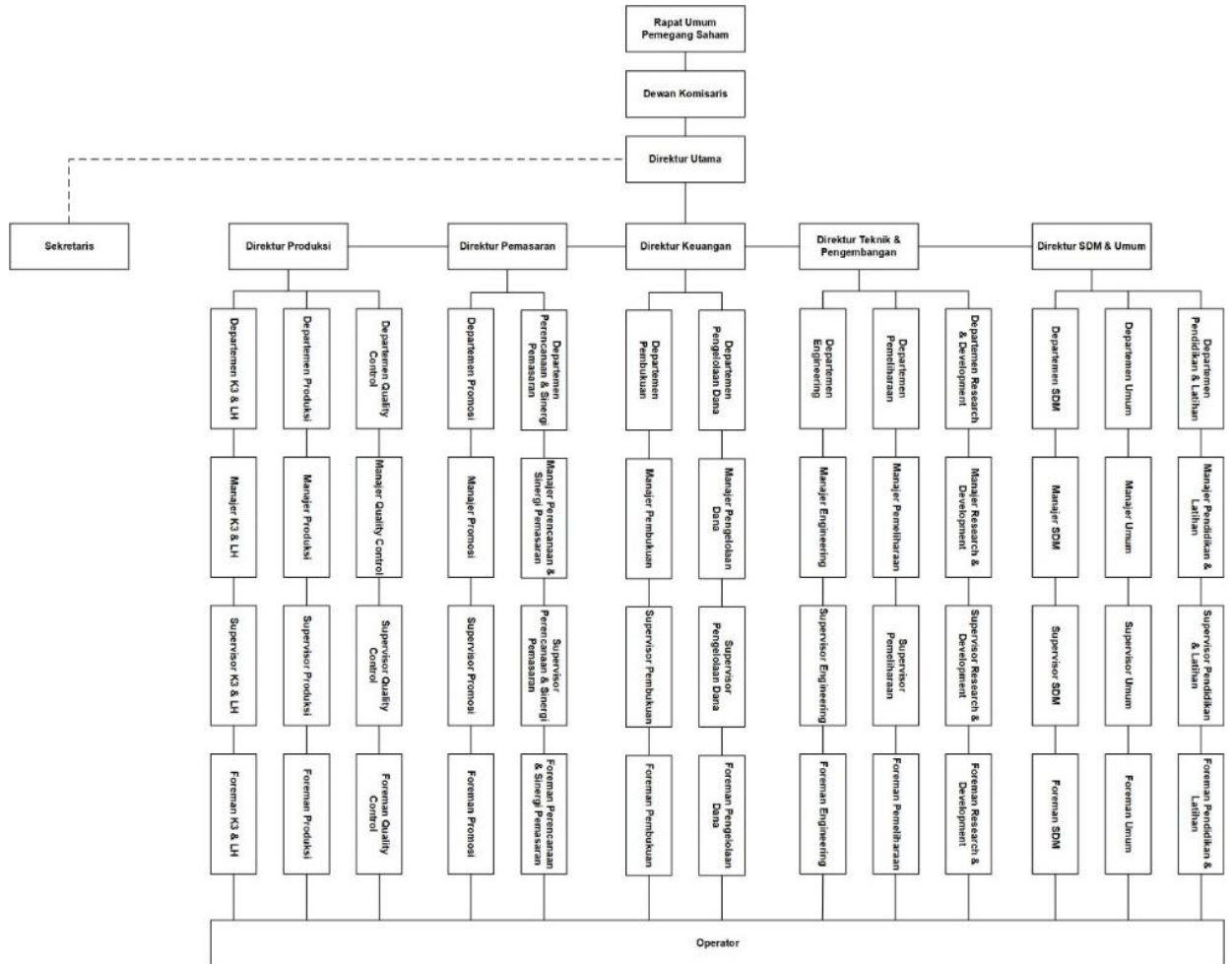
7.1.2 Bagan Struktur Organisasi

Sistem organisasi yang digunakan pada Pabrik Membran Roll to Roll ini adalah garis dan staf, yang merupakan kombinasi dari pengawasan secara langsung dan spesialisasi pengaturan dalam perusahaan. Alasan pemakaian sistem ini adalah :

- a. Baik digunakan untuk pabrik besar dengan produksi yang kontinyu.
- b. Terdapat hubungan yang sinergis antara pimpinan dan perintah, sehingga menyebabkan budaya disiplin kerja lebih baik. Masing-

masing kepala bagian maupun manajer secara langsung bertanggung jawab atas aktivitas yang dilakukan agar tercapai tujuan.

- c. Kekayaan pemegang saham terpisah dari kekayaan perusahaan, sehingga kekayaan pemegang saham tidak menentukan modal perusahaan.
- d. Pimpinan tertinggi perusahaan dipegang oleh seorang direktur utama yang bertanggung jawab kepada dewan komisaris.
- e. Terdapat hubungan yang baik antara peran dewan komisaris dengan direktur utama untuk kemajuan perusahaan. Dewan komisaris merupakan wakil-wakil dari pemegang saham yang memberikan nasihat dan saran kepada direktur utama.



Gambar 7.1 Struktur Organisasi Perusahaan

7.1.3 Tugas dan Wewenang

Tugas, wewenang, dan tanggung jawab masing-masing jabatan adalah sebagai berikut:

1. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk pabrik dengan cara membeli saham perusahaan. Pemegang saham pula yang merupakan pemilik perusahaan dengan jumlah kepemilikan berdasarkan kepemilikan saham. Kekayaan pribadi milik pemegang saham tidak dipertanggung-jawabkan sebagai jaminan atas hutang-hutang perusahaan. Pemegang saham harus menanamkan modal paling sedikit selama satu tahun. Kekuasaan tertinggi terletak pada RUPS (Rapat Umum Pemegang Saham) yang bertujuan untuk menentukan posisi yang bertugas sebagai dewan komisaris Perusahaan. Berikut merupakan tugas pemegang saham yaitu sebagai berikut:

1. Menetapkan kebijakan perusahaan dalam masa satu bulan.
2. Meminta pertanggungjawaban direksi dan komisaris atas kinerja dan hasil perusahaan.
3. Memilih dan memberhentikan direktur utama dan dewan komisaris.

2. Dewan Komisaris

Dewan komisaris melakukan pengawasan atas kebijakan pengurusan, jalannya pengurusan pada umumnya, serta memberi nasihat kepada direksi. Pengawasan dan pemberian nasihat tersebut dilakukan untuk kepentingan perseroan dan sesuai dengan maksud dan tujuan perseroan. Dewan komisaris terdiri atas satu orang anggota atau lebih. Dewan komisaris yang terdiri atas lebih dari satu orang anggota merupakan majelis dan setiap anggota dewan komisaris tidak dapat bertindak sendiri-sendiri, melainkan berdasarkan keputusan dewan komisaris. Dewan komisaris wajib:

1. Membuat risalah rapat dewan komisaris dan menyimpan salinannya.
2. Melaporkan kepada perseroan mengenai kepemilikan sahamnya dan atau keluarganya pada perseroan tersebut dan perseroan lain.

3. Memberikan laporan tentang tugas pengawasan yang telah dilakukan selama tahun buku yang baru lampau kepada RUPS.

3. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan dan penanggung jawab tertinggi perusahaan, menentukan dan merumuskan kebijakan perusahaan mengenai system operasi, sumber daya manusia, dan perkembangan perusahaan. Direktur Utama bertanggung jawab pada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijakan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Keuangan dan Umum. Direktur Utama bertugas untuk :

1. Melaksanakan kebijaksanaan perusahaan dan mempertanggung jawabkan pekerjaannya pada pemegang saham pada Rapat Umum Pemegang Saham.
2. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan Rapat Umum Pemegang Saham.
3. Menjaga kestabilan manajemen perusahaan dan membuat kelangsungan hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, dan karyawan.
4. Mengkoordinasikan kerjasama dengan Direktur Teknik dan Produksi, Direktur Keuangan dan Umum serta Personalia.

4. Direktur Produksi

Direktur produksi bertugas membantu direktur utama dalam perencanaan dan pengaturan proses produksi di pabrik, konstruksi pabrik, kualitas dari bahan baku dan produk yang dihasilkan, pengelolaan dan efisiensi energi, manajemen limbah dan K3, pengendalian teknik dan pengembangan proses produksi. Direktur Produksi dibantu oleh *General Manager* Pabrik dan *General Manager* Teknologi yang masing-masing membawahi *manager* dan staff di bagian masing-masing. Dalam menjalankan tugas direktur produksi bertanggung jawab terhadap direktur utama dan melakukan koordinasi dengan dewan direksi. Berikut merupakan tugas Direktur Produksi yaitu sebagai berikut:

- a. Menentukan kebijakan operasi pabrik agar dapat memperoleh hasil optimal.
- b. Menentukan kebijakan produksi untuk mengendalikan kualitas produk.
- c. Membantu direktur utama dalam perencanaan, penelaahan kebijakan operasi, pelaksanaan produksi, dan pengendalian kualitas dari bahan baku serta produk yang dihasilkan.
- d. Mengadakan koordinasi dengan staf bagian produksi.
- e. Memberikan instruksi kepada bawahannya untuk mengadakan tugas masing-masing.
- f. Merencanakan jadwal dan kapasitas produksi serta sarana lainnya.
- g. Mengkoordinir dan mengawasi kerja *generalmanager* pabrik dan teknologi sertayg menjadi bawahannya.
- h. Bertanggung jawab langsung kepada Direktur Utama.

5. Direktur Komersil

Direktur komersil bertugas membantu direktur utama dalam hal perencanaan, pengaturan dan pengendalian usaha dan keuangan, pemasaran dan penjualan produk. Direktur komersil dibantu oleh *General Manager* Penjualan, *General Manager* Pemasaran, *General Manager* Administrasi Keuangan dan *General Manager* Perencanaan dan Pengendalian Usaha yang membawahi *manager* dan staff di bagian masing - masing. Dalam menjalankan tugas Direktur Komersil bertanggung jawab terhadap direktur utama dan melakukan koordinasi dengan dewan direksi. Berikut merupakan tugas. Direktur Komersil yaitu sebagai berikut:

1. Mengkoordinir dan mengawasi kerja *general manager* pejualan, *general manager* pemasaran, *general managera* dministrasi keuangan, *general manager* perencanaan dan pengendalian usaha dan yang menjadi bawahannya.

2. Membantu direktur utama dalam perencanaan maupun dalam pelaksanaan kebijaksanaan pokok dalam bidang keuangan, pemasaran dan penjualan produk.
3. Merencanakan, mengendalikan dan mengawasi usaha dan keuangan perusahaan.
4. Menentukan kebijakan terhadap keuangan pabrik agar dapat dikelola secara optimal.
5. Mengkoordinir segala kegiatan yang berhubungan dengan keuangan, pemasaran dan penjualan produk.
6. Menentukan kebijakan pemasaran dan penjualan agar dapat memperoleh hasil optimal.
7. Bertanggung jawab langsung kepada Direktur Utama.

6. Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum

Direktur SDM dan umum bertugas membantu direktur utama dalam melakukan kerja sama dengan pihak luar, pelaksanaan pengelolaan SDM, personalia dan umum. Dalam hal ini direktur SDM dan umum dibantu oleh *General Manager* Sumber Daya Manusia dan *Manager* Keamanan. Dalam menjalankan tugas, direktur sumber daya dan umum bertanggung jawab terhadap direktur utama dan melakukan koordinasi dengan dewan direksi. Berikut merupakan tugas Direktur SDM dan umum yaitu sebagai berikut:

1. Membantu direktur utama dalam perencanaan maupun dalam penelaahan kebijaksanaan pokok dalam bidang kepegawaian, fasilitas bagi karyawan, peningkatan mutu karyawan, pelayanan terhadap masyarakat maupun karyawan serta keamanan pabrik.
2. Mengadakan kegiatan umum bagi masyarakat sebagai bentuk pelayanan dan memperat hubungan baik antara perusahaan dan masyarakat

3. Mengadakan koordinasi yang tepat dengan bagian personalia, umum dan bagian keamanan.
4. Merencanakan, mengkaji dan mengevaluasi kinerja karyawan
5. Mengadakan pelatihan untuk meningkatkan kualitas karyawan perusahaan.
6. Mengkoordinir, mengatur dan mengkaji sistem keamanan perusahaan termasuk keamanan fisik, keselamatan karyawan, fasilitas dan aset.
7. Bertanggung jawab langsung kepada Direktur Utama.

7. Direktur Teknik Dan Pengembangan

Direktur teknik dan pengembangan bertugas membantu direktur utama dalam pelaksanaan pemeliharaan, perencanaan pengembangan peralatan, pengadaan logistik pabrik dan bahan baku produksi, dan *engineering* pabrik. Direktur Teknik dibantu oleh *General Manager* Riset, *General Manager* Pengembangan, *General Manager* *Engineering*, dan *General Manager*. Dalam menjalankan tugas, direktur teknik bertanggung jawab terhadap direktur utama dan melakukan koordinasi dengan dewan direksi. Berikut merupakan tugas Direktur Teknik yaitu sebagai berikut:

1. Membantu direktur utama dalam perencanaan maupun pelaksanaan pemeliharaan dan pengembangan peralatan, pengadaan logistik untuk operasi dan *engineering* pabrik.
2. Menentukan kebijakan *engineering* pabrik agar dapat beroperasi secara optimal.
3. Melakukan pengawasan dan evaluasi terhadap proses dan peralatan produksi.
4. Mengadakan koordinasi yang tepat dengan bagian pemeliharaan dan *engineering*.

5. Melakukan perencanaan jadwal produksi dan menyediakan pelayananlainnya.
6. Mengadakan perbaikan dan pemeliharaan terhadap perlatan produksi
7. Bertanggung jawab langsung kepada Direktur Utama.

8. Biro Pendidikan dan Latihan

Biro pendidikan dan latihan bertugas alam meningkatkan kualitas kinerja karyawan dengan cara mengadakan pelatihan bagi para karyawan dan calon karyawan. Selain itu juga biro ini juga bertugas dalam melakukan kerjasama dengan universitas-universitas dalam hal penelitian dan penelitian mahasiswa.Biro ini dipimpin oleh seorang kepala biro dan bertanggung jawab terhadap kepala kompartemen SDM.

9. Biro Personalia

Biro personalia bertugas untuk mengurus administrasi perusahaan.Bagianini dipimpin oleh seorang kepala biro dan membawahi dua seksi yaitu seksi umum dan seksi personalia yang masing-masing dipimpin oleh kepala seksi. Dalam menjalankan tugas kepala bagian personalia dan umum bertanggung jawab terhadap kepala kompartemen SDM.

10. Departemen Keamanan

Departemen ini bertugas mengawasi penjagaan keamanan dilingkungan pabrik, berwenang menerima dan menolak permohonan izin masuk pabrik. Departemen ini dipimpin oleh seorang departemen dan bertanggung jawab terhadap kepala kompartemen SDM.

11. Satuan Pengawas Intern

Satuan pengawasan intern bertugas mengawasi kegiatan keuangan dan operasional serta bertanggung jawab terhadap hal yang berkaitandengan karyawanserta berkoordinasi dengan dewan direksi. Bagian ini dipimpin

oleh seorang kepala satuan (Kasat) dan membawahi dua seksi yaitu bidang pengawasan administrasi dan bidang pengawasan operasional yang masing-masing dipimpin oleh kepala bidang dan bertanggung jawab terhadap kepala satuan pengawasan intern.

12. Sekertaris Perusahaan

Sekretaris perusahaan bertugas mengawasi dan membawahi biropengadaan, biro humas, biro sekretariat dan hukum, kepala rumah sakit, dan kepala perwakilan Jakarta. Dalam menjalankan tugasnya sekretaris perusahaan bertanggung jawab terhadap direktur keuangan.

13. Departemen Administrasi Keuangan

Kompartemen administrasi keuangan bertugas mengatur dan merencanakan keuangan serta mengawasi administrasi perusahaan dan membawahi biro keuangan, biro akuntansi dan biro anggaran. Bagian ini dipimpin oleh kepala kompartemen yang dalam menjalankan tugasnya bertanggung jawab terhadap direktur keuangan.

14. Departemen Logistik Pemasaran

Kompartemen logistik pemasaran bertugas mengatur dan mengawasi logistik pemasaran perusahaan membawahi departemen distribusi dan sarana pemasaran, serta departemen penyediaan dan pengendalian produk. Bagian ini dipimpin oleh kepala kompartemen yang dalam menjalankan tugasnya bertanggung jawab terhadap direktur hubungan industri.

15. Departemen Pemasaran

Bagian pemasaran bertugas dan mengawasi pemasaran hasil produksi pemasaran produk perusahaan dan membawahi departemen penjualan pupuk wilayah I dan II, departemen penjualan produk non pupuk, dan biro litar dan promosi. Bagian ini dipimpin oleh kepala kompartemen yang dalam menjalankan tugasnya bertanggung jawab terhadap direktur hubungan industri.

16. Departemen Pengembangan

Bagian pengembangan bertugas mengawasi pengembangan perusahaan dan membawahi biro teknologi informasi, biro pengembangan organisasi, dan biro pengembangan. Usaha bagian ini dipimpin oleh kepala kompartemen yang dalam menjalankan tugasnya bertanggung jawab terhadap direktur teknik

17. Departemen *Engineering*

Bagian *engineering* bertugas mengawasi pengembangan teknologi perusahaan dan membawahi departemen prasarana pabrik dan kawasan, biro rancang bangun, dan biro jasa teknik dan konstruksi. Bagian ini

dipimpin oleh kepala kompartemen yang dalam menjalankan tugasnya bertanggung jawab terhadap direktur teknik.

18. Departemen Teknologi Permesinan

Bagian teknologi permesinan bertugas teknologi permesinan perusahaan dan membawahi biro K3, biro lingkungan serta departemen peralatan dan permesinan. Bagian ini dipimpin oleh kepala kompartemen yang dalam menjalankan tugasnya bertanggung jawab terhadap direktur produksi.

19. Departemen Pabrik

Bagian ini bertugas mengawasi dan membawahi departemen produksi serta departemen pemeliharaan. Bagian ini dipimpin oleh kepala kompartemen yang dalam menjalankan tugasnya bertanggung jawab terhadap direktur produksi.

20. *Staff* Utama

Staff utama bertugas melaksanakan perintah atasan dalam menjalankan perusahaan. Dalam menjalankan tugasnya staf utama bertanggung jawab terhadap direktur keuangan.

7.2 Peraturan Perusahaan

7.2.1 Jumlah Karyawan

Perhitungan jumlah karyawan disampaikan pada Lampiran L. Uraian

jumlah karyawan pada masing-masing bagian disampaikan pada Tabel 7.1. Berdasarkan tabel tersebut, total karyawan *shift* adalah 64 orang dan total karyawan *non-shift* adalah 75 orang.

Tabel 7.1 Jumlah Karyawan *Non-Shift* dan *Shift*

No	Jabatan	Non Shift	Shift
1	Pemegang saham	1	-
2	Dewan Komisaris	1	-
3	Direktur Utama	1	-
4	Direktur Produksi	1	-
5	Direktur Pemasaran	1	-
6	Direktur Keuangan	1	-
7	Direktur Teknik dan Pengembangan	1	-
8	Direktur SDM dan Umum	1	-
9	Sekretaris	3	-
Departemen			
	Proses	1	-
	Quality Control	1	-
	Promosi	1	-
	Perencanaan dan Sinergi Pemasaran	1	-
	Pembukuan	1	-
	Pengelolaan Dana	1	-
	Engineering	1	-
	Pemeliharaan	1	-
	Kembang Usaha	1	-
	SDM	1	-
	Umum	1	-
	Pendidikan dan Pelatihan	1	-
Manager			
	K3 dan Lingkungan Hidup	1	-
	Proses	1	-
	Quality Control	1	-
	Promosi	1	-
	Perencanaan dan Sinergi Pemasaran	1	-
	Pembukuan	1	-
	Pengelolaan Dana	1	-
	Engineering	1	-

	Pemeliharaan	1	-
	Kembang Usaha	1	-
	SDM	1	-
	Umum	1	-
	Pendidikan dan Pelatihan	1	-
	Operasi	1	-
Supervisor			
	Proses	1	-
	Quality Control	1	-
	Promosi	1	-
	Perencanaan dan Sinergi Pemasaran	1	-
	Pembukuan	1	-
	Pengelolaan Dana	1	-
	Enginneering	1	-
	Pemeliharaan	1	-
	Kembang Usaha	1	-
	SDM	1	-
	Umum	1	-
	Pendidikan dan Pelatihan	1	-
	Foreman		
	Proses	1	-
	Quality Control	1	-
	Promosi	1	-
	Perencanaan dan Sinergi Pemasaran	1	-
	Pembukuan	1	-
	Pengelolaan Dana	1	-
	Enginneering	1	-
	Pemeliharaan	1	-
	Kembang Usaha	1	-
	SDM	1	-
	Umum	1	-
	Pendidikan dan Pelatihan	1	-
Karyawan			
	Proses	-	21
	Quality Control	-	21
	Promosi	1	
	Perencanaan dan Sinergi Pemasaran	2	
	Pembukuan	3	

	Pengelolaan Dana	3	
	Engineering	-	8
	Pemeliharaan	-	8
	Kembang Usaha	2	
	SDM	1	
	Umum	1	
	Pendidikan dan Pelatihan	2	
	Security	-	6
Jumlah		76	64
Total Karyawan		140	

7.2.2 Sistem Kerja

Pabrik Membran Roll To Roll direncanakan beroperasi 330 hari dalam satu tahun dan proses produksi berlangsung 24 jam per hari. Operasi pabrik membutuhkan pengawasan selama 24 jam sehingga para karyawan diberikan jadwal bergilir (*shift*). Jam kerja dalam 24 jam dibagi dalam tiga *shift* dimana tiap *shift* dibagi masing-masing 8 jam. Sisa 20 hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perawatan, perbaikan, dan *shutdown* pabrik.

Kelancaran produksi dari suatu pabrik sangat dipengaruhi oleh faktor kedisiplinan para karyawan dan akan secara langsung mempengaruhi kelangsungan dan kemajuan perusahaan. Untuk itu seluruh karyawan perusahaan dikenakan absensi. Selain itu, absensi juga digunakan oleh pimpinan perusahaan sebagai salah satu dasar dalam mengembangkan karier para karyawan di dalam perusahaan (Djoko, 2003).

Jadwal kerja di pabrik ini dibagi menjadi dua jenis, yaitu jadwal kerja kantor (jadwal *non shift*) dan jadwal kerja pabrik (*jadwal shift*). Pabrik Membran Roll to Roll akan beroperasi 330 hari selama satu tahun dalam 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan atau *shut down*. Pembagian jam kerja karyawan digolongkan menjadi dua golongan, yaitu :

a. Jadwal Non Shift

Jadwal non shift berlaku untuk karyawan kantor. Dalam satu minggu, jam kantor adalah 40 jam dengan rincian :

Senin – Jumat	: 08.00 - 16.30 WIB
Istirahat	: 12.00 – 13.00 WIB
Sabtu	: 08.00 – 13.30 WIB
Istirahat Sabtu	: 12.00 – 12.30 WIB

b. Jadwal Shift

Jadwal shift diberlakukan pada karyawan yang berhubungan langsung dengan proses produksi seperti pada bagian produksi, mekanik, laboratorium, genset dan elektrik, dan instrumentasi. Jadwal kerja pabrik ini dibagi menjadi tiga shift dan jadwal kerja masing-masing regu shift dijelaskan pada tabel. Jam kerja masing-masing shift yaitu :

Shift I	: 24.00 – 08.00 WIB
Shift II	: 08.00 – 16.00 WIB
Shift III	: 16.00 – 24.00 WIB

Jadwal dibagi berdasarkan jumlah regu atau grup. Pada unit produksi memiliki 4 grup shift yang masing masing bergantian setiap 2 hari. Setiap shift memiliki hak untuk libur 2 hari dalam 8 hari. Jadwal dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 7.2 Jadwal Kerja Masing-masing Regu *Shift*

Regu	Hari Ke													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P
2	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L
3	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S
4	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M

Keterangan : P = Pagi M = Malam S = Siang L = Libur

Setiap karyawan mendapatkan jatah cuti tahunan maksimal 12 hari atau 12 kali cuti setiap tahunnya. Terdapat juga cuti sakit bagi tenaga kerja yang memerlukan istirahat atau rawat inap dengan adanya surat keterangan dokter, cuti hamil selama tiga bulan bagi tenaga kerja wanita, cuti alasan penting dengan adanya kejalasan yang pasti. Pengambilan waktu cuti diatur dengan

mengajukan permohonan maksimal 1 hari sebelumnya untuk pertimbangan pemberian ijin.

7.2.3 Penentuan Gaji karyawan

a. Penggolongan Karyawan

Penggolongan Jabatan Terperinci dalam tabel 7.3 sebagai berikut:

Tabel 7.3 Penggolongan Karyawan

No	Jabatan	Pendidikan
1.	Dewan Komisaris	Hukum / Teknik Kimia / Teknik Industri (S2)
2.	Direktur Utama	Teknik Kimia / Teknik Industri (S2)
3.	Direktur Produksi	Teknik Kimia / Teknik Industri (S2)
5	Direktur Pemasaran	Ekonomi / Manajemen (S2)
6	Direktur Keuangan	Ekonomi / Manajemen (S2)
7	Direktur Teknik dan Pengembangan	Teknik Kimia / Teknik Industri / MIPA Kimia (S2)
8	Direktur SDM dan Umum	Teknik Kimia / Teknik Industri / Ilmu Komunikasi / Psikolog (S2)
9	Sekretaris	Akuntansi / Kesekretariatan (S1)
Departemen		
11	Proses	Teknik Kimia (S1)
12	<i>Quality Control</i>	Teknik Kimia / MIPA Kimia (S1)
13	Promosi	Manajemen / Akuntansi (S1)
14	Perencanaan dan Sinergi Pemasaran	Manajemen / Akuntansi (S1)
15	Pembukuan	Akuntansi / Ekonomi (S1)
16	Pengelolaan Dana	Akuntansi / Ekonomi (S1)

17	Enginneering	Teknik Kimia / Teknik Industri / Teknik Elektro / Teknik Instrumentasi Pabrik / Teknik Mesin (S1)
18	Pemeliharaan	Teknik Industri (S1)
19	R & D	Teknik Kimia / MIPA Kimia (S1)
20	SDM	Ilmu Komunikasi / Psikolog (S1)
21	Umum	Manajemen / Akuntansi (S1)
22	Pendidikan dan Pelatihan	Teknik Kimia / Teknik Industri / Teknik Elektro / Teknik Instrumentasi Pabrik / Teknik Mesin (S1)
Manager		
24	K3 dan Lingkungan Hidup	Teknik Kimia / Teknik Industri / K3 (S1)
25	Proses	Teknik Kimia / Teknik Industri (S1)
26	<i>Quality Control</i>	Teknik Kimia / MIPA (S1)
27	Promosi	Manajemen / Akuntansi (S1)
28	Perencanaan dan Sinergi Pemasaran	Manajemen / Akuntansi (S1)
29	Pembukuan	Akuntansi / Ekonomi (S1)
30	Pengelolaan Dana	Akuntansi / Ekonomi (S1)
31	<i>Engineering</i>	Teknik Kimia / Teknik Industri / Teknik Elektro / Teknik Instrumentasi Pabrik / Teknik Mesin (S1)
32	Pemeliharaan	Teknik Industri (S1)
33	R & D	Teknik Kimia / MIPA Kimia (S1)
34	SDM	Ilmu Komunikasi / Psikolog (S1)

35	Umum	Manajemen / Akuntansi (S1)
36	Pendidikan dan Pelatihan	Teknik Kimia / Teknik Industri / Teknik Elektro / Teknik Instrumentasi Pabrik / Teknik Mesin (S1)
37	Operasi	Teknik Kimia / Teknik Industri (S1)
Supervisor		
39	Proses	Teknik Kimia (S1)
40	<i>Quality Control</i>	Teknik Kimia / MIPA Kimia (S1)
41	Promosi	Manajemen / Akuntansi (S1)
42	Perencanaan dan Sinergi Pemasaran	Manajemen / Akuntansi (S1)
43	Pembukuan	Akuntansi / Ekonomi (S1)
44	Pengelolaan Dana	Akuntansi / Ekonomi (S1)
45	Engineering	Teknik Kimia / Teknik Industri / Teknik Elektro / Teknik Instrumentasi Pabrik / Teknik Mesin (S1)
46	Pemeliharaan	Teknik Industri (S1)
47	Kembang Usaha	Teknik Kimia / MIPA Kimia (S1)
48	SDM	Ilmu Komunikasi / Psikolog (S1)
49	Umum	Manajemen / Akuntansi (S1)
50	Pendidikan dan Pelatihan	Teknik Kimia / Teknik Industri / Teknik Elektro / Teknik Instrumentasi Pabrik / Teknik Mesin (S1)
Foreman		
52	Proses	Teknik Kimia (S1 / D3)

53	Quality Control	Teknik Kimia / MIPA Kimia (S1 / D3)
54	Promosi	Manajemen / Akuntansi (S1 / D3)
55	Perencanaan dan Sinergi Pemasaran	Manajemen / Akuntansi (S1 / D3)
56	Pembukuan	Akuntansi / Ekonomi (S1 / D3)
57	Pengelolaan Dana	Akuntansi / Ekonomi (S1 / D3)
58	Enginneering	Teknik Kimia / Teknik Industri / Teknik Elektro / Teknik Instrumentasi Pabrik / Teknik Mesin (S1 / D3)
59	Pemeliharaan	Teknik Industri (S1 / D3)
60	R & D	Teknik Kimia / MIPA Kimia (S1 / D3)
61	SDM	Ilmu Komunikasi / Psikolog (S1 / D3)
62	Umum	Manajemen / Akuntansi (S1 / D3)
63	Pendidikan dan Pelatihan	Teknik Kimia / Teknik Industri / Teknik Elektro / Teknik Instrumentasi Pabrik / Teknik Mesin (S1 / D3)
Karyawan		
65	Proses	Teknik Kimia (S1 / D3) / Teknik Mesin (D3)
66	Quality Control	MIPA Kimia (D3)
67	Promosi	SMK / SMA / D1
68	Perencanaan dan Sinergi Pemasaran	SMK / SMA / D1
69	Pembukuan	SMK / SMA / D1
70	Pengelolaan Dana	SMK / SMA / D1
71	Enginneering	SMK / SMA / D1

72	Pemeliharaan	SMK / SMA / D1
73	Kembang Usaha	SMK / SMA / D1
74	SDM	SMK / SMA / D1
75	Umum	SMK / SMA / D1
76	Pendidikan dan Pelatihan	SMK / SMA / D1
77	Kepala seksi keamanan	Pensiunan TNI
78	<i>Security</i>	SMP / SMK / SMA / D1
79	Petugas Kebersihan	SMP / SMA
80	Supir	SMA / SMK
81	Dokter	Sarjana Kedokteran (S1)
82	Perawat	Akademi Keperawatan (D3)

b. Rincian Jumlah Karyawan dan Gaji

Penentuan gaji karyawan didasarkan pada jabatan, tingkat pendidikan, pengalaman kerja, keahlian, dan resiko kerja. Sistem gaji karyawan dibagi menjadi 3 golongan yaitu :

a. Gaji Bulanan

Gaji bulanan diberikan kepada karyawan tetap dan besaran gaji sesuai dengan peraturan perusahaan.

b. Gaji Harian

Gaji harian diberikan kepada karyawan tidak tetap / buruh harian.

c. Gaji Lemburan

Gaji lemburan diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja (*overtime*) yang telah ditetapkan dan besarnya sesuai dengan peraturan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor:Kep.234/Men/2003 pasal 9 dan 10.

Penentuan gaji karyawan disampaikan pada Lampiran M.

c. Jaminan Sosial Karyawan

Jaminan sosial merupakan jaminan yang diterima oleh karyawan apabila terjadi suatu hal yang bukan kesalahannya. Ruang lingkup jaminan sosial

sesuai dengan Undang – undang Nomor 24 Tahun 2011 yaitu peraturan pelaksanaan perusahaan untuk mengikutsertakan setiap karyawan dalam program Jaminan Sosial Ketenagakerjaan yang meliputi Jaminan Hari Tua (JHT), Jaminan Kecelakaan Kerja (JKK), Jaminan Kematian (JKM), dan Program Bantuan Kesehatan oleh perusahaan.

Iuran karyawan dilakukan untuk jaminan kerja, jaminan kematian, dan jaminan pemeliharaan kesehatan ditanggung sepenuhnya oleh perusahaan. Iuran jaminan hari tua sebesar 3% (perusahaan 1% dan karyawan 2% dari gaji sebulan). Untuk perhitungan iuran dapat berubah dengan ketetapan pemerintah yang berlaku.

Selain upah resmi, perusahaan juga memberikan beberapa fasilitas kepada setiap tenaga kerja diantaranya :

- a. Fasilitas cuti tahunan, diberikan kepada masing – masing karyawan selama 12 hari kerja dan diatur dengan mengajukan permohonan satu minggu sebelumnya dan dipertimbangkan ijinnya.
- b. Tunjangan hari raya dan bonus, tunjangan hari raya diberikan satu kali setahun sebesar 1 kali upah dalam satu bulan dan bonus diberikan kepada karyawan berdasarkan prestasi yang telah diraih.
- c. Kenaikan gaji dengan memperhatikan besarnya inflasi, prestasi kerja dan lain – lain. Besar gaji karyawan berdasarkan pada golongan dan jabatan karyawan satu bulan sekali.
- d. Fasilitas asuransi tenaga kerja, meliputi tunjangan kecelakaan kerja dan tunjangan kematian yang diberikan kepada keluarga tenaga kerja yang meninggal yang disebabkan oleh kecelakaan sewaktu bekerja maupun di luar pekerjaan.
- e. Pelayanan kesehatan secara gratis diberikan kepada karyawan di dalam pabrik.
- f. Penyediaan sarana transportasi dan bus karyawan.

- g. Penyediaan kantin dan tempat ibadah.
- h. Penyediaan APD bagi setiap karyawan.
- i. Fasilitas kendaraan untuk manajer.
- j. Family gathering party setiap satu tahun sekali.
- k. Bonus 1% dari keuntungan perusahaan dan didistribusikan untuk seluruhkaryawan.

BAB 8

ANALISIS EKONOMI

Analisa ekonomi merupakan salah satu parameter apakah suatu pabrik tersebut layak didirikan atau tidak. Untuk menentukan kelayakan suatu pabrik secara ekonomi, diperlukan perhitungan bahan baku yang dibutuhkan dan produk yang dihasilkan menurut neraca massa yang tercantum di Bab IV. Harga peralatan untuk proses berdasarkan spesifikasi peralatan yang dibutuhkan, seperti yang tercantum pada Lampiran M dihitung berdasarkan neraca massa dan energi. Selain yang disebutkan diatas, juga diperlukan analisa biaya untuk beroperasi dan utilitas, jumlah dan gaji karyawan serta pengadaan lahan untuk pabrik.

Dalam pra rancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan (*estimation*) tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik, dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk didirikan. Dalam evaluasi ekonomi ini faktor - faktor yang ditinjau adalah:

1. *Return On Investment* (ROI).
2. *Pay Out Time* (POT).
3. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFR).
4. *Break Even Point* (BEP).
5. *Shut Down Point* (SDP).

Sebelum dilakukan analisa terhadap kelima faktor tersebut, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap beberapa hal sebagai berikut:

- 1) Penentuan modal industri (*Total Capital Investment*) Meliputi :
 - a) Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b) Modal kerja (*Working Capital Investment*)

- 2) Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*) Meliputi :
 - a) Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b) Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)
- 3) Pendapatan modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap:

- a) Biaya tetap (*Fixed Cost*)
- b) Biaya variabel (*Variable Cost*)
- c) Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

8.1 Penaksiran Harga Peralatan

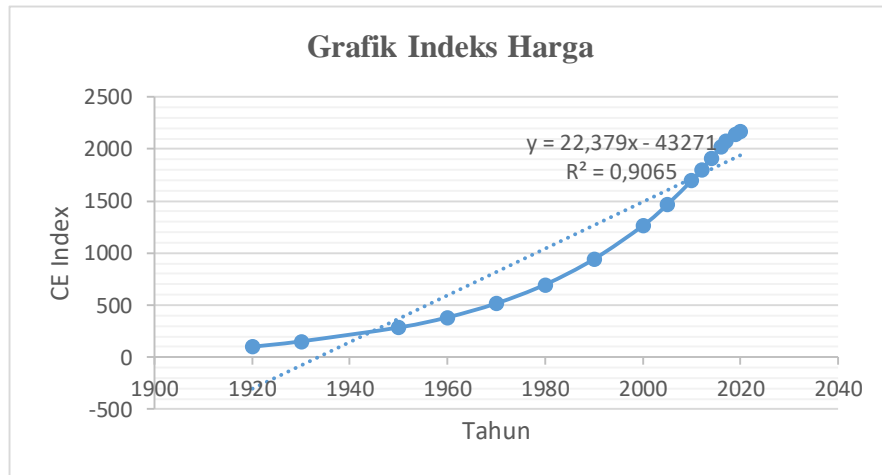
Harga peralatan proses selalu mengalami perubahan setiap tahun tergantung pada kondisi ekonomi yang ada. Untuk mengetahui harga peralatan yang ada sekarang, dapat ditaksir dari harga tahun lalu berdasarkan indeks harga.

Tabel 8.1 Harga Indeks

Tahun	Index M&S	Tahun	Index M&S
1920	100	2005	1464,1
1930	152,1	2010	1695,1
1950	285,2	2012	1798,1
1960	382,6	2014	1906,8
1970	516,5	2016	2020,8
1980	697,2	2017	2081,6
1990	941,4	2019	2144,9
2000	1262	2020	2171,6

sumber : international journal of heat and technology "use of air cooled condenser in biomass power plants: a case study in cuba"

Berdasarkan data harga indeks tiap tahun tersebut, kemudian dilakukan regresi linear untuk mendapatkan harga indeks pada tahun perancangan pabrik yaitu tahun 2026. Regresi linear dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 8.1 Grafik Indeks Harga

Dengan menggunakan persamaan diatas dapat dicari harga indeks pada tahun perancangan, dalam hal ini pada tahun 2023 adalah :

Tabel 8.2 Harga Indeks Tahun Perancangan

Tahun	Indeks
2014	1906,8
2026	2002,53

Harga – harga alat dan lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dengan referensi (Peters dan Timmerhaus, pada tahun 1990 dan Aries dan Newton, pada tahun 1955). Maka harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan (1) :

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny} \tag{1}$$

Dalam hubungan ini:

Ex : Harga pembelian pada tahun 2014

Ey : Harga pembelian pada tahun referensi

Nx : Index harga pada tahun 2014

Ny : Index harga pada tahun referensi

Apabila suatu alat dengan kapasitas tertentu ternyata tidak memotong kurva spesifikasi. Maka harga alat dapat diperkirakan dengan persamaan (2) :

$$E_b = E_a \left(\frac{C_b}{C_a} \right)^{0,6} \quad (2)$$

Dimana :

Ea = harga alat a

Eb = harga alat b

Ca= Kapasitas alat a

Cb = Kapasitas alat b

(Aries dan Newton, 1955)

8.2 Perhitungan Biaya

Dalam penentuan biaya ekonomi suatu pabrik diperlukan dasar dari perhitungan. Berikut merupakan dasar perhitungan dalam menentukan analisa ekonomi pada pabrik membran :

Tabel 8.3 Dasar Perhitungan Analisa Ekonomi

Kapasitas produksi <i>Membran</i>	30.000 ton/tahun
Satu tahun operasi	330 hari
Umur pabrik	10 tahun
Pabrik didirikan pada tahun	2026

Kurs mata uang	1 US\$ = Rp 15.008,- (25/07/2021)
Harga bahan baku (Natrium Hidroksida)	Rp 7.081.903.887.596
Harga bahan baku (Potassium Titanium Oxalate)	Rp 2.961.109.030,34
Harga bahan baku (Asam Sitrat)	Rp 54.856.537.585,24
Harga bahan baku (Kain)	Rp 1.805.885.491.337
Katalis (Hidrogen Peroksida)	Rp 3.370.632.155,30
Urea	Rp 4.013.078.869.638
Kapas	Rp. 240.784.732.178,25
Harga Jual	Rp 86.153.164

8.2.1 *Capital Investment*

Modal atau *capital investment* adalah sejumlah uang yang harus disediakan untuk mendirikan dan menjalankan suatu pabrik. Modal biasanya didapatkan dari uang sendiri dan bisa juga berasal dari pinjaman dari bank. Perbandingan jumlah uang sendiri atau *equity* dengan jumlah pinjaman dari bank tergantung dari perbandingan antara pinjaman dan uang sendiri yaitu dapat sebesar 30:70 atau 40:60 atau kebijakan lain tentang rasio modal tersebut. Karena penanaman modal dengan harapan mendapatkan keuntungan dari modal yang ditanamkan, maka ciri-ciri investasi yang baik adalah:

- a) Investasi cepat kembali.
- b) Aman, baik secara hukum, teknologi, dan lain sebagainya.
- c) Menghasilkan keuntungan yang besar (maksimum).

Ada 3 macam *capital investment*, yaitu:

1. *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan

fasilitas – fasilitas pabrik. FCI terbagi menjadi direct cost dan indirect cost.

a) Direct Cost

Direct cost merupakan modal yang dikeluarkan untuk pengadaan peralatan pembuatan produksi, antara lain adalah mesin, alat tambahan, perpipaan, perlistrikan, alat ukur, pengerjaan tanah hingga pendirian bangunan. Berikut merupakan tabel perhitungan nilai *direct cost*.

Tabel 8.4 Nilai Direct Cost

No	Komponen Biaya	Biaya
1	Harga peralatan (1)	55.761.331.359
2	Instalasi (0,47 harga peralatan)	26.207.825.739
3	Instrumentasi dan alat control (0,18 harga peralatan)	10.037.039.645
4	Perpipaan terpasang (0,66 harga peralatan)	36.802.478.697
5	Listrik terpasang (0,11 harga peralatan)	6.133.746.449
6	Bangunan	17.000.000.000
7	Pengembangan lahan (0,1 harga peralatan)	5.576.133.136
8	Fasilitas pelayanan(0,53 harga peralatan)	29.553.505.602
9	Tanah	18.000.000.000
Total direct cost		205.072.060.645

b) Indirect Cost

Indirect cost merupakan biaya yang dikeluarkan untuk konstruksi pabrik, overhead konstruksi dan bagian pabrik yang tidak berhubungan langsung dengan pengadaan peralatan proses produksi. Menurut Peter and Timmerhaus, direct cost jumlahnya lebih besar dibandingkan dengan indirect cost. Berikut merupakan tabel hasil perhitungan nilai indirect cost

Tabel 8.5 Nilai *Indirect Cost*

No	Komponen Biaya	Biaya
1	Engineering (0,33 harga peralatan)	18.401.239.348
2	Biaya konstruksi (0,41 harga peralatan)	22.862.145.857
3	Kontraktor 0,05(DC+IC)	14.490.320.344
4	Biaya tak terduga 0,1(DC+IC)	28.980.640.688
Jumlah		84.734.346.238

2. *Working Capital Investment*

Working Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu. Nilai *Working Capital Investment* pabrik membrane sebesar 51.142.307.097

3. Total Capital Investment

Total Capital Investment adalah Jumlah *Fixed Capital Investment* dan *Working Capital Investment*. Sehingga didapatkan nilai TCI sebesar 1.366.510.000.000.

8.2.2 *Manufacturing Cost*

Manufacturing cost merupakan biaya yang harus dikeluarkan untuk mengolah bahan baku menjadi bahan jadi, yang terdiri dari :

a) *Direct Production Cost*

Direct Cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk meliputi biaya raw material, utility, operating labor, dan operating supervision

b) *Fixed Charges*

Fixed Cost adalah biaya – biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung waktu dan tingkat produksi yang meliputi depresiasi, pajak, asuransi.

Tabel 8.6 Nilai *Fixed Charges*

No	Komponen Biaya	Biaya
1	Asuransi (0,01 FCI)	2.898.064.069
2	Depresiasi (10%peralatan+2%bangunan)	340.000.000,00
3	Pajak lokal (0,01 FCI)	2.898.064.069
4	Bunga (15% modal pinjaman)	17.388.384.413
Total biaya produksi tetap (fixed cost)		23.524.512.551

8.2.3 *General Expenses*

General Expense atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran–pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *Manufacturing Cost*. *General Expense* meliputi:

1) Administrasi

Biaya yang termasuk dalam administrasi adalah *management salaries, legal fees and auditing*, dan biaya peralatan kantor. Besarnya biaya administrasi diperkirakan 2-3% hasil penjualan atau 3-6% dari *manufacturing cost*.

2) Sales

Pengeluaran yang dilakukan berkaitan dengan penjualan produk, misalnya biaya distribusi dan iklan. Besarnya biaya *sales* diperkirakan 3-12% harga jual atau 5-22% dari *manufacturing cost*. Untuk produk standar kebutuhan *sales expense* kecil dan untuk produk baru yang perlu diperkenalkan *sales expense* besar.

3) Riset

Penelitian diperlukan untuk menjaga mutu dan inovasi ke depan. Untuk industri kimia, dana riset sebesar 2,8% dari hasil penjualan.

Tabel 8.7 Nilai Perhitungan *General Expense*

No	Komponen biaya	Biaya real
1	Distribusi dan pemasaran (0,1 TPC)	Rp11.161.400.000
2	Litbang (0,05 TPC)	Rp 55.806.900.000
3	Administrasi (0,08 TPC)	Rp 66.968.200.000
4	Financing (0,1 TCI)	Rp34.094.871.398
Total biaya umum		Rp. 237.798.000.000

8.3 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan digunakan untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak secara ekonomi, Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah:

8.3.1 Percent Return On Investment

Return On Investment adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan. Jumlah uang yang diperoleh atau hilang tersebut dapat disebut bunga atau laba/rugi. Nilai ROI pada pabrik membran didapatkan sebesar 47,3 %

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100 \% \quad (3)$$

8.3.2 Pay Out Time (POT)

Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *Capital Investment* dengan *profit* sebelum dikurangi depresiasi. Waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas

dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan. Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali. Pay Out Time pada pabrik membran setelah pajak yaitu 21 bulan.

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Keuntungan Tahunan} + \text{Depresiasi})} \times 100 \% \quad (4)$$

8.3.3 Break Even Point (BEP)

Break Even Point merupakan titik impas produksi yaitu suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian. Jadi dapat dikatakan bahwa perusahaan yang mencapai titik *break even point* ialah perusahaan yang telah memiliki kesetaraan antara modal yang dikeluarkan untuk proses produksi dengan pendapatan produk yang dihasilkan.

Kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi dibawah BEP dan akan untung jika beroperasi diatas BEP. Salah satu tujuan utama perusahaan adalah mendapatkan keuntungan atau laba secara maksimal bisa dilakukan dengan beberapa langkah sebagai berikut:

1. Menekan sebisa mungkin biaya produksi atau biaya operasional sekecilkecilnya, serendah-rendahnya tetapi tingkat harga, kualitas, maupun kuantitasnya tepat dipertahankan sebisanya.
2. Penentuan harga jual sedemikian rupa menyesuaikan tingkat keuntungan yang diinginkan/dikehendaki.
3. Volume kegiatan ditingkatkan dengan semaksimal mungkin.

$$BEP = \frac{(Fa + 0,3 Ra)}{(Sa - Va - 0,7 Ra)} \times 100 \% \quad (5)$$

Dimana

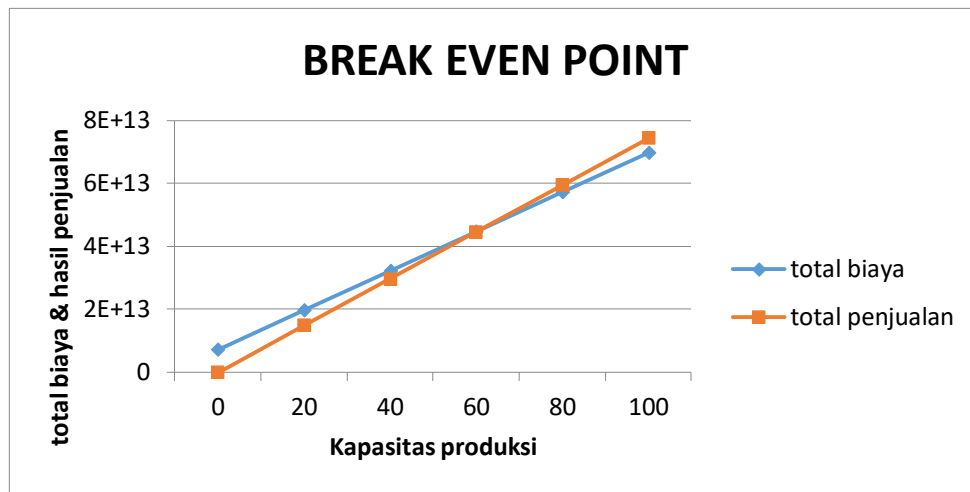
Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

Berikut merupakan grafik nilai Break Even Point pada pabrik membrane:



Gambar 8.2 Grafik Nilai BEP

8.3.4 Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point merupakan suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit). Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup. Nilai Shut Down Point pabrik membran sebesar : 47,6 %

$$SDP = \frac{(0,3 Ra)}{(Sa - Va - 0,7 Ra)} \times 100 \% \quad (6)$$

8.3.5 Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)

Discounted Cash Flow Rate of Return adalah salah satu metode untuk menghitung prospek pertumbuhan suatu instrument investasi dalam beberapa waktu kedepan. Konsep DCFR ini didasarkan pada pemikiran bahwa, jika anda menginvestasikan sejumlah dana, maka dana tersebut akan tumbuh sebesar sekian persen atau mungkin sekian kali lipat setelah beberapa waktu tertentu. Disebut '*discounted cash flow*' atau ' arus kas yang terdiskon', karena cara menghitungnya adalah dengan mengestimasi arus dana dimasa mendatang untuk kemudian di *cut*

dan menghasilkan nilai tersebut pada masa kini. Biasanya seorang investor ingin mengetahui bahwa jika dia menginvestasikan sejumlah dana pada suatu instrumen investasi tertentu, maka setelah kurun waktu tertentu (misalnya setahun), dana tersebut akan tumbuh menjadi berapa. Untuk menghitungnya, maka digunakan Persamaan DCFR :

$$(FC+WC)(1+i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (1+i)^N + WC + SV \quad (7)$$

Dimana:

FC : Fixed capital

WC : Working capital

SV : Salvage value

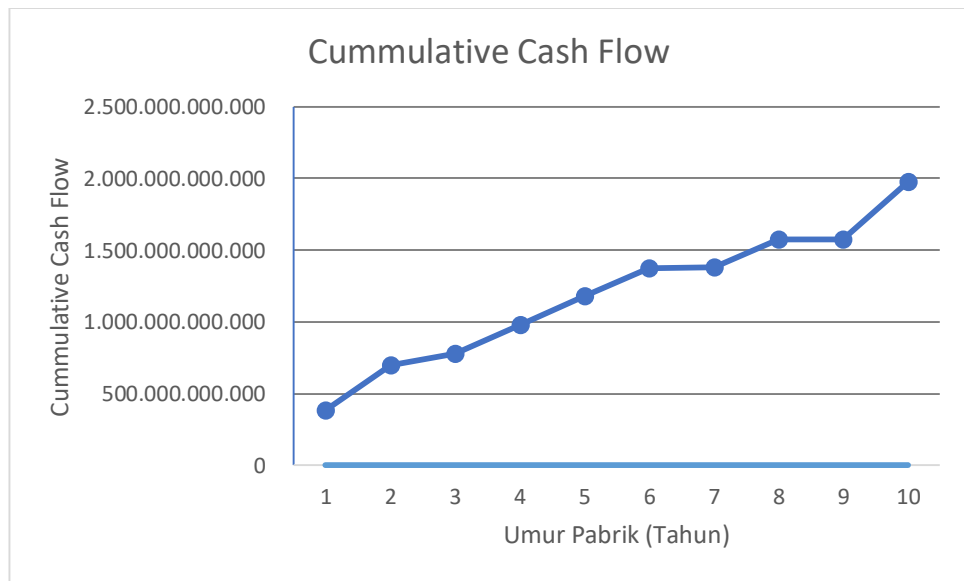
C : Cash flow

: profit after taxes + depresiasi + finance n : Umur pabrik = 10 tahun

I : Nilai DCFR

8.3.6 Cumulative Net Present Value

Cumulative Net Present Value merupakan analisis keuangan yang digunakan untuk menentukan kelayakan usaha yang dilakukan oleh perusahaan berdasarkan nilai saat ini dari arus kas bersih yang akan diterima oleh perusahaan yang bersangkutan dibandingkan dengan nilai sekarang dari modal investasi yang dikeluarkan perusahaan. Kurva hubungan CNPV terhadap tahun dapat menunjukkan waktu pay back period. Kurva CNPV terhadap waktu disampaikan pada Gambar 8.3.



Gambar 8.3 Grafik Hubungan antara Tahun dan CNPV

Berdasarkan Gambar tersebut, pay back period adalah 1 tahun 6 bulan. Pada tahun ke-9 hingga ke-10 mengalami penurunan nilai CNPV. Hal ini karena pada tahun ke-9 dan ke-10 pabrik melakukan evaluasi untuk peningkatan kapasitas.

8.3.7 Internal Rate of Return (IRR)

Internal Rate of Return (IRR) adalah metode perhitungan investasi dengan menghitung tingkat bunga yang menyamakan nilai sekarang investasi dengan nilai sekarang dari penerimaan-penerimaan kas bersih dimasa datang. Internal rate of return dapat dihitung menggunakan cara discounted cash flow, yaitu cash flow yang sama diproyeksikan pada masa sekarang. Besar dari discounted cash flow setiap tahun dapat dihitung seperti yang terlihat pada persamaan berikut:

$$P = \sum \frac{CF_n}{(1 + i)^n}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh IRR sebesar 63,27 % per tahun. Nilai tersebut lebih besar dari nilai bunga pinjaman modal pada bank. Hal tersebut menunjukkan bahwa pabrik layak untuk didirikan.

BAB IX

KESIMPULAN

Kunci keberhasilan suatu industri tergantung pada cara proses, pengolahan, manajemen dan pemasaran produk. Pra-Perancangan Pabrik Membran melalui metode *roll to roll* dengan bahan baku NaOH ini direncanakan akan didirikan di Kabupaten Lamongan, Jawa Timur dengan kapasitas 30.000 ton/tahun. Pembuatan membrane ini menggunakan proses *immersion Precipitation*. Bahan utama yang digunakan dalam pembuatan membran adalah NaOH, TiO₂, Urea, asam sitrat. Bahan utama yang melimpah di sekitar Kabupaten Lamongan dan biaya UMR yang murah serta tersedianya pihak ke-3 pengolahan limbah yang sangat dekat merupakan salah satu alasan Pra-perancangan Pabrik Membran didirikan. Sesuai perhitungan Analisa ekonomi, dapat diketahui :

- a. Internal rate of return (IRR) pabrik ini terhitung 63,27 %
- b. Pay out time (POT) untuk pabrik ini adalah 21 bulan
- c. Break even point (BEP) adalah 49 %

Berdasarkan perhitungan analisis ekonomi di atas, maka prarancangan pabrik *membran* dengan kapasitas produksi 30.000 ton/tahun cukup memungkinkan untuk dilanjutkan ke tahap perancangan selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adham, S., Hussain, A., & Minier-Matar, J. (2018). Membrane Applications and Opportunities for Water Management In the Oil & Gas Industry. *Desalination*, 2-17.
- Ahmad, A.L., M.F. Chong, and S. Bhatia. 2009. A comparative study on the membrane based palm oil mill effluent POME. Treatment plant. *Journal of Hazardous Materials* 171:166-174
- Ahmad, A.L., S. Ismail, and S. Bhatia. 2003. Water recycling from palm oil mill effluent POME. Using membrane technology. *Desalination* 157:87-95
- Andina K. 2017. Pemisahan Minyak/Air dengan Teknologi Membran dalam Pengolahan Air Limbah. *Teknik Kimia*, ITB.
- Apel, P. (2001). Track etching technique in membrane technology. *Radiation measurements*, 34(1-6), 559-566.
- Apel, P. Y. (2013). Track-Etching. *Encyclopedia of membrane science and technology*, 1-25.
- Azmi, N. S., & Yunos, K. F. (2014). Wastewater Treatment of Palm Oil Mill Effluent (POME) By Ultrafiltration Membrane Separation Technique Coupled With Adsorption Treatment As Pre-treatment. *Agriculture and Agriculture Science Procedia*, 257-264.
- Boots, H. M. J., Kloosterboer, J. G., Serbutoviez, C., & Touwslager, F. J. (1996). Polymerization-Induced Phase Separation. 1. Conversion-Phase Diagrams. *Macromolecules*, 29(24), 7683-7689.
- E. Gouaux and R. MacKinnon, 2005, *Science*, 310, 1461–1465
- E. L. Wittbecker and P. W. Morgan, J. Polym. 1959. *Science* , 40, 289–297.

- Gleadow, A. J. W. (1978). Anisotropic and variable track etching characteristics in natural sphenes. *Nuclear Track Detection*, 2(2), 105-117.
- Harijari B. Harjono, 31 Agustus 1999 "Overview Teknologi Membran di Indonesia", Jakarta. Workshop Nasional Pengembangan Teknologi Membran dan Aplikasinya di Indonesia, BPPT.
- Huang, J. Y., Li, S. H., Ge, M. Z., Wang, L. N., Xing, T. L., Chen, G. Q., ... & Lai, Y. K. (2015). Robust superhydrophobic TiO₂@ fabrics for UV shielding, self-cleaning and oil–water separation. *Journal of Materials Chemistry A*, 3(6), 2825-2832.
- Ismail, A. F. et al. 2002. Latest development on the membrane formation for gas separation. *Membran science & Technology*, 24: 1025- 1043
- J. Ji, R. F. Childs and M. Mehta, J. 2001. *Membrane Science.*, 192, 55–70.
- J. Ji and M. Mehta. 2001. *Science*. 192, 41–54
- J. Ji, J. M. Dickson, R. F. Childs and B. E. McCarry, 2000, *Macromolecules*, 33, 624–633.
- Kaseno, 31 Agustus 1999 "Teknologi Membran : Prinsip Dasar, Pembuatan dan Aplikasinya", Jakarta. Workshop Nasional Pengembangan Teknologi Membran dan Aplikasinya di Indonesia, BPPT.
- Kaur, S., Sundarrajan, S., Rana, D., Matsuura, T., & Ramakrishna, S. (2012). Influence of electrospun fiber size on the separation efficiency of thin film nanofiltration composite membrane. *Journal of Membrane Science*, 392, 101-111.
- Lalia, B. S., Kochkodan, V., Hashaikeh, R., & Hilal, N. (2013). A review on

membrane fabrication: Structure, properties and performance

relationship. *Desalination*, 326, 77-95.

Li, K., Zhang, Y., Xu, L., Zeng, F., Hou, D., & Wang, J. (2018). Optimizing stretching conditions in fabrication of PTFE hollow fiber membrane for performance improvement in membrane distillation. *Journal of Membrane Science*, 550, 126-135.

Machfudzoh, M., Fansuri, H., Purwanti, E.(2014). Pengaruh Suhu Sintering Terhadap Morfologi dan Sifat Mekanik Membran Rapat Asimetris CaTiO₃. *Jurnal Sains dan Seni POMITS*, 1, 1-5.

M. F. Jimenez-Solomon, Q. Song, K. E. Jelfs, M. MunozIbanez and A. G. Livingston, 2016. *Nat. Mater.*, , 15, 760–767.

Mulder, M. (1992). *Basic Principles of Membrane Technology*. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers

Mulder, M. 1996. *Basic principles of Membrane Technology*, 2nd ed., kluwer Academic Publisher, Dordrecht.

Mudjiono, Amir Rush, Herr Siswono: 2019 “PROSES PEMBUATAN MEMBRAN DENGAN ION TRACK ETCHING”.Jakarta.BATAN

Negi, V., Wodo, O., van Franeker, J. J., Janssen, R. A., & Bobbert, P. A. (2018). Simulating phase separation during spin coating of a polymer–fullerene blend: A joint computational and experimental investigation. *ACS Applied Energy Materials*, 1(2), 725-735.

Plisko, T. V., Penkova, A. V., Burts, K. S., Bildyukevich, A. V., Dmitrenko, M. E., Melnikova, G. B., Missyul, A. B. (2019). Effect of Pluronic F127 on porous

and dense membrane structure formation via non-solvent induced and evaporation induced phase separation. *Journal of Membrane Science*, 580, 336-349.

Qi, H., Yang, Q., Zhang, L., Liebert, T., & Heinze, T. (2011). The dissolution of cellulose in NaOH-based aqueous system by two-step process. *Cellulose*, 18(2), 237-245.

Radovanovic, P., Kellner, M., Matovic, J., Liska, R., & Koch, T. (2012).

Asymmetric membranes with interpenetrating proton-conducting morphology made by a combination of immersion precipitation and photopolymerization. *Journal of membrane science*, 401, 254-261.

Sitorus YR dan Mardina V. 2020. Karakteristik Kimia dari Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit PTPN Y. *Jurnal Environment Sciemce*, 4 (2) : 58-66

Song, Yongyang, Fan, J-B, Wang, Shutao. 2017. *Recent Progress in Interfacial Polymerization*. Material Chemistry Frontiers

Tan, X., Liu, Y., Li, K. (2005). Preparation of LSCF Ceramic Hollow-Fiber Membranes for Oxygen Production by a Phase-Inversion / Sintering Technique, 61–66.

Ukrainsky, B., & Ramon, G. Z. (2018). Temperature measurement of the reaction zone during polyamide film formation by interfacial polymerization. *Journal of Membrane Science*, 566, 329-335.

Vainrot N., et al.,(2021). New Preparation Methods for Pore Formation on Polysulfone Membranes. Schulich Faculty of Chemistry, Technion-Israel Institute of Technology

- Wang, K. Y., Chung, T. S., & Amy, G. (2012). Developing thin-film-composite forward osmosis membranes on the PES/SPSf substrate through interfacial polymerization. *AIChE journal*, 58(3), 770-781.
- Wenten, I.G. 2002. Recent development in membrane science and its industrial applications. *J Sci Technol Membrane Sci Technol*. 24, 1010-1024
- West, A. R. (1984), *Solid State Chemistry and Its 57 Applications*. New York: John Willey and Sons.
- Yuna, R.; Mardina, V. Evaluation of The Chemical Characteristics of Palm Oil Liquid Waste In Factory. *Jurnal Biologica Samudra* 2019, 1 (1), 1 – 8.
- Zhang, X., Chan-Yu-King, R., Jose, A., & Manohar, S. K. (2004). Nanofibers of polyaniline synthesized by interfacial polymerization. *Synthetic Metals*, 145(1), 23-29.
- Zhang, Y., Su, Y., Peng, J., Zhao, X., Liu, J., Zhao, J., & Jiang, Z. (2013). Composite nanofiltration membranes prepared by interfacial polymerization with natural material tannic acid and trimesoyl chloride. *Journal of Membrane Science*, 429, 235-242.
- Zulfikar, dkk. Synthesis and characterization of poly(methyl methacrylate)/SiO₂ hybrid membranes: Effect of solvents on structural and thermal properties. *Journal of Applied Polymer Science*. 99: 3163-3171.

LAMPIRAN A

PERHITUNGAN ANALISIS KEUNTUNGAN KOTOR

$$\begin{aligned}
 \text{Total Penjualan} &= \sum \text{Harga Produk} \times \text{Kapasitas produk} \\
 &= \text{Rp}86.153.164 \quad \times \quad 11.135.250 \\
 &= \text{Rp}959.337.019.531.951 \quad \text{per 10 tahun}
 \end{aligned}$$

Komposisi	Bahan Baku	Jumlah/kg	Biaya/kg
42%	NaOH	4.701.195	Rp4.000
10%	PTO	1.082.528	Rp300.160
5%	Asam sitrat	587.649	Rp15.158
4%	H2O2	454.449	Rp38.000
35%	Urea	3.917.662	Rp9.000
1%	Kapas	78.353	Rp30.000
3%	Kain	313.413	Rp450.000
total			

Lanjutan

Total Biaya
18.804.779.194
324.931.741.241
8.907.588.845
17.269.055.560
35.258.960.990
2.350.597.399
141.035.843.958
548.558.567.188

Perhitungan Gross Profit Margin (GPM)

$$\text{GPM} = \frac{\text{Total penjualan} - \text{total biaya bahan baku}}{\text{Total penjualan}}$$

$$\text{GPM} = \text{Rp}0,9994 \text{ m2 produk}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Margin Keuntungan} &= \text{GPM} \times 100\% \\
 \text{Kotor} &= 99,94281899
 \end{aligned}$$

Data massa bahan	
NaOH	30
PTO	6,908
Asam sitrat	3,75
H2O2	2,9
Urea	25
Kapas	0,5
Kain	2
Massa total	71,058

Fraksi Massa	
NaOH	0,422190323
PTO	0,097216358
Asam sitrat	0,05277379
H2O2	0,040811731
Urea	0,351825269
Kapas	0,007036505
Kain	0,028146022
Total	1

LAMPIRAN B
PERHITUNGAN KAPASITAS PABRIK

Diketahui data sebagai berikut :

Air Limbah	2212 km ³	2E+18 liter/tahun
Produksi CPO	47180000 ton	
POME (Palm Oil Mill Effluent)	165130000 m ³	2E+11 liter/tahun
Jumlah limbah		2E+18 liter/tahun

Kemampuan membran dalam sekali paka	600000 m ³	600000000 liter
Kebutuhan membran	3,687E+09 buah	
Luas permukaan membran	7,6 m ²	3E+10 m ² /tahun

jadi kebutuhan membran di indonesia sebanyak 28.018.668.758 m²/tahun

Asumsi penggunaan membran filtrasi	0,27%	75000000 m ² /tahun	141.725 rol/tahun
		30000000 kg/tahun	18 rol/jam
		30000 ton/tahun	3.787,8788 kg/jam
		0,01 ton/detik	
		9,65 kg/detik	
Grammature textile		0,4	

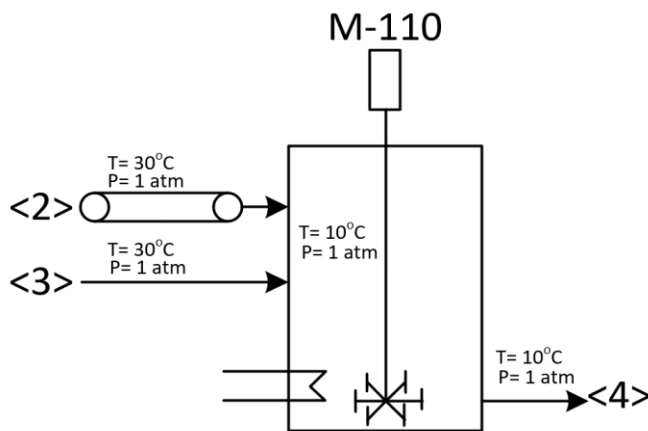
sehingga kapasitas produksi pabrik membran metode roll to roll sebanyak 30.000 ton/tahun

LAMPIRAN C
PERHITUNGAN NERACA MASSA

- | | | |
|-----------------------|-------------|-------------|
| 1. Kapasitas produksi | = 30.000 | ton/tahun |
| | = 57.452,57 | kg/jam |
| 2. Hari kerja | = 330 | hari/tahun |
| 3. Jam kerja | = 24 | jam operasi |
| 4. Basis perhitungan | = 1 | jam operasi |

1. Tangki Pelarutan NaOH (M-110)

Fungsi = Untuk Melarutkan NaOH dengan air

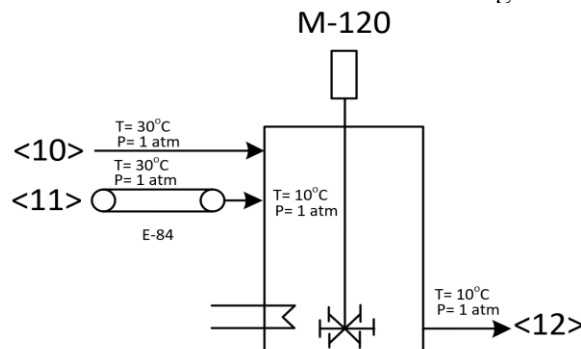


Tabel E.1 Neraca Massa Tangki Pelarutan NaOH (M-110)

Komponen	Inlet				Outlet	
	<3>		<2>		<4>	
	x mass	massa	x mass	massa	x mass	massa
H ₂ O	1	109133,38	0	0,00	0,80	109133,38
NaOH	0	0	1	27283,34	0,20	27283,34
Sub Total	1	109133,38	1	27283,34	1,00	136416,72
Total		136416,72		136416,72		136416,72

2. Tangki Pelarutan Asam sitrat (M-120)

Fungsi = Untuk Melarutkan Asam sitrat dengan air



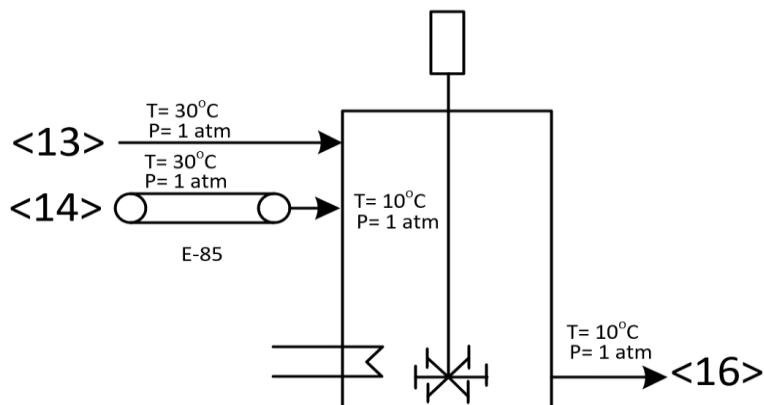
Tabel E.2 Neraca Massa Tangki Pelarutan Asam sitrat (M-110)

Komponen	Inlet				Outlet	
	<10>		<11>		<12>	
	x mass	massa	x mass	massa	x mass	massa
H ₂ O	1	50182,82	0	0,00	0,97	50182,82
Asam sitrat	0	0,00	1	1446,20	0,03	1446,20
Sub Total	1	50182,82	1	1446,20	1,00	51629,02
Total	51629,02				51629,02	

3. Tangki Pelarutan Potassium Titanium Oxalate (M-130)

Fungsi = Untuk Melarutkan Potassium Titanium Oxalate dengan air

M-130



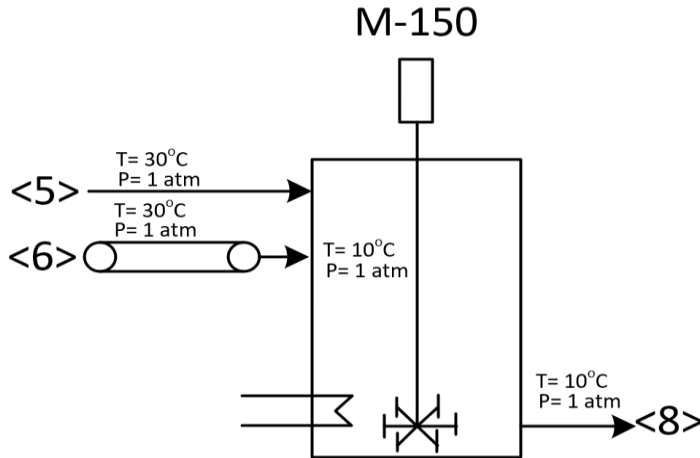
Tabel E.3 Neraca Massa Tangki Pelarutan Potassium Titanium Oxalate (M-130)

Komponen	Inlet				Outlet	
	<13>		<14>		<16>	
	x mass	massa	x mass	massa	x mass	massa
H ₂ O	1	7,84	0	0,00	0,86	7,84
PTO	0	0,00	1	1,25	0,14	1,25
Sub Total	1	7,84	1	1,25	1,00	9,08

Total	9,08	9,08
-------	------	------

4. Tangki Pelarutan Urea (M-150)

Fungsi = Untuk Melarutkan Urea dengan air

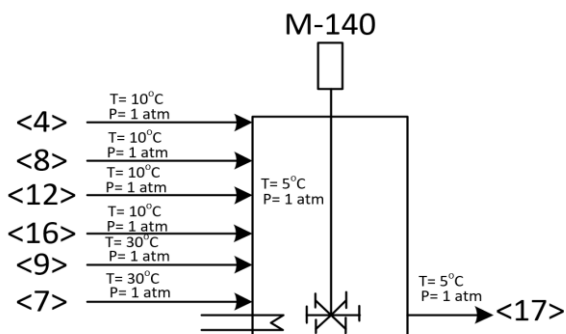


Tabel E.4 Neraca Massa Tangki Pelarutan Urea (M-150)

Komponen	Inlet				Outlet	
	<5>		<6>		<8>	
	x mass	massa	x mass	massa	x mass	massa
H ₂ O	1	73437,67	0	0,00	0,76	73437,67
Urea	0	0,00	1	23190,84	0,24	23190,84
Sub Total	1	73437,67	1	23190,84	1,00	96628,51
Total		96.628,51				96.628,51

5. Tangki Pencampuran (M-140)

Fungsi = Untuk Melarutkan Urea dengan air



Tabel E.5 Neraca Massa Tangki Pelarutan Urea (M-150)

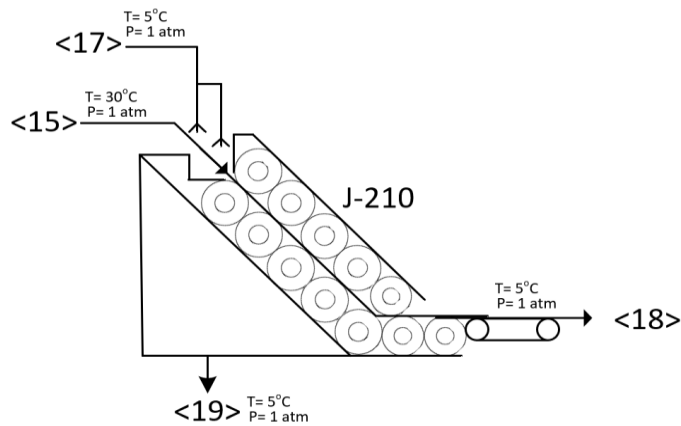
Komponen	<i>Inlet</i>					
	<4>		<8>		<7>	
	x mass	massa	x mass	massa	x mass	massa
NaOH	0,2	27.283,34	0	0,00	0,00	0,00
H ₂ O	0,8	109.133,38	0,76	73437,67	0,00	0,00
Asam sitrat	0,0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
Kapas	0,0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
Urea	0,0	0,00	0,24	23190,84	0,00	0,00
PTO	0,0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
H ₂ O ₂	0,0	0,00	0	0,00	1,00	11,20
Sub Total	1,0	136.416,72	1	96628,51	1,00	11,20

Komponen	<i>Inlet</i>					
	<9>		<12>		<16>	
	x mass	massa	x mass	massa	x mass	massa
NaOH	0,0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
H ₂ O	0,0	0,00	0,972	50182,82	0,86	7,84
Asam sitrat	0,0	0,00	0,028	1446,20	0,00	0,00
Kapas	1,0	463,82	0	0,00	0,00	0,00
Urea	0,0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
PTO	0,0	0,00	0	0,00	0,14	1,25
H ₂ O ₂	0,0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
Sub Total	1,0	463,82	1	51629,02	1,00	9,08
Total Inlet	285.158,35					

Komponen	<i>Outlet</i>	
	<17>	
	x mass	massa
NaOH	0,1	27.283,34
H ₂ O	0,8	232.761,71
Asam sitrat	0,0	1.446,20
Kapas	0,0	463,82
Urea	0,1	23.190,84
PTO	0,0	1,25
H ₂ O ₂	0,0	11,20
Sub Total	1,0	285.158,35
Total Inlet	285.158,35	

6. Headbox RollCoating (J-210)

Fungsi = Untuk Mengcoating kain menggunakan outlet M-140

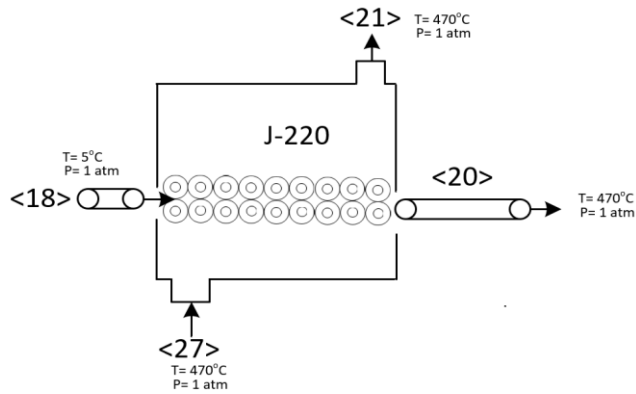


Tabel E.6 Neraca Massa Headbox Roll Coating (J-210)

Komponen	Inlet				Outlet	
	<17>		<15>		<18>	
	x mass	massa	x mass	massa	x mass	massa
NaOH	0,1	27.283,34	0	0,00	0,50	27283,34
H ₂ O	0,8	232.761,71	0	0,00	0,00	0,14
Asam sitrat	0,0	1.446,20	0	0,00	0,03	1446,20
Kapas	0,0	463,82	0	0,00	0,01	463,82
Urea	0,1	23.190,84	0	0,00	0,42	23190,84
PTO	0,0	1,25	0	0,00	0,00	1,25
H ₂ O ₂	0,0	11,20	0	0,00	0,00	11,20
Kain / polyester	0,0	0,00	1	2280,16	0,04	2280,16
Sub Total	1,0	285.158,35	1	2280,16	1,00	54676,95
Total	287438,51					
Komponen	Outlet					
	<19>					
	x mass	massa				
NaOH	0,00	0,00				
H ₂ O	1,00	232761,56				
Asam sitrat	0,00	0,00				
Kapas	0,00	0,00				
Urea	0,00	0,00				
PTO	0,00	0,00				
H ₂ O ₂	0,00	0,00				
Kain / polyester	0,00	0,00				
Sub Total	1,00	232761,56				
Total Outlet	287438,51					

7. Roll Heater (J-220)

Fungsi = Tempat terjadinya reaksi pembentukan TiO₂



Tabel E.7 Neraca Massa Roll Heater (J-220)

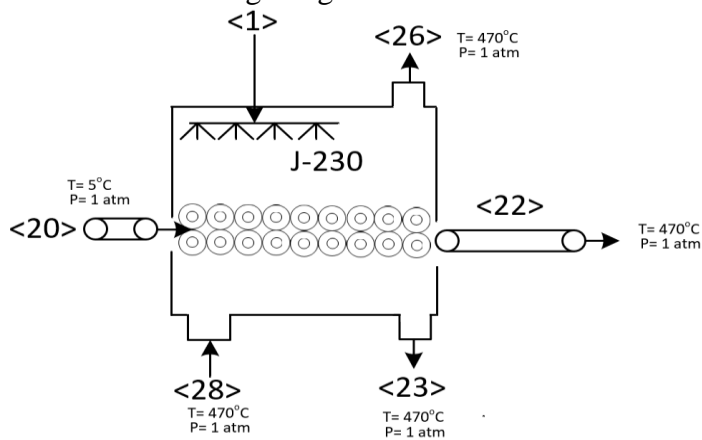
Komponen	Inlet				Outlet	
	<18>		<27>		<20>	
	x mass	massa	x mass	massa	x mass	massa
NaOH	0,5	27.283,34	0	0,00	0,50	27.283,34
H ₂ O	0,0	0,14	0	0,00	0,00	0,00
Asam sitrat	0,0	1.446,20	0	0,00	0,01	723,10
Kapas	0,0	463,82	0	0,00	0,00	46,38
Urea	0,4	23.190,84	0	0,00	0,42	23.190,84
PTO	0,0	1,25	0	0,00	0,00	0,00
H ₂ O ₂	0,0	11,20	0	0,00	0,00	11,20
Kain / polyester	0,0	2.280,16	0	0,00	0,04	2.280,16
TiO ₂	0,0	0,00	0	0,00	0,00	0,31
CO	0,0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
CO ₂	0,0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
CA-SELLULOSE	0,0	0,00	0	0,00	0,02	1.140,08
C ₃ H ₅ O(COOK) ₃	0,0	0,00	0	0,00	0,00	0,75
H ₂ C ₂ O ₄	0,0	0,00	0	0,00	0,00	0,53
Udara	0,0	0,00	1	3000,00	0,00	0,00
Sub Total	1,0	54.676,95	1	3000,00	1,00	54.676,70
Total	57.676,95					

Komponen	Outlet	
	<21>	
	x mass	massa
NaOH	0,0	0
H ₂ O	0,00004	0,1058022
Asam sitrat	0,0	0
Kapas	0,0	0
Urea	0,0	0
PTO	0,0	0
H ₂ O ₂	0,0	0
Kain / polyester	0,0	0

TiO ₂	0,0	0
CO	0,00002	0,0548604
CO ₂	0,00003	0,0862092
CA-SELLULOSE	0,0	0
C ₃ H ₅ O(COOK) ₃	0,0	0
H ₂ C ₂ O ₄	0,0	0
Udara	0,9999	3000
Sub Total	1,0	3000,2469
Total		57.676,95

8. Roll Cooler (J-230)

Fungsi = Untuk mendinginkan membran pada suhu kamar dan mengurangi konsentrasi asam sitrat



Tabel E.8 Neraca Massa Roll Cooler (J-230)

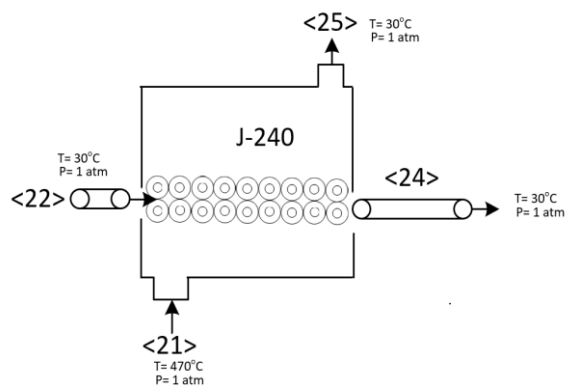
Komponen	Inlet					
	<20>		<28>		<1>	
	x mass	massa	x mass	massa	x mass	massa
NaOH	0,5	27.283,34	0	0,00	0,00	0,00
Urea	0,4	23.190,84	0	0,00	0,00	0,00
H ₂ O ₂	0,0	11,20	0	0,00	0,00	0,00
TiO ₂	0,0	0,31	0	0,00	0,00	0,00
Kain / polyester	0,0	2.280,16	0	0,00	0,00	0,00
CA-SELLULOSE	0,0	1.140,08	0	0,00	0,00	0,00
C ₃ H ₅ O(COOK) ₃	0,0	0,75	0	0,00	0,00	0,00

H ₂ C ₂ O ₄	0,0	0,53	0	0,00	0,00	0,00
Asam sitrat	0,0	723,10	0	0,00	0,00	0,00
Kapas	0,0	46,38	0	0,00	0,00	0,00
H ₂ O	0,0	0,00	0	0,00	1,00	1.000,00
Udara	0,0	0,00	1	3000,00	0,00	0,00
Sub Total	1,0	54.676,70	1	3000,00	1,00	1.000
Total	58.676,70					

Komponen	Outlet					
	<23>		<22>		<26>	
	x mass	massa	x mass	massa	x mass	massa
NaOH	0,0	0,00	0,501	27283,34	0,00	0,00
Urea	0,0	0,00	0,426	23190,84	0,00	0,00
H ₂ O ₂	0,0	0,00	2E-04	11,20	0,00	0,00
TiO ₂	0,0	0,00	6E-06	0,31	0,00	0,00
Kain / polyester	0,0	0,00	0,042	2280,16	0,00	0,00
CA-SELLULOS	0,0	0,00	0,021	1140,08	0,00	0,00
C ₃ H ₅ O(COOK) ₃	0,0	0,75	0	0,00	0,00	0,00
H ₂ C ₂ O ₄	0,0	0,53	0	0,00	0,00	0,00
Asam sitrat	0,6	723,10	0	0,00	0,00	0,00
Kapas	0,0	0,00	9E-04	46,38	0,00	0,00
H ₂ O	0,4	500,00	0,009	500,00	0,00	0,00
Udara	0,0	0,00	0	0,00	1,00	3.000,00
Sub Total	1,0	1.224,38	1	54452,32	1,00	3.000,00
Total	58.676,70					

9. Roll Heater (J-240)

Fungsi = Untuk mengurangi kandungan moisture content pada membran

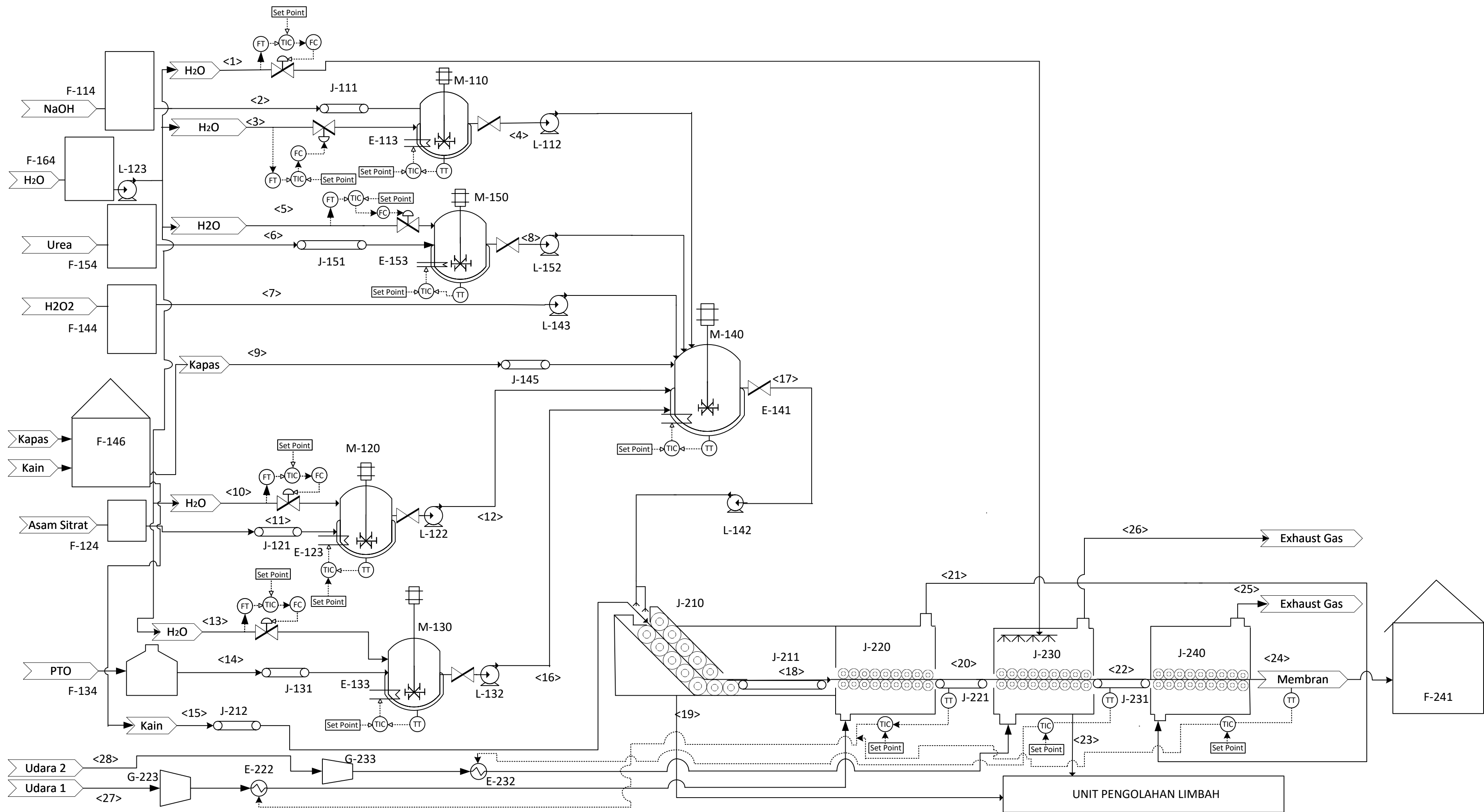


Tabel E.9 Neraca Massa Roll Heater (J-240)

Komponen	Inlet				Outlet		
	<22>		<21>		<25>		
	x mass	massa	x mass	massa	x mass	massa	
NaOH	0,5	27.283,34	0	0,00	0,000	0,00	
Urea	0,4	23.190,84	0	0,00	0,000	0,00	
H ₂ O ₂	0,0	11,20	0	0,00	0,000	0,00	
TiO ₂	0,0	0,31	0	0,00	0,000	0,00	
Kain / polyester	0,0	2.280,16	0	0,00	0,000	0,00	
CA-SELLULOS	0,0	1.140,08	0	0,00	0,000	0,00	
H ₂ O	0,0	500,00	3,5E-05	0,11	0,041	126,79	
CO	0,0	0,00	1,8E-05	0,05	0,000	0,05	
CO ₂	0,0	0,00	2,9E-05	0,09	0,000	0,09	
Asam sitrat	0,0	0,00	0	0,00	0,000	0,00	
Kapas	0,0	46,38	0	0,00	0,000	0,00	
Udara	0,0	0,00	0,9999	3000,00	0,959	3.000,00	
Sub Total	1,0	54.452,32	1	3000,25	1,000	3.126,93	
Total Inlet	57.452,57						

Komponen	Outlet	
	<24>	
	x mass	massa
NaOH	0,5	27.283,34
Urea	0,4	23.190,84
H ₂ O ₂	0,0	11,20
TiO ₂	0,0	0,31
Kain / polyester	0,0	2.280,16
CA-SELLULOS	0,0	1.140,08
H ₂ O	0,0	373,32
CO	0,0	0,00
CO ₂	0,0	0,00

Asam sitrat	0,0	0,00
Kapas	0,0	46,38
Udara	0,0	0,00
Sub Total	1,0	54.325,64
Total Outlet		57.452,57



1	F-114	Tangki NaOH
2	F-124	Tangki Asam Sitrat
3	F-134	Tangki PTO
4	F-144	Tangki H2O2
5	F-154	Tangki Urea
6	M-110	Mixer 1
7	M-120	Mixer 2
8	M-130	Mixer 3
9	M-140	Mixer 4
10	M-150	Mixer 5
11	J-111	Belt Conveyor NaOH
12	J-121	Belt Conveyor Asam Sitrat
13	J-131	Belt Conveyor PTO
14	J-151	Belt Conveyor Urea
15	J-145	Belt Conveyor Kapas
16	J-210	Roll Coating
17	J-211	Belt Conveyor
18	J-220	Roll Heater
19	J-221	Belt Conveyor
20	J-230	Roll Cooler
21	J-231	Belt Conveyor
22	J-240	Roll Heater
23	E-113	Cooler M1
24	E-123	Cooler M2
25	E-133	Cooler M3
26	E-153	Cooler M5
27	E-141	Cooler M4
28	E-222	Cooler
29	E-232	Cooler
30	E-241	Cooler
31	L-112	Centrifugal Pump M1
32	L-122	Centrifugal Pump M2
33	L-123	Centrifugal Pump H2O
34	L-132	Centrifugal Pump M3
35	L-142	Centrifugal Pump M4
36	L-143	Centrifugal Pump H2O2
37	L-152	Centrifugal Pump M5
38	G-223	Compressor Roll Heater
39	G-233	Compressor Roll Cooler
40	F-146	Storage Kain dan Kapas
41	J-212	Conveyor Kain Storage
42	F-164	Storage H2O
43	F-241	Storage Membran

Keterangan Huruf Indikator	
Indikator	Keterangan
LT	Level Transmitter
LC	Level Controller
FC	Flow Controller
TT	Temperature Transmitter
TIC	Temperature Indicator and Controller
TC	Temperature Controller

Keterangan Garis	
—————	Laju Alir
.....	Elektrik

Digambar Oleh :

- Afninda Aryuni Widyanti
- Celvin Dicky Wahyudi
- Ditha Natasha Afandi
- Rita Nur Agustin

Dosen Pembimbing :
Abdul Halim, S.T., M.T., PhD

PRA DESAIN PABRIK MEMBRAN MELALUI METODE ROLL TO ROLL



LAMPIRAN E
PERHITUNGAN NERACA ENERGI

Pra rancangan pabrik Membran dari bahan baku NaOH dilaksanakan dengan ketentuan sebagai berikut

1. Kapasitas Produksi = 30.000 ton/tahun
57.452 kg/jam
2. Hari Kerja = 330 hari
3. Basis Perhitungan = kg/jam
4. Satuan Operasi = kj/jam
5. Temperatur Basis = 303,15

Tabel 1. Data Heat Capacity (Reklatis, 1983)

KOMPONEN	a	b	c	d
NaOH Cp	0,121	0,02	0	194.800
Air /H ₂ O	18,2964	0,472118	-0,00133878	1,34E-06
CO	14,9673	2,14397	-0,0324073	0,000158
CO ₂	11,0417	1,15955	-0,0072313	1,55E-05

Tabel 2. Kapasitas Panas Solid Urea (Perry, 1991)

Komponen	Cps (j/mol)
C	10,89
H	7,56
O	13,42
N	18,74
Cp solid	92,03

Tabel 3. Kapasitas panas solid PTO (industrial)

Komponen	Cps (j/mol)
PTO	128,03

Tabel 4. Kapasitas panas solid Asam Sitrat (Jurnal Thermodynamic Properties of citric acid and the system citric acid-water)

Komponen	Cps (j/mol K)
Asam Sitrat	228,301

Tabel 5. Kapasitas panas Pure Komponen (Aspen plus)

Komponen	Temperat	Kj/kmol-K
NaOH	30	59,3053
H ₂ O ₂	30	84,6357
NaoH	10	48,2182
Urea (solid)	30	94,78026
Asam sitrat	30	228,5649
Asam sitrat	30	441,6819
PTO (solid)	30	45,751

PTO	30	53,77328
H ₂ O ₂	30	84,63566
H ₂ O ₂	5	84,49953
Urea	5	63,04526
Kapas	30	208
Kapas	5	195
Asam sitrat	5	426
PTO	5	49,75332
Urea	10	63,87613
PTO	10	50,49896
NaOH	5	48,03756
Asam sitrat	10	429,1215
NaOH	30	8,491227
Urea	30	67,26452
NaOH	470	-4,41289
Urea	470	119,7886
H ₂ O ₂	470	57,24265
Kain /	470	45,751
TiO ₂	470	61,89595
CA-	470	1,886148
Asam Sitrat	470	56,576
Kapas	470	45,8
C ₃ H ₅ O(COO	470	78,23
H ₂ C ₂ O ₄	470	67
C ₃ H ₅ O(COO	30	58
H ₂ C ₂ O ₄	30	78
TiO ₂	30	50,89387
Kain /	30	45,751
CA- SELLULO	30	1,565859
Udara	30	29
Udara	470	31,3
H ₂ O	124,62	34,23
CO ₂	124,62	41,57
CO	124,62	29,33
Udara	124,62	29,20

Tabel 5. Standard heat of formation (Aspen Plus database)

Komponen	Nama	Delta Hf
PTO	Potassium	-645610
CO ₂	Carbon	-393510
CO	carbon	-110530
CA-	Cellulose	-9,999
C ₃ H ₅ O(CO	Potassium	-675610
H ₂ C ₂ O ₄	Oxalic	-719500
TiO ₂	Titanium	-305430
H ₂ O	water	-241818
C ₃ H ₅ O(CO	Citric acid	-1346000

Selulosa	Cellulose -	-241830
----------	-------------	---------

Beberapa persamaan yang digunakan untuk perhitungan neraca panas adalah sebagai berikut:

Persamaan untuk menghitung kapasitas panas (Reklaitis, 1983) :

$$C_p = a + bT + cT^2 + dT^3$$

Jika C_p adalah fungsi dari temperatur maka persamaan menjadi :

$$\int_{T_1}^{T_2} C_p dT = a(T_2 - T_1) + \frac{b}{2}(T_2^2 - T_1^2) + \frac{c}{3}(T_2^3 - T_1^3) + \frac{d}{4}(T_2^4 - T_1^4)$$

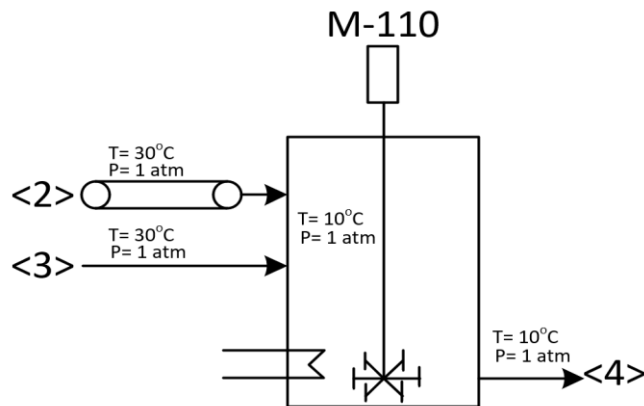
Untuk sistem yang melibatkan perubahan fasa persamaan yang digunakan adalah :

$$\int_{T_1}^{T_2} C_p dT = \int_{T_1}^{T_2} C_{p,l} dT + \Delta H_{vl} + \int_{T_b}^{T_2} C_{p,v} dT$$

Perhitungan energi untuk sistem yang melibatkan reaksi :

$$\frac{dQ}{dt} = r\Delta H_r(T) + N \int_{T_1}^{T_2} C_p dT_{out} - N \int_{T_1}^{T_2} C_p dT_{in}$$

A. Tangki Pelarutan NaOH (M-110)



Panas Masuk <2>

KOMPON EN	Flow (Kmol/ja)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{Solid} (Kj/kmol-K)	ΔH (kj/jam)
NaOH	682,08	303,15	298,15	5	59,31	202.255,87
TOTAL						202.255,87

Panas Masuk <3>

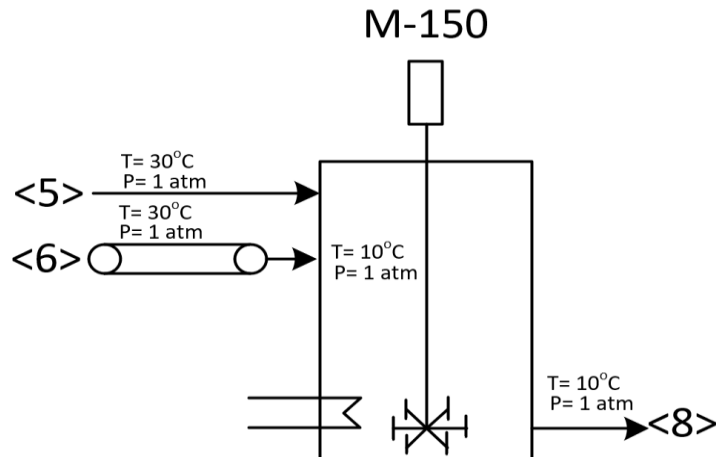
KOMPON EN	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{Liquid} (Kj/kmol)	ΔH (kj/jam)
H ₂ O	6062,97	303,15	298,15	5	378,37	2294071,39
TOTAL						2294071,39

Panas Keluar <4>

KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{Liquid}	ΔH (kj/jam)
NaOH	682,08	283,15	298,15	-15,00	48,22	-493332,66
H ₂ O	6062,97	283,15	298,15	-15,00	-1130,24	-6852629,51
TOTAL						-7345962,17

NERACA PANAS MIXER 1		
Komponen	ΔH masuk	ΔH keluar
$\Delta H <2>$	202.255,87	
$\Delta H <3>$	2294071,4	
$\Delta H <4>$		-7345962,2
Q Cooler		10.091.922
Q Loss	249632,73	
TOTAL	2.745.960	2.745.960

B. Tangki Pelarutan Urea (M-150)



Panas Masuk <5>

KOMPONEN	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{Liquid} (kj/kmol)	ΔH (kj/jam)
H ₂ O	4079,87	303,15	298,15	5,00	378,37	1543718,88
TOTAL						1543718,88

Panas Masuk <6>

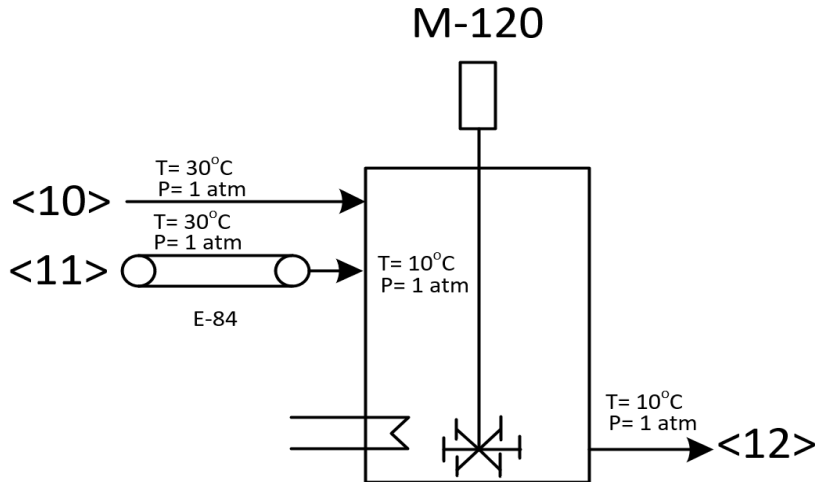
KOMPONEN	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{Solid} (Kj/kmol-K)	ΔH (kj/jam)
Urea	386,51	303,15	298,15	5,00	94,78	183169,51
TOTAL						183169,51

Panas Keluar <8>

KOMPONEN	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{Liquid}	ΔH (kj/jam)
Urea	386,51	283,15	298,15	-15	63,88	-370335,32
H ₂ O	4079,87	283,15	298,15	-15	-1130,24	-4611248,61
TOTAL						-4981583,93

NERACA PANAS MIXER 5		
Komponen	ΔH masuk	ΔH keluar
$\Delta H <5>$	1543718,9	
$\Delta H <6>$	183169,51	
Q Cooler		6881161,15
$\Delta H <8>$		-4981583,9
Q Loss	172688,84	
TOTAL	1899577,2	1899577,22

C. Tangki Pelarutan Asam Sitrat (M-120)



Panas Masuk <10>

KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{Liquid} (Kj/kmol)	ΔH (kj/jam)
H ₂ O	2787,93	303,15	298,15	5,00	378,37	1054883,28
TOTAL						1054883,28

Panas Masuk <11>

KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{Solid} (Kj/kmol-K)	ΔH (kj/jam)
Asam sitrat	7,53	303,15	298,15	5	228,56	8602,52
TOTAL						8602,52

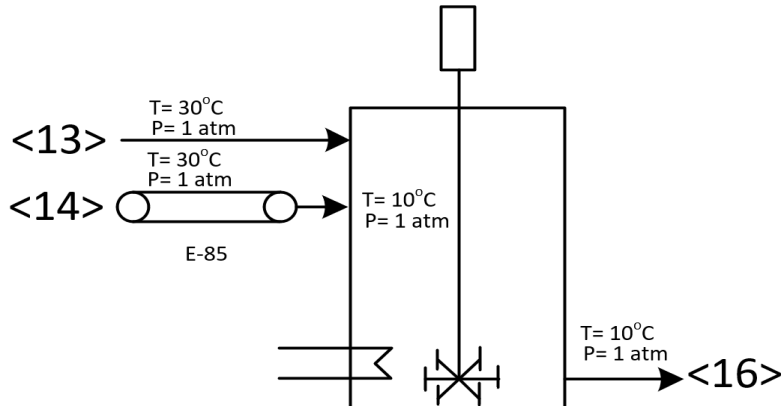
Panas Keluar <12>

KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{Liquid}	ΔH (kj/jam)
Asam Sitrat	7,53	283,15	298,15	-15	429,12	-48452,69
H ₂ O	2787,93	283,15	298,15	-15	-1130,24	-3151045,91
TOTAL						-3199498,60

NERACA PANAS MIXER 2		
Komponen	ΔH masuk	ΔH keluar
$\Delta H <10>$	1054883,3	
$\Delta H <11>$	8602,52	
$\Delta H <12>$		-3199498,6
Q Loss	106348,58	
Q cooler		4369332,98
TOTAL	1169834,4	1169834,38

C. Tangki Pelarutan Potassium Tetra Oxalate (M-130)

M-130



Panas Masuk <13>

KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{Liquid} (Kj/kmol)	ΔH (kj/jam)
H ₂ O	0,44	303,15	298,15	5,00	378,37	164,74
TOTAL						164,74

Panas Masuk <14>

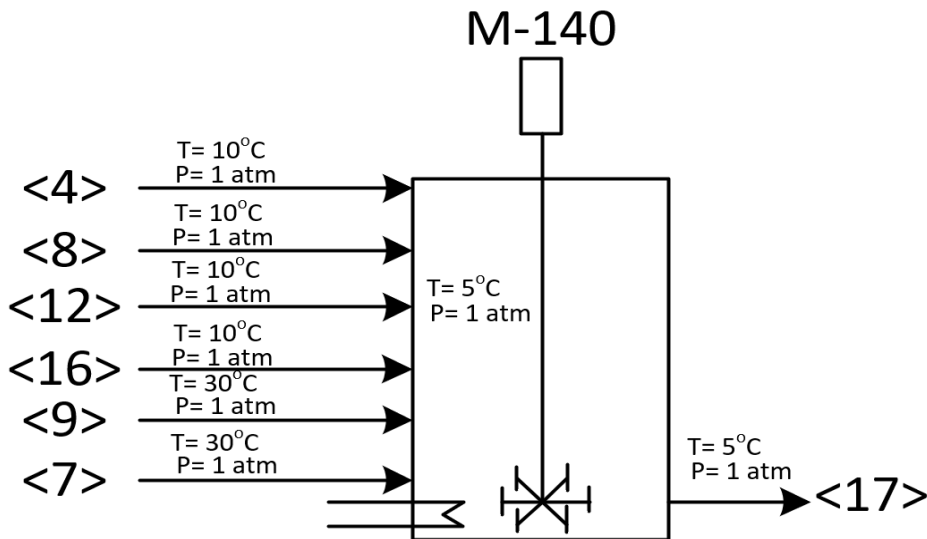
KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{Solid} (Kj/kmol-K)	ΔH (kj/jam)
PTO	0,004	303,150	298,150	5	45,751	0,896
TOTAL						0,896

Panas Keluar <16>

KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{Liquid}	ΔH (kj/jam)
PTO	0,00	283,15	298,15	-15	50,50	-2,97
H ₂ O	0,44	283,15	298,15	-15	-1130,24	-492,11
TOTAL						-495,08

NERACA PANAS MIXER 3		
Komponen	ΔH masuk	ΔH keluar
$\Delta H <13>$	164,74	
$\Delta H <14>$	0,90	
$\Delta H <16>$		-495,08
Q Loss	16,56	
Q cooler		677,28
TOTAL	182,20	182,20

D. Tangki Pencampuran (M-140)



Panas Masuk <4>

KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{Liquid}	ΔH (kj/jam)
NaOH	682,08	283,15	298,15	-15	48,22	-493332,66
H ₂ O	6062,97	283,15	298,15	-15	-1130,24	-6852629,51
TOTAL						-7345962,17

Panas Masuk <8>

KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{Liquid}	ΔH (kj/jam)
H ₂ O	4079,87	283,15	298,15	-15	-1130,24	-4611248,61
Urea	386,51	283,15	298,15	-15	63,88	-370335,32
TOTAL						-4981583,93

Panas Masuk <7>

KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{Liquid} (Kj/kmol-K)	ΔH (kj/jam)
H ₂ O ₂	0,329	303,150	298,150	5	84,636	139,395
TOTAL						139,395

Panas Masuk <9>

KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{Solid} (Kj/kmol-K)	ΔH (kj/jam)
Kapas	2,86	303,15	298,15	5	208,00	2975,01
TOTAL						2975,01

Panas Masuk <12>

KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{Liquid}	ΔH (kj/jam)
H ₂ O	2787,93	283,15	298,15	-15	-1130,24	-3151045,91
Asam sitrat	7,53	283,15	298,15	-15	429,12	-48452,69
TOTAL						-3199498,60

Panas Masuk <16>

KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{Liquid}	ΔH (kj/jam)
H ₂ O	0,44	283,15	298,15	-15,00	-1130,24	-492,11
PTO	0,004	283,15	298,15	-15,00	50,50	-2,97
TOTAL						-495,08

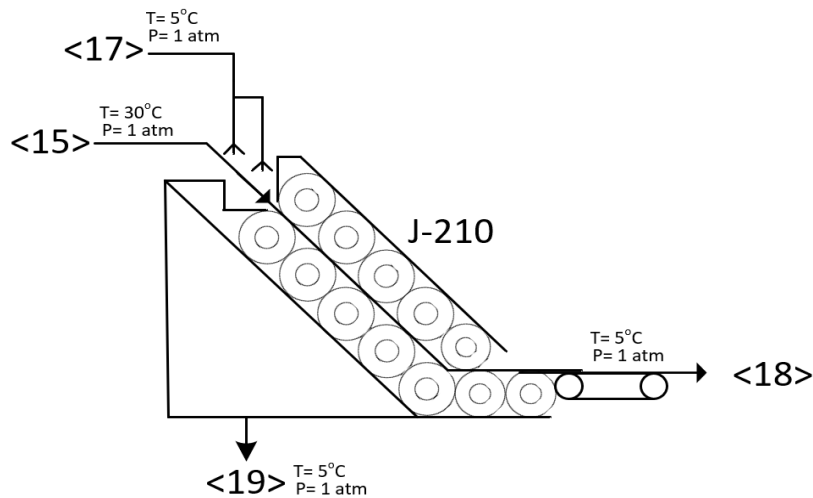
Panas Keluar <17>

KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{Liquid}	ΔH (kj/jam)
NaOH	682,08	278,15	298,15	-20,00	48,04	-655312,65
H ₂ O	12931,21	278,15	298,15	-20,00	-1505,22	-19464364,38
Asam sitrat	7,53	278,15	298,15	-20,00	426,00	-64133,65
Kapas	2,86	278,15	298,15	-20,00	195,00	-11156,28
Urea	386,51	278,15	298,15	-20,00	63,05	-487357,57
PTO	0,00	278,15	298,15	-20,00	49,75	-3,90
H ₂ O ₂	0,33	278,15	298,15	-20,00	84,50	-556,68
TOTAL						-20682885,11

NERACA PANAS MIXER 4

Komponen	ΔH masuk (kj/jam)	ΔH keluar (kj/jam)
ΔH <4>	-7345962,17	
ΔH <8>	-4981583,93	
ΔH <7>	139,39	
ΔH <9>	2975,01	
ΔH <12>	-3199498,60	
ΔH <16>	-495,08	
ΔH <17>		-20682885,11
Q Loss	-1552442,54	
Q Cooler		3606017,20
TOTAL	-17076867,91	-17076867,91

E. Headbox Roll Coating (J-210)



Panas Masuk <17>

KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{Liquid}	ΔH (kj/jam)
NaOH	682,08	278,15	298,15	-20	48,04	-655312,65
H ₂ O	12931,21	278,15	298,15	-20	-1505,22	-19464364,38
Asam sitrat	7,53	278,15	298,15	-20	426,00	-64133,65
Kapas	2,86	278,15	298,15	-20	195,00	-11156,28
Urea	386,51	278,15	298,15	-20	63,05	-487357,57
PTO	0,00	278,15	298,15	-20	49,75	-0,18
H ₂ O ₂	0,33	278,15	298,15	-20	84,50	-556,68
TOTAL						-20682881,39

Panas Masuk <15>

KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{Solid} (Kj/kmol-K)	ΔH (kj/jam)
Kain	0,23	303,15	298,15	5	45,75	52,16
TOTAL						52,16

Panas keluar <19>

KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{Liquid} (Kj/kmol)	ΔH (kj/jam)
H ₂ O	12931,20	278,15	298,15	-20,00	-1505,22	-19464352,59
TOTAL						-19464352,59

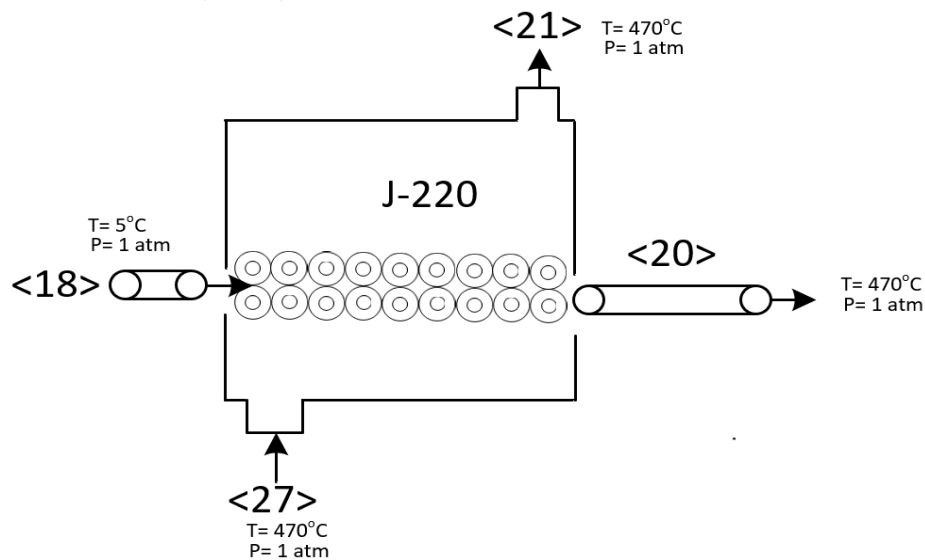
Panas keluar <18>

KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{Liquid}	ΔH (kj/jam)
NaOH	682,08	278,15	298,15	-20	48,04	-655312,65
H ₂ O	0,01	278,15	298,15	-20	-1505,22	-11,80
Asam sitrat	7,53	278,15	298,15	-20	426,00	-64133,65
Kapas	2,86	278,15	298,15	-20	195,00	-11156,28

Urea	386,51	278,15	298,15	-20	63,05	-487357,57
PTO	0,0002	278,15	298,15	-20	49,75	-0,18
Kain	0,23	303,15	298,15	5	45,75	52,16
H ₂ O ₂	0,33	278,15	298,15	-20	84,50	-556,68
TOTAL						-1218476,64

NERACA PANAS Headbox Roll		
Komponen	ΔH masuk	ΔH keluar
$\Delta H <17>$	-20682881	
$\Delta H <15>$	52,16	
$\Delta H <19>$		-19464353
$\Delta H <18>$		-1218477
Q Loss	-2068283	
Q Fan		-2068283
TOTAL	-22751112	-22751112

F. Roll Heater (J-220)



Panas masuk <18>

KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{Liquid}	ΔH (kj/jam)
NaOH	682,08	278,15	298,15	-20	48,04	-655312,65
H ₂ O	0,01	278,15	298,15	-20	-1505,22	-11,80
Asam sitrat	7,53	278,15	298,15	-20	426,00	-64133,65
Kapas	2,86	278,15	298,15	-20	195,00	-11156,28
Urea	386,51	278,15	298,15	-20	63,05	-487357,57
PTO	0,004	278,15	298,15	-20	49,75	-3,90
Kain	0,23	303,15	298,15	5	45,75	52,16
H ₂ O ₂	0,33	278,15	298,15	-20	84,50	-556,68
TOTAL						-1218480,36

Panas masuk <27>

KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{gas} (Kj/kmol-K)	ΔH (kj/jam)
Udara	103,56	303,15	298,15	5	29,00	15015,53
Total						15015,53

Panas Keluar <21>

KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H [^]	ΔH (kj/jam)
H ₂ O	0,01	743,15	298,15	445	45820,98	269,33
CO ₂	0,002	743,15	298,15	445	499574,04	978,82
CO	0,002	743,15	298,15	445	8094812,04	15860,17
Udara	103,56	743,15	298,15	445	31,30	1442371,42
TOTAL						1459479,73

Panas Keluar <20>

KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{Liquid}	ΔH (kj/jam)
NaOH	682,08	743,15	298,15	445	-4,41	-1339432,18
Asam Sitrat	3,76	743,15	298,15	445	56,58	94756,41
Kapas	2,86	743,15	298,15	445	45,80	58301,57
Urea	386,51	743,15	298,15	445	119,79	20603489,54
H ₂ O ₂	0,33	743,15	298,15	445	57,24	8390,80
Kain /	0,23	743,15	298,15	445	45,75	4642,22
TiO ₂	0,00	743,15	298,15	445	61,90	107,93
CA-	3,22	743,15	298,15	445	1,89	2701,11
C ₃ H ₅ O(CO	0,00	743,15	298,15	445	78,23	90,94
H ₂ C ₂ O ₄	0,01	743,15	298,15	445	67,00	175,25
TOTAL						19433223,61

PANAS REAKSI

Reaksi 1

Koefisien	Reaktan	Koefisien	produk
2	K ₂ TiO(C ₂	2	TiO ₂
1,3333	C ₃ H ₅ O(CO	1,3333	C ₃ H ₅ O(COO
4	H ₂ O	3	H ₂ C ₂ O ₄
		1	CO
		1	CO ₂
		3	H ₂ O

$$\Delta H_r(743,15 \text{ K}) = [(2 \cdot \Delta H_f \text{ TiO}_2 + 1,3333 \cdot \Delta H_f \text{ C}_3\text{H}_5\text{O}(\text{COOH})_3 + 3 \cdot \Delta H_f \text{ H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 1 \cdot \Delta H_f \text{ CO} + 1 \cdot \Delta H_f \text{ CO}_2 + 3 \cdot \Delta H_f \text{ H}_2\text{O}) - (2 \cdot \Delta H_f \text{ K}_2\text{TiO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2 + 1,3333 \cdot \Delta H_f \text{ C}_3\text{H}_5\text{O}(\text{COO})_3 + 4 \cdot \Delta H_f \text{ H}_2\text{O})]$$

$$\Delta H_r(743,15 \text{ K}) = -846531 \text{ kJ/kmol} = -3317,22 \text{ KJ/jam}$$

Reaksi 2

Koefisien	Reaktan	Koefisien	Produk
1	Citric Acid	1	CA-Selulosa
1	Selulosa		

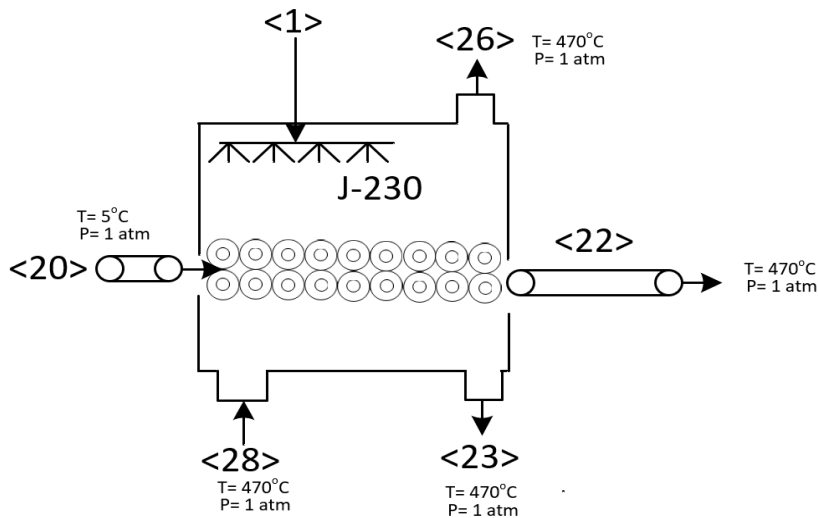
$$\Delta H_r(743.15) [(1 \cdot \Delta H_f \text{ CA-Selulosa}) - (1 \cdot \Delta H_f \text{ Citric acid} + 1 \cdot \Delta H_f \text{ selulosa})]$$

$$\Delta H_r(743.15) - 3600 \text{ kJ/kmol} = -11585,4 \text{ KJ/jam}$$

$$\Delta H_r \text{ total} = \Delta H_r \text{ reaksi 1} + \Delta H_r \text{ reaksi 2} = -14902,58 \text{ KJ/jam}$$

NERACA PANAS HEATER		
Komponen	ΔH masuk	ΔH keluar
ΔH <18>	-1218480	
ΔH <21>		1459479,73
ΔH <27>	15015,53	
ΔH <20>		19433224
ΔH_r	-14902,58	
Q loss		-121848,04
Q heater	21989223	
TOTAL	20770855	20770855

G. Roll Cooler (J-230)



Panas masuk <1>

KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{Liquid} (kJ/kmol)	ΔH (kJ/jam)
H ₂ O	55,56	303,15	298,15	5	378,37	21020,80
Total						21020,80

Panas masuk <20>

KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{Liquid} (Kj/kmol-K)	ΔH (kj/jam)
NaOH	682,08	743,15	298,15	445	-4,41	-1339432,18
Urea	386,51	743,15	298,15	445	67,26	11569413,40
H ₂ O ₂	0,33	743,15	298,15	445	57,24	8390,80
TiO ₂	0,004	743,15	298,15	445	61,90	107,93
Kain /	0,23	743,15	298,15	445	45,75	4642,22
CA-	3,22	743,15	298,15	445	1,89	2701,11
C ₃ H ₅ O(CO	0,003	743,15	298,15	445	78,23	90,94
H ₂ C ₂ O ₄	0,01	743,15	298,15	445	67,00	175,25
Total						10246089,49

Panas masuk <28>

KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{gas} (Kj/kmol-K)	ΔH (kj/jam)
Udara	103,56	743,15	298,15	445	31,3	1442371,42
Total						1442371,42

Panas Keluar <23>

KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{Liquid}	ΔH (kj/jam)
C ₃ H ₅ O(CO	0,003	303,15	298,15	5	58,00	0,76
H ₂ C ₂ O ₄	0,01	303,15	298,15	5	78,00	2,29
H ₂ O	27,78	303,15	298,15	5	378,37	10510,40
Total						10513,45

Panas Keluar <22>

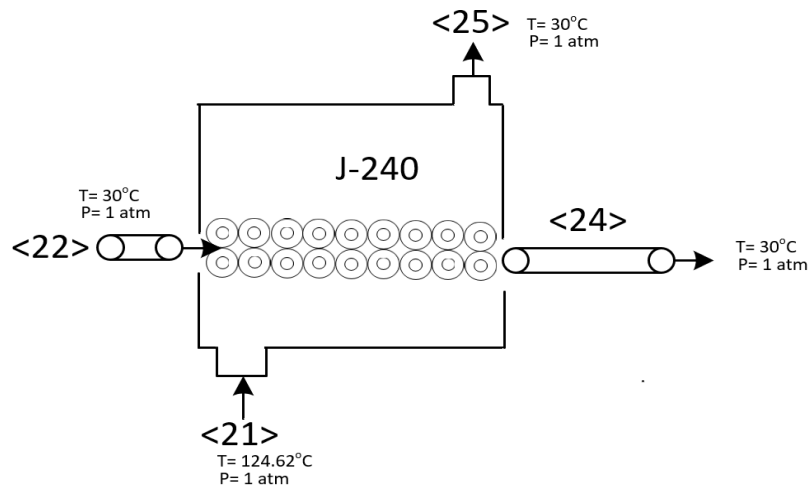
KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{Liquid}	ΔH (kj/jam)
NaOH	682,08	303,15	298,15	5	8,49	28958,63
Urea	386,51	303,15	298,15	5	67,26	129993,41
H ₂ O ₂	0,33	303,15	298,15	5	84,64	139,40
TiO ₂	0,00	303,15	298,15	5	50,89	1,00
Kain /	0,23	303,15	298,15	5	45,75	52,16
CA-	3,22	303,15	298,15	5	1,57	25,20
H ₂ O	27,78	303,15	298,15	5	378,37	10510,40
Total						169680,19

Panas Keluar <26>

KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{gas} (Kj/kmol-K)	ΔH (kj/jam)
Udara	103,56	303,15	298,15	5	29	15015,53
Total						15015,53

NERACA PANAS COOLER		
Komponen	ΔH masuk	ΔH keluar
$\Delta H <1>$	21020,80	
$\Delta H <20>$	10246089	
$\Delta H <23>$		10513,45
$\Delta H <28>$	1442371	
$\Delta H <26>$		15015,53
$\Delta H <22>$		169680,19
Q Cooler		12540984
Q Loss	1026711	
TOTAL	12736193	12736193

H. Roll Heater (J-240)



Panas masuk <22>

KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H ^{Liquid}	ΔH (kj/jam)
NaOH	682,08	303,15	298,15	5	8,49	28958,63
Urea	386,51	303,15	298,15	5	67,26	129993,41
H ₂ O ₂	0,33	303,15	298,15	5	84,64	139,40
TiO ₂	0,004	303,15	298,15	5	50,89	1,00
Kain /	0,23	303,15	298,15	5	45,75	52,16
CA-	3,22	303,15	298,15	5	1,57	25,20
H ₂ O	27,78	303,15	298,15	5	378,37	10510,40
Total						169680,19

Panas Masuk <21>

KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H [^]	ΔH (kj/jam)
H ₂ O	0,01	397,77	298,15	99,62	34,23	20,04
CO ₂	0,002	397,77	298,15	99,62	41,57	8,11
CO	0,002	397,77	298,15	99,62	29,33	5,72
Udara	103,56	397,77	298,15	99,62	29,20	301241,40
TOTAL						301275,28

Panas Keluar <24>

KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H [^] Liquid	ΔH (kj/jam)
NaOH	682,08	303,15	298,15	5	8,49	28958,63
Urea	386,51	303,15	298,15	5	67,26	129993,41
H ₂ O ₂	0,33	303,15	298,15	5	84,64	139,40
TiO ₂	0,004	303,15	298,15	5	50,89	1,00
Kain /	0,23	303,15	298,15	5	45,75	52,16
CA-	3,22	303,15	298,15	5	1,57	25,20
H ₂ O	20,74	303,15	298,15	5	378,37	7847,49
Total						167017,28

Panas Keluar <25>

KOMPONE N	Flow (Kmol/jam)	T2 (K)	T1 (K)	DELTA T (K)	H [^]	ΔH (kj/jam)
H ₂ O	7,04	303,15	298,15	5	378,37	2665,14
H ₂ O <21>	0,01	303,15	298,15	5	34,23	0,20
CO ₂	0,00	303,15	298,15	5	41,57	0,08
CO	0,00	303,15	298,15	5	29,33	0,06
Udara	103,56	303,15	298,15	5	29,20	15119,52
Total						17785,00

NERACA PANAS HEATER		
Komponen	ΔH masuk	ΔH keluar
ΔH <22>	169680,19	
ΔH <21>	301275,28	
ΔH <24>		167017,28
ΔH <25>		17785,00
Q Heater	-269185,2	
Q Loss		16968,02
TOTAL	201770,30	201770,30

LEMBAR SPESIFIKASI ALAT

Nomor alat	J-220
Nama Unit	Roll Heater
Jumlah	1
Fungsi	Tempat Terjadinya reaksi pembentukan TIO ₂
Material	Tungsten Carbide

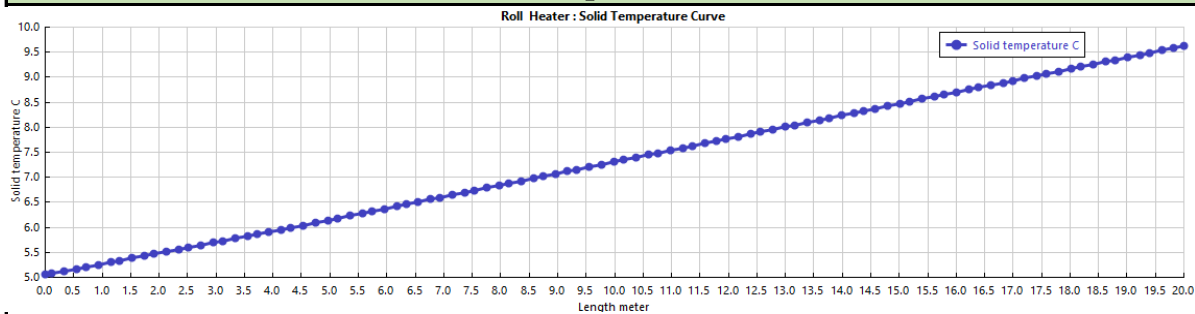
KONDISI OPERASI

Temperatur (°C)	470
solid residence time (Menit)	2
Critical Solid Moisture Content	0,05%
Exhaust gas Temperature (Celcius)	124,627678
Solids Velocity (Meter/detik)	0,16
Initial solid moisture content	49,0163304
Outlet solid moisture content	49,011355
Evaporation rate (kg/jam)	0,22
Vapor Temperature at adiabatic sat	87

GEOMETRY

Gass Flow Direction	Cross flow
Panjang Roll Heater (m)	20
Panjang membran (m)	20
Lebar Membran (m)	1
Panjang roll (m)	1
Diameter roll (m)	0,08
Jumlah roll yang dibutuhkan	33
Faktor korosi	0,0625
Luas permukaan membran (m ²)	20
Roll Heater type	Convective Dryer

Solids Temperature Curve

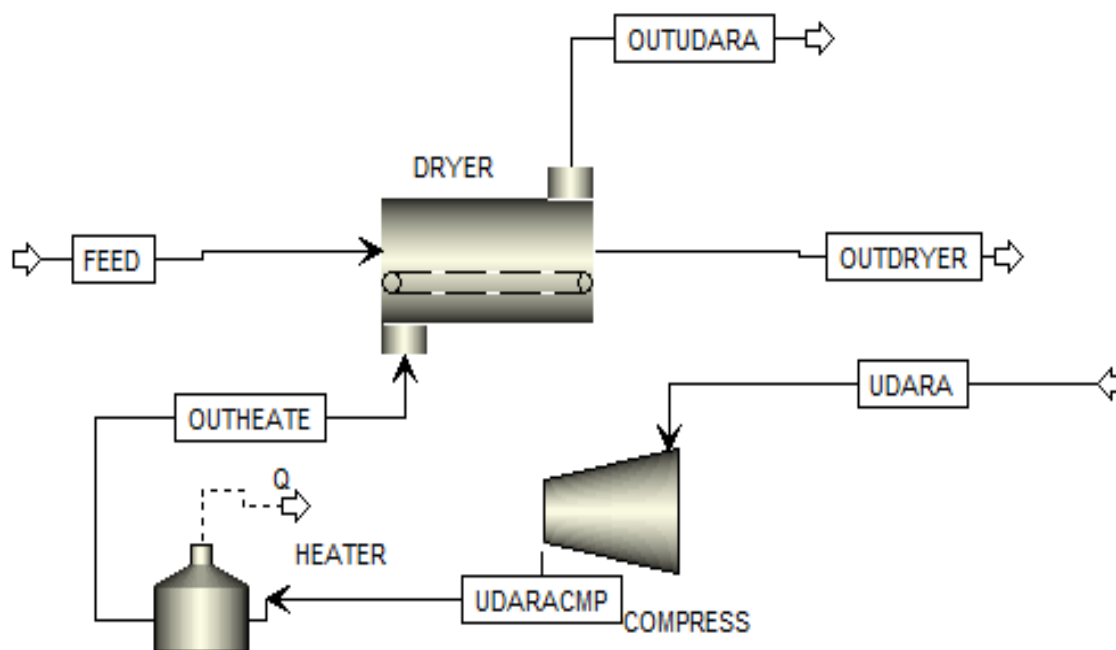


LEMBAR SPESIFIKASI ALAT PENDUKUNG

Nomor alat	E-222
------------	-------

Nama Unit	Heater
KONDISI OPERASI	
Outlet temperature (°C)	470
Outlet Pressure (Bar)	1,01325
Vapor Fraction	1
Heat duty (kj/hr)	499553,6903
GEOMETRI	
Type Heater	Coil Heater

LEMBAR SPESIFIKASI ALAT PENDUKUNG	
Nomor alat	
Nama Unit	Compressor
KONDISI OPERASI	
Discharge Pressure (bar)	6
Efficiency isentropic	0,7
Vapor Fraction	1
Heat duty (kj/hr)	499553,6903
Type Heater	Coil Heater
Net work required (KW)	240
Brake Horse Power (KW)	240
Mechanical Efficiency	1
Outlet Pressure (Bar)	6
Outlet temperature (°C)	313,213
Inlet temperature (°C)	30



LEMBAR SPESIFIKASI ALAT

Nomor alat	J-230
Nama Unit	Roll Cooler
Jumlah	1
Fungsi	Untuk mendinginkan membran
Material	Tungsten Carbide

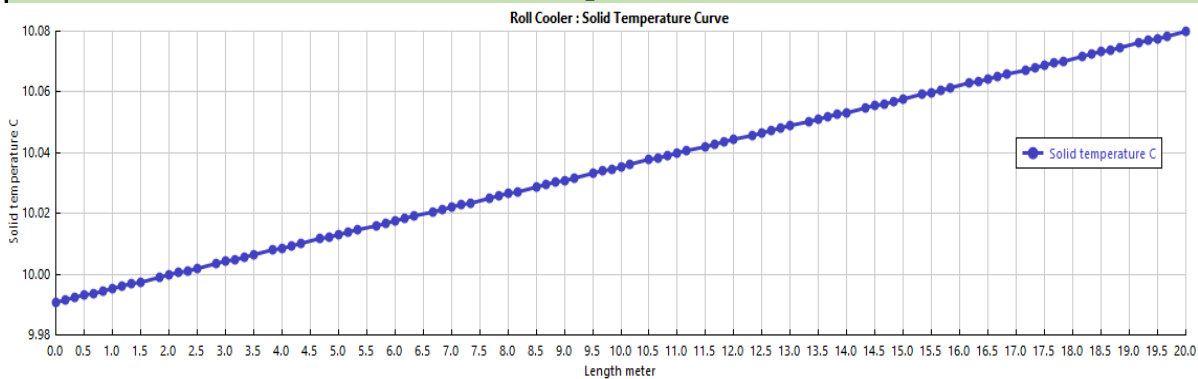
KONDISI OPERASI

Exhaust gas Temperature (Celcius)	14,4774271
solid residence time (Menit)	2
Critical Solid Moisture Content (dr	1,5
Temperatur (°C)	30
Solids Velocity (Meter/detik)	0,16
Initial solid moisture content	49,449921
Outlet solid moisture content	49,4453993
Evaporation rate (kg/jam)	10,3100931
Vapor Temperature at adiabatic sat	16,8701146

GEOMETRY

Gass Flow Direction	Cross flow
Panjang Roll Heater (m)	20
Panjang membran (m)	20
Lebar Membran (m)	1
Panjang roll (m)	1
Diameter roll (m)	0,08
Jumlah roll yang dibutuhkan	250
Inside diameter (m)	0,04
Faktor korosi	0,0625
Luas permukaan membran (m ²)	20
Roll Heater type	Convective Dryer

Solids Temperature Curve



LEMBAR SPESIFIKASI ALAT PENDUKUNG

Nomor alat	E-232
Nama Unit	Cooler
KONDISI OPERASI	
Outlet temperature (°C)	30
Outlet Pressure (atm)	1
Vapor Fraction	1
Heat duty (kj/hr)	-864594,4618
GEOMETRI	
Type Heater	Coil cooler + water spray

LEMBAR SPESIFIKASI ALAT PENDUKUNG	
Nomor alat	
Nama Unit	Compressor
Type Compressor	Isentropic
KONDISI OPERASI	
Discharge Pressure (bar)	6
Efficiency isentropic	0,7
Vapor Fraction	1
Heat duty (kj/hr)	499553,6903
Net work required (KW)	240,165128
Brake Horse Power (KW)	240,165128
Mechanical Efficiency	1
Outlet Pressure (Bar)	6
Outlet temperature (°C)	313,213149
Inlet temperature (°C)	30

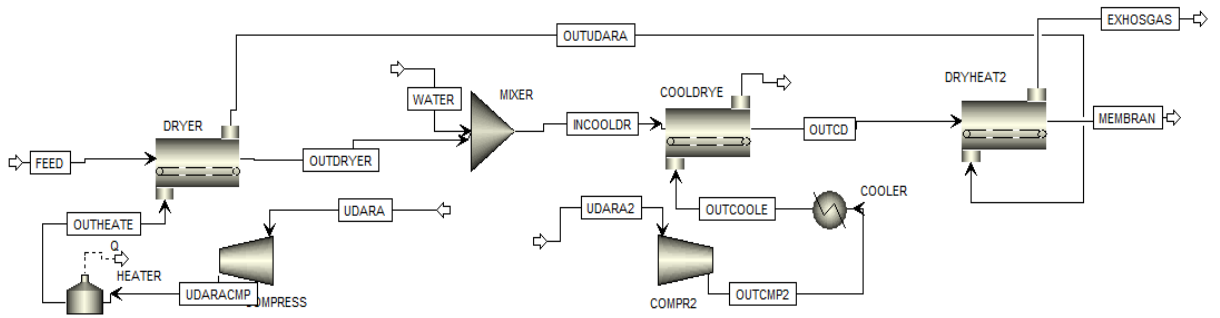
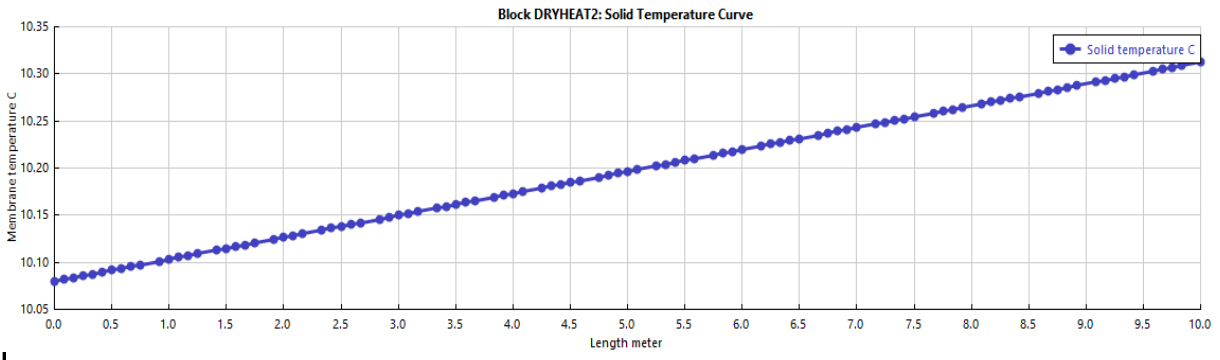
LEMBAR SPESIFIKASI ALAT	
Nomor alat	J-230
Nama Unit	Roll Heater
Jumlah	1
Fungsi	Untuk mendinginkan membran
Material	Tungsten Carbide
KONDISI OPERASI	
Exhaust gas Temperature (Celcius)	54,2558086
solid residence time (Menit)	2
Critical Solid Moisture Content	0,03%
Temperatur (°C)	30
Solids Velocity (Meter/detik)	0,16
Initial solid moisture content	49,4453993
Outlet solid moisture content	49,418241

Overall Evaporation rate (kg/min)	61,9252884
Vapor Temperature at adiabatic sat	48,0662423

GEOMETRY

Gass Flow Direction	Cross flow
Panjang Roll Heater (m)	20
Panjang membran (m)	20
Lebar Membran (m)	1
Panjang roll (m)	1
Diameter roll (m)	0,08
Jumlah roll yang dibutuhkan	154
Inside diameter (m)	0,04
Faktor korosi	0,0625
Luas permukaan membran (m ²)	20
Roll Heater type	Convective Dryer

Solids Temperature Curve



SPESIFIKASI ALAT M-140

TANGKI PENCAMPURAN 4 (M-140)

Fungsi = untuk mencampurkan larutan NaOH, Urea, Asam Sitrat, H₂O Kapas, PTO, H₂O₂

Jenis : Tangki berpengaduk turbin flat six blade open turbine dengan tutup dan alas welded flat

Kondisi Operasi

T inlet	10	°C	91,141
P	14,6959488	psi	
	1	atm	
T outlet	5	°C	
P masuk	1	atm	
P keluar	1	atm	

Komposisi outlet Tangki Pencampuran 1 (M-110)

Komponen	m (kg/jam)	m (lb/jam)	rho (lb/ft ³)	V (ft ³ /jam)	BM	kmol/jam
NaOH	59611,9856	131444,428	120	1095,37	40	1490,300
H ₂ O	238447,9423	525777,713	62,4	8425,92	18	13247,11
Total	298059,9279	657222,141	69,026549	9521,3		14737,41

Komposisi outlet Tangki Pencampuran 5 (M-150)

Komponen	m (kg/jam)	m (lb/jam)	rho (lb/ft ³)	V (ft ³ /jam)	BM	kmol/jam
Urea	50670,1877	111727,764	76,8	1454,79	60	844,503
H ₂ O	160455,5945	353804,586	62,4	5669,95	18	8914,200
Total	211125,7823	465532,35	65,340314	7124,73		9758,70

Komposisi outlet Tangki Pencampuran 2 (M-120)

Komponen	m (kg/jam)	m (lb/jam)	rho (lb/ft ³)	V (ft ³ /jam)	BM	kmol/jam
H ₂ O	15855,8099	34962,0607	62,4	560,289	18	880,878
As. sitrat	456,9422	1007,55764	70,9	14,211	192,124	2,378
Total	16312,7521	35969,6184	62,610258	574,5		883,26

Komposisi outlet Tangki Pencampuran 3 (M-130)

Komponen	m (kg/jam)	m (lb/jam)	rho (lb/ft ³)	V (ft ³ /jam)	BM	kmol/jam
H ₂ O	7,8372	17,2810269	62,4	0,27694	18	0,435
PTO	1,2456	2,74653409	84,2	0,03262	317,867	0,004
Total	9,0828	20,027561	64,697134	0,30956		0,44

Komposisi aliran <7>

Komponen	m (kg/jam)	m (lb/jam)	rho (lb/ft ³)	V (ft ³ /jam)	BM	kmol/jam
H ₂ O ₂	11,1996	24,695122	91,1	0,27108	34	0,329

Komposisi aliran <9>

Komponen	m (kg/jam)	m (lb/jam)	rho (lb/ft ³)	V (ft ³ /jam)	BM	kmol/jam
Kapas	1013,4038	2234,55528	50	44,6911	162,141	6,250

Komposisi Feed Tangki Pencampuran M-140

Komponen	m (kg/jam)	m (lb/jam)	rho (lb/ft ³)	V (ft ³ /jam)	BM	kmol/jam
NaOH	59611,98559	131444,428	120	1095,37	40	1490,300
H2O	414767,1839	914561,641	62,4	14656,4	18	23042,62
Asam sitrat	456,9422419	1007,55764	70,9	14,211	192,124	2,378
Kapas	1013,403755	2234,55528	50	44,6911	162,141	6,250
Urea	50670,18775	111727,764	76,8	1454,79	60	844,503
PTO	1,24593693	2,74653409	84,2	0,03262	317,867	0,004
H2O2	11,1996	24,695122	91,1	0,27108	34	0,329
Total	526532,1485	1161003,39	67,242949	17265,8		25386,39

Komposisi Outlet Tangki Pencampuran M-140

Komponen	m (kg/jam)	m (lb/jam)	rho (lb/ft ³)	V (ft ³ /jam)	BM	kmol/jam
NaOH	59611,98559	131444,428	120	1095,37	40	1490,3
H2O	414767,1839	914561,641	62,7	14586,3	18	23042,62
Asam sitrat	456,9422419	1007,55764	71,4	14,1115	192,124	2,378371
Kapas	1013,403755	2234,55528	50	44,6911	162,141	6,250154
Urea	50670,18775	111727,764	76,8	1454,79	60	844,5031
PTO	1,24593693	2,74653409	85,9	0,03197	317,867	0,003919
H2O2	11,19960179	24,695122	92,2	0,26784	34	0,3294
Total	526532,1485	1161003,39	67,517582	17195,6		25386,39

Perancangan Tangki Reaktor

Volume Bahan	=	75%	volume total
Volume Ruang Kosong	=	25%	volume total
Double Welded butt Join			
Carbon Steel SA-516 70			
E	=	0,8	
C	=	2/16	0,125 in 3,175 mm
Allowable Stress	=	18750	

Tangki pencampuran berbentuk silinder dengan tutup atas flat dan tutup bawah flat

V total tangki	=	Volume Liquid (ft ³ /jam) / 0.75
	=	23021,068 ft ³
tinggi silinder tangki	=	1,5 * do (Keadaan optimal)
Volume silinder =	$V_1 = \frac{\pi}{4} d^2 L_s$ (Silinder)	

Menghitung diameter dan tinggi tangki penampung

$$V_{\text{total}} = \text{Volume silinder} \cdot V1$$

$$23021,0682 = 1,1775 * d^3$$

$$d^3 = 19550,8010$$

$$d = 26,9394165 \text{ ft} = 323,273 \text{ inch} = 8,21 \text{ m}$$

$$\text{tinggi silinder tangki (Ls)} = 1,5 * d_o \text{ (Keadaan optimal)}$$

$$\text{tinggi silinder tangki (Ls)} = 40,409125$$

$$\text{Volume liquida} = \frac{\pi}{4} * d^2 * H_{\text{liquida}}$$

$$H_{\text{liquida}} = \frac{\text{Volume liquid}}{\left(\frac{\pi}{4} * d^2\right)}$$

$$H_{\text{liquida}} = 30,30684359 \text{ ft}$$

$$\text{Gravitasi} = 9,8 \text{ m/s}$$

$$P_{\text{hidrostatik}} = \text{massa jenis campuran liquid} * (\text{Gravitasi}) * H_{\text{liquid}}$$

$$P_{\text{hidrostatik}} = 90817,4429 \text{ Pascal} = 12,7144 \text{ psia}$$

$$P_{\text{desain}} = P_{\text{hidrostatik}} + P_{\text{operasi}}$$

$$P_{\text{desain}} = 12,714442 + 14,695949 = 27,4104 \text{ psia}$$

$$ts = \frac{P_{\text{desain}} \times OD}{2 \times f \times E \times P_{\text{desain}}} + C$$

Menghitung Nozzle inlet : Dari outlet Tangki Pencampuran 1 (M-110)

Menghitung debit inlet air

$$Q = \frac{M_{\text{camp}}}{\rho_{\text{camp}}} \times \frac{1}{3600}$$

$$Q = 2,6448042 \text{ ft}^3/\text{detik}$$

Menghitung DI Optimal

$$di_{\text{opt}} = 3,9 \cdot (Q)^{0,45} \cdot (\rho)^{0,13}$$

$$di_{\text{opt}} = 0,833279337 \text{ ft} = 9,999 \text{ in} = 10 \text{ in}$$

Menghitung Nozzle inlet : dari Tangki Pencampuran 5 (M-150)

Menghitung debit outlet

$$Q = \frac{M_{\text{camp}}}{\rho_{\text{camp}}} \times \frac{1}{3600}$$

$$Q = 1,979092745 \text{ ft}^3/\text{detik}$$

Menghitung DI Optimal

$$di_{\text{opt}} = 3,9 \cdot (Q)^{0,45} \cdot (\rho)^{0,13}$$

$$di_{\text{opt}} = 0,833327603 \text{ ft} = 9,9999 \text{ in} = 10 \text{ in}$$

Menghitung Nozzle inlet : dari Tangki Pencampuran 2 (M-120)

Menghitung debit outlet

$$Q = \frac{M_{\text{camp}}}{\rho_{\text{camp}}} \times \frac{1}{3600}$$

$$Q = 0,159583445 \text{ ft}^3/\text{detik}$$

Menghitung DI Optimal

$$di_{opt} = 3,9 \cdot (Q)^{0,45} \cdot (\rho)^{0,13}$$

di opt 0,833333067 ft = 10 in

Menghitung Nozzle inlet : dari Tangki Pencampuran 3 (M-130)

Menghitung debit outlet

$$Q = \frac{M_{camp}}{\rho_{camp}} \times \frac{1}{3600}$$

Q 0,00009 ft³/detik

Menghitung DI Optimal

$$di_{opt} = 3,9 \cdot (Q)^{0,45} \cdot (\rho)^{0,13}$$

di opt 0,8333373 ft = 10 in

Menghitung Nozzle outlet : dari Tangki Pencampuran 3 (M-130)

Menghitung debit outlet

$$Q = \frac{M_{camp}}{\rho_{camp}} \times \frac{1}{3600}$$

Q 4,77655 ft³/detik

Menghitung DI Optimal

$$di_{opt} = 3,9 \cdot (Q)^{0,45} \cdot (\rho)^{0,13}$$

di opt 1,166660753 ft = 14 in

Tangki Pencampuran terdiri dari :

1. Silinder 1
2. Silinder 2
3. Silinder 3
4. Tutup atas dan bawah
5. Stiffener Ring
6. Noozle
7. Leg

Data Tutup Bawah

Outside diameter (m) :	8,21
Tipe :	welded flat
Tebal (mm) :	145
Internal corrosion allowance (mm) :	3,175
Nama material :	SA-516 70
Internal Pressure (N/sq.mm) :	0,20265
Temperatur internal pressure (C) :	5
External Pressure (N/sq.mm) :	0,101331
Temperatur external pressure (C) :	35

Data Silinder 1

Outside diameter (m) :	8,21
Panjang Cylinder (m) :	4
Tebal (mm) :	34,2
Internal corrosion allowance (mm) :	3,175
Nama material :	SA-516 70
Internal Pressure (N/sq.mm) :	0,20265
Temperatur internal pressure (C) :	5
External Pressure (N/sq.mm) :	0,101331
Temperatur external pressure (C) :	35

Data Silinder 2

Outside diameter (m) :	8,21
Panjang Cylinder (m) :	4
Tebal (mm) :	34,2
Internal corrosion allowance (mm) :	3,175
Nama material :	SA-516 70
Internal Pressure (N/sq.mm) :	0,20265
Temperatur internal pressure (C) :	5
External Pressure (N/sq.mm) :	0,101331
Temperatur external pressure (C) :	35

Data Silinder 3

Outside diameter (m) :	8,21
Panjang Cylinder (m) :	4
Tebal (mm) :	34,2
Internal corrosion allowance (mm) :	3,175
Nama material :	SA-516 70
Internal Pressure (N/sq.mm) :	0,20265
Temperatur internal pressure (C) :	5
External Pressure (N/sq.mm) :	0,101331
Temperatur external pressure (C) :	35

Data Silinder 4

Outside diameter (m) :	8,21
Panjang Cylinder (m) :	0,37
Tebal (mm) :	34,2
Internal corrosion allowance (mm) :	3,175
Nama material :	SA-516 70
Internal Pressure (N/sq.mm) :	0,20265
Temperatur internal pressure (C) :	5
External Pressure (N/sq.mm) :	0,101331
Temperatur external pressure (C) :	35

Data Tutup Atas

Outside diameter (m) :	8,21
Tipe :	welded flat

Tebal (mm) :	144
Internal corrosion allowance (mm) :	3,175
Nama material :	SA-516 70
Internal Pressure (N/sq.mm) :	0,20265
Temperatur internal pressure (C) :	10
External Pressure (N/sq.mm) :	0,101331
Temperatur external pressure (C) :	35

Leg input

Leg Centerline diameter (m) :	8,9
Leg Orientation :	Strong axis
Number of leg :	4
Overall length of legs :	2 m
Leg database :	AISC
Section Identifier :	W21X333
Leg yield stress (N./mm ²) :	248,22
Pad with (mm)	1000
pad length (mm)	1000
pad thickness (mm)	500

Base plate input

Length, B (mm) :	1000
Width, D (mm) :	1000
Thickness (mm) :	26
Material :	SA-516 70

Stiffener ring 1 input

Ring Material :	SA-516 70
Ring Location :	OD
Ring Type :	Bar Type
Inside Diameter :	8.21 m
Thickness (mm) :	800
Outside diameter (m) :	8,49

Stiffener ring 2 input

Ring Material :	SA-516 70
Ring Location :	OD
Ring Type :	Bar Type
Inside Diameter :	8.21 m
Thickness (mm) :	1000
Outside diameter (m) :	8,49

Stiffener ring 3 input

Ring Material :	SA-516 70
Ring Location :	OD
Ring Type :	Bar Type
Inside Diameter :	8.21 m

Thickness (mm) : 600
Outside diameter (m) : 8,49

Input Nozzle inlet : Dari outlet Tangki Pencampuran 1 (M-110)

Nozzle Material : SA-106 B
Schedule : 40
Diameter (in) : 10
Actual thickness (mm) : 50
Layout angle : 0
Projection Outside (m) : 0,5
Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) : 0,05
Nozzle to shell Groove weld depth (m) : 0,0132

Input Nozzle inlet : Dari outlet Tangki Pencampuran 2 (M-120)

Nozzle Material : SA-106 B
Schedule : 40
Diameter (in) : 10
Actual thickness (mm) : 50
Layout angle : 70
Projection Outside (m) : 0,5
Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) : 0,05
Nozzle to shell Groove weld depth (m) : 0,0132

Input Nozzle inlet : Dari outlet Tangki Pencampuran 3 (M-130)

Nozzle Material : SA-106 B
Schedule : 40
Diameter (in) : 10
Actual thickness (mm) : 50
Layout angle : 40
Projection Outside (m) : 0,5
Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) : 0,05
Nozzle to shell Groove weld depth (m) : 0,0132

Input Nozzle Inlet Kapas

Nozzle Material : SA-106 B
Schedule : 30
Diameter (in) : 24
Actual thickness (mm) : 100
Layout angle : 55
Projection Outside (m) : 0,5
Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) : 0,05
Nozzle to shell Groove weld depth (m) : 0,0132

Input Nozzle Inlet H2O2

Nozzle Material : SA-106 B
Schedule : 30
Diameter (in) : 24
Actual thickness (mm) : 100

Layout angle : 120
 Projection Outside (m) : 0,5
 Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) : 0,05
 Nozzle to shell Groove weld depth (m) : 0,0132

Input Man Hole

Nozzle Material : SA-106 B
 Schedule : 30
 Diameter (in) : 24
 Actual thickness (mm) : 100
 Layout angle : 45
 Projection Outside (m) : 0,5
 Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) : 0,05
 Nozzle to shell Groove weld depth (m) : 0,0132

Input Nozzle Outlet

Nozzle Material : SA-106 B
 Schedule : 40
 Diameter (in) : 14
 Actual thickness (mm) : 130
 Layout angle : 0
 Projection Outside (m) : 0,5
 Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) : 0,05
 Nozzle to shell Groove weld depth (m) : 0,0132

Daya Pengaduk

jenis pengaduk = flat 6 blade turbin impeller
 Jumlah baffl = 4 buah

Untuk turbin standar (Mc Cabe, 1999), diperoleh :

Da/Dt = 1/3	;	Da	=	2,73704 m	=	8,98 ft
E/Da = 1	;	E	=	2,73704 m		
L/Da = 1/4	;	L	=	0,68426 m		
W/Da = 1/5	;	W	=	0,54741 m		
J/Dt = 1/12	;	J	=	0,68426 m		

Dengan :

Dt = diameter tangki
 Da = diameter impeller
 E = tinggi turbin dari dasar tangki
 L = panjang blade pada turbin
 W = lebar blade pada turbin
 J = lebar baffle
 N = 1 putaran/det

Kecepatan pengadukan = 1 Putaran/det (N)

Viskositas Campuran = 3,14703 lb/ft.jam
0,00087418 lb/ft.detik

Bilangan Reynold
Nre = $\frac{\rho \cdot N \cdot (Da)^2}{\mu}$ (Geankoplis, 1983)
= 578605,134

Nre >10000 maka perhitungan dengan pengadukan menggunakan rumus :

P = $\frac{KT \cdot n^3 \cdot Da^5 \cdot \rho}{gc}$ (McCabe, 1999)

KT = 6,3 (McCabe, 1999)

P = 1403,53874 hp

Efisiensi motor penggerak = 80%

Daya motor penggerak = 1754,42342 hp

LEMBAR SPESIFIKASI ALAT			
Nama	Tangki pencampuran 4 (M-140)		
Kode alat	M-140		
Fungsi	untuk mencampurkan larutan NaOH, Urea, Asam Sitrat, H2O		
Kapasitas total tangki (ft3)	Kapas, PTO, H2O2		
Bentuk	23021,0682		
Diameter luar (m)	Silinder dengan tutup atas flat dan bawah bentuk flat		
Tinggi Tangki (m)	8,21		
Bahan	12,37		
	Carbon Steel SA 516-70		
KONDISI OPERASI		SILINDER 1	
Temperatur Operasi (C)	5	Outside Diameter (m)	8,21
Tekanan Operasi (PSI)	27,4103908	Cylinder length (m)	4
Kapasitas produksi (kg/jam)	526532,148	Finished Thickness (mm)	34,2
PENUTUP		Internal Corrosion allowance	3.175 mm
Penutup bagian atas	welded flat	Material	SA-516 70
Tebal penutup bagian atas	144 mm	SILINDER 2	
Penutup bagian bawah	welded flat	Outside Diameter (m)	8,21
Tebal penutup bagian bawah	145 mm	Cylinder length (m)	4
Internal Corrosion allowance	3.175 mm	Finished Thickness (mm)	34,2

Temperatur external pressure	35 C	Internal Corrosion allowance	3.175 mm
External Pressure	1 atm	Material	SA-516 70
Internal Pressure (N/sq.mm)	0,20265	SILINDER 3	
welded flat attachment factor	0,2	Outside Diameter (m)	8,21
LEG		Cylinder length (m)	4
Leg Centerline diameter (m)	8,9	Finished Thickness (mm)	34,2
Leg Orientation	Strong axis	Internal Corrosion allowance	3,175
Number of leg	4	Material	SA-516 70
Overall length of legs	2 m	SILINDER 4	
Leg database	AISC	Outside Diameter (m)	8,21
Section Identifier	W21X333	Cylinder length (m)	0,37
Leg yield stress (N./mm2)	248,22	Finished Thickness (mm)	34,2
Pad with (mm)	1000	Internal Corrosion allowance	3,175
pad length (mm)	1000	Material	SA-516 70
pad thickness (mm)	500	BASE PLATE	
STIFFENER RING 1		Length, B (mm) :	1000
Ring Material :	SA-516 70	Width, D (mm) :	1000
Ring Location :	OD	Thickness (mm) :	26
Ring Type :	Bar Type	Material :	SA-516 70
Inside Diameter :	8.21 m	Nozzle inlet : Dari outlet Tangki Pencampuran 1 (M-110)	
Thickness (mm) :	800	Noozle Material :	SA-106 B
Outside diameter (m) :	8,49	Schedule :	40
STIFFENER RING 2		Diameter (in) :	10
Ring Material :	SA-516 70	Actual thickness (mm) :	50
Ring Location :	OD	Layout angle :	0
Ring Type :	Bar Type	Projection Outside (m) :	0,5
Inside Diameter :	8.21 m	Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0,05
Thickness (mm) :	1000	Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0,0132
Outside diameter (m) :	8,49	Nozzle inlet : Dari outlet Tangki Pencampuran 2 (M-120)	
STIFFENER RING 3		Noozle Material :	SA-106 B
Ring Material :	SA-516 70	Schedule :	40
Ring Location :	OD	Diameter (in) :	10
Ring Type :	Bar Type	Actual thickness (mm) :	50
Inside Diameter :	8.21 m	Layout angle :	70
Thickness (mm) :	600	Projection Outside (m) :	0,5

Outside diameter (m) :	8,49	Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0,05
MAN HOLE		Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0,0132
Nozzle Material :	SA-106 B	Nozzle inlet : Dari outlet Tangki Pencampuran 3 (M-130)	
Schedule :	30	Nozzle Material :	SA-106 B
Diameter (in) :	24	Schedule :	40
Actual thickness (mm) :	100	Diameter (in) :	10
Layout angle :	45	Actual thickness (mm) :	50
Projection Outside (m) :	0,5	Layout angle :	40
Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0,05	Projection Outside (m) :	0,5
Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0,0132	Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0,05
Nozzle Inlet Kapas		Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0,0132
Nozzle Material :	SA-106 B	Nozzle Inlet H2O2	
Schedule :	30	Nozzle Material :	SA-106 B
Diameter (in) :	24	Schedule :	30
Actual thickness (mm) :	100	Diameter (in) :	24
Layout angle :	55	Actual thickness (mm) :	100
Projection Outside (m) :	0,5	Layout angle :	120
Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0,05	Projection Outside (m) :	0,5
Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0,0132	Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0,05
		Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0,0132

Table of Contents

Cover Sheet.....	3
Title Page.....	4
Warnings and Errors :.....	6
Input Echo :.....	7
XY Coordinate Calculations :.....	17
Internal Pressure Calculations :.....	18
External Pressure Calculations :.....	25
Element and Detail Weights :.....	31
Nozzle Flange MAWP :.....	35
Natural Frequency Calculation :.....	36
Wind Load Calculation :.....	37
Earthquake Load Calculation :.....	42
Wind/Earthquake Shear, Bending :.....	43
Wind Deflection :.....	44
Longitudinal Stress Constants :.....	45
Longitudinal Allowable Stresses :.....	46
Longitudinal Stresses Due to . . . :.....	47
Stress due to Combined Loads :.....	50
Center of Gravity Calculation :.....	57
Leg Check, (Operating Case) :.....	58
Nozzle Calcs. : Noozle outlet.....	73
Nozzle Calcs. : man hole.....	79
Nozzle Calcs. : Inlet mixer 1.....	89
Nozzle Calcs. : inlet mixer 2.....	99
Nozzle Calcs. : Inlet mixer 3.....	109
Nozzle Calcs. : Inlet mixer 5.....	119
Nozzle Calcs. : Inlet H2O2.....	129
Nozzle Calcs. : Inlet Kapas.....	139
Nozzle Schedule :.....	149
Nozzle Summary :.....	151
MDMT Summary :.....	153
Vessel Design Summary :.....	155

DESIGN CALCULATION

In Accordance with ASME Section VIII Division 1

ASME Code Version : 2015

Analysis Performed by : SPLM Licensed User

Job File : D:\DEKSTOP\COBA PV ELITE\MIXER 4.Pvdb

Date of Analysis : Aug 3,2021 3:38pm

PV Elite 2016, January 2016

Note:

PV Elite performs all calculations internally in Imperial Units to remain compliant with the ASME Code and any built in assumptions in the ASME Code formulas. The finalized results are reflected to show the user's set of selected units.

Class From To : Basic Element Checks.

=====

Class From To: Check of Additional Element Data

=====

Please insure the C factor entered is in accordance with Figure UG-34.

Please insure the C factor entered is in accordance with Figure UG-34.

There were no geometry errors or warnings.

FileName : MIXER 4

Input Echo :

Step: 1 3:38pm Aug 3,2021

PV Elite Vessel Analysis Program: Input Data

Design Internal Pressure (for Hydrotest)	0.2026	N./sq.mm.
Design Internal Temperature	5	°C
Type of Hydrotest	not Specified	
Hydrotest Position	Horizontal	
Projection of Nozzle from Vessel Top	0.0000	m.
Projection of Nozzle from Vessel Bottom	0.0000	m.
Minimum Design Metal Temperature	10	°C
Type of Construction	Welded	
Special Service	None	
Degree of Radiography	None	
Use Higher Longitudinal Stresses (Flag)	Y	
Select t for Internal Pressure (Flag)	N	
Select t for External Pressure (Flag)	N	
Select t for Axial Stress (Flag)	N	
Select Location for Stiff. Rings (Flag)	N	
Consider Vortex Shedding	N	
Perform a Corroded Hydrotest	N	
Is this a Heat Exchanger	No	
User Defined Hydro. Press. (Used if > 0)	0.0000	N./sq.mm.
User defined MAWP	0.0000	N./sq.mm.
User defined MAPnc	0.0000	N./sq.mm.
Load Case 1	NP+EW+WI+FW+BW	
Load Case 2	NP+EW+EE+FS+BS	
Load Case 3	NP+OW+WI+FW+BW	
Load Case 4	NP+OW+EQ+FS+BS	
Load Case 5	NP+HW+HI	
Load Case 6	NP+HW+HE	
Load Case 7	IP+OW+WI+FW+BW	
Load Case 8	IP+OW+EQ+FS+BS	
Load Case 9	EP+OW+WI+FW+BW	
Load Case 10	EP+OW+EQ+FS+BS	
Load Case 11	HP+HW+HI	
Load Case 12	HP+HW+HE	

FileName : MIXER 4

Input Echo : Step: 1 3:38pm Aug 3,2021

Load Case 13		IP+WE+EW
Load Case 14		IP+WF+CW
Load Case 15		IP+VO+OW
Load Case 16		IP+VE+EW
Load Case 17		NP+VO+OW
Load Case 18		FS+BS+IP+OW
Load Case 19		FS+BS+EP+OW
Wind Design Code		ASCE-7 93
Basic Wind Speed	[V]	31.292 m/sec
Surface Roughness Category		C: Open Terrain
Importance Factor		1.0
Type of Surface		Moderately Smooth
Base Elevation		0.0000 m.
Percent Wind for Hydrotest		33.0
Using User defined Wind Press. Vs Elev.		N
Damping Factor (Beta) for Wind (Ope)		0.0100
Damping Factor (Beta) for Wind (Empty)		0.0000
Damping Factor (Beta) for Wind (Filled)		0.0000
Seismic Design Code		UBC 94
UBC Seismic Zone (1=1,2=2a,3=2b,4=3,5=4)		0.000
UBC Importance Factor		1.000
UBC Soil Type		S1
UBC Horizontal Force Factor		3.000
UBC Percent Seismic for Hydrotest		0.000
Design Nozzle for Des. Press. + St. Head		Y
Consider MAP New and Cold in Noz. Design		N
Consider External Loads for Nozzle Des.		Y
Use ASME VIII-1 Appendix 1-9		N
Material Database Year	Current w/Addenda or Code Year	

Configuration Directives:

Do not use Nozzle MDMT Interpretation VIII-1 01-37	No
Use Table G instead of exact equation for "A"	Yes

FileName : MIXER 4

Input Echo : Step: 1 3:38pm Aug 3,2021

Shell Head Joints are Tapered	Yes
Compute "K" in corroded condition	Yes
Use Code Case 2286	No
Use the MAWP to compute the MDMT	Yes
Using Metric Material Databases, ASME II D	No

Complete Listing of Vessel Elements and Details:

Element From Node	10
Element To Node	20
Element Type	Flat
Description	Tutup Bawah
Distance "FROM" to "TO"	0.1450 m.
Element Outside Diameter	8.2100 m.
Element Thickness	145.00 mm.
Internal Corrosion Allowance	3.1750 mm.
Nominal Thickness	0.0000 mm.
External Corrosion Allowance	0.0000 mm.
Design Internal Pressure	0.2026 N./sq.mm.
Design Temperature Internal Pressure	5 °C
Design External Pressure	0.1013 N./sq.mm.
Design Temperature External Pressure	35 °C
Effective Diameter Multiplier	1.2
Material Name	SA-516 70
Allowable Stress, Ambient	137.90 N./mm ²
Allowable Stress, Operating	137.90 N./mm ²
Allowable Stress, Hydrotest	179.27 N./mm ²
Material Density	0.007750 kg./cm ³
P Number Thickness	31.750 mm.
Yield Stress, Operating	262.01 N./mm ²
UCS-66 Chart Curve Designation	B
External Pressure Chart Name	CS-2
UNS Number	K02700
Product Form	Plate
Efficiency, Longitudinal Seam	1.0
Efficiency, Circumferential Seam	1.0
Flat Head Attachment Factor	0.2
Small diameter if Non-Circular	0.0000 m.

FileName : MIXER 4

Input Echo : Step: 1 3:38pm Aug 3,2021

Element From Node	10
Detail Type	Nozzle
Detail ID	Noozle outlet
Dist. from "FROM" Node / Offset dist	0.0000 m.
Nozzle Diameter	14.0 in.
Nozzle Schedule	40
Nozzle Class	150
Layout Angle	0.0
Blind Flange (Y/N)	N
Weight of Nozzle (Used if > 0)	0.0000 N.
Grade of Attached Flange	GR 1.1
Nozzle Matl	SA-106 B

Element From Node	20
Element To Node	30
Element Type	Cylinder
Description	Silinder 1
Distance "FROM" to "TO"	4.0000 m.
Element Outside Diameter	8.2100 m.
Element Thickness	34.200 mm.
Internal Corrosion Allowance	3.1750 mm.
Nominal Thickness	0.0000 mm.
External Corrosion Allowance	0.0000 mm.
Design Internal Pressure	0.2026 N./sq.mm.
Design Temperature Internal Pressure	5 °C
Design External Pressure	0.1013 N./sq.mm.
Design Temperature External Pressure	35 °C
Effective Diameter Multiplier	1.2
Material Name	SA-516 70
Efficiency, Longitudinal Seam	1.0
Efficiency, Circumferential Seam	1.0

Element From Node	20
Detail Type	Nozzle
Detail ID	man hole

FileName : MIXER 4

Input Echo :

Step: 1 3:38pm Aug 3,2021

Dist. from "FROM" Node / Offset dist	1.0000	m.
Nozzle Diameter	24.0	in.
Nozzle Schedule	30	
Nozzle Class	150	
Layout Angle	45.0	
Blind Flange (Y/N)	N	
Weight of Nozzle (Used if > 0)	0.0000	N.
Grade of Attached Flange	GR 1.1	
Nozzle Matl	SA-106 B	

Element From Node	20	
Detail Type	Leg	
Detail ID	LEGS	
Dist. from "FROM" Node / Offset dist	0.8000	m.
Diameter at Leg Centerline	8.9000	m.
Leg Orientation	1	
Number of Legs	4	
Section Identifier	W21X333	
Length of Legs	2.0000	m.

Element From Node	30	
Element To Node	40	
Element Type	Cylinder	
Description	silinder 2	
Distance "FROM" to "TO"	4.0000	m.
Element Outside Diameter	8.2100	m.
Element Thickness	34.200	mm.
Internal Corrosion Allowance	3.1750	mm.
Nominal Thickness	0.0000	mm.
External Corrosion Allowance	0.0000	mm.
Design Internal Pressure	0.2026	N./sq.mm.
Design Temperature Internal Pressure	5	°C
Design External Pressure	0.1013	N./sq.mm.
Design Temperature External Pressure	35	°C
Effective Diameter Multiplier	1.2	
Material Name	SA-516 70	

FileName : MIXER 4

Input Echo : Step: 1 3:38pm Aug 3,2021

Efficiency, Longitudinal Seam 1.0
 Efficiency, Circumferential Seam 1.0

Element From Node 30
 Detail Type Ring
 Detail ID Ring:1
 Dist. from "FROM" Node / Offset dist 0.0000 m.
 Inside Diameter of Ring 8.2100 m.
 Thickness of Ring 1000.0 mm.
 Outside Diameter of Ring 8.4900 m.
 Material Name SA-516 70
 Height of Section Ring 0.0000 mm.
 Using Custom Stiffener Section No

Element From Node 40
 Element To Node 50
 Element Type Cylinder
 Description silinder 3
 Distance "FROM" to "TO" 4.0000 m.
 Element Outside Diameter 8.2100 m.
 Element Thickness 34.200 mm.
 Internal Corrosion Allowance 3.1750 mm.
 Nominal Thickness 0.0000 mm.
 External Corrosion Allowance 0.0000 mm.
 Design Internal Pressure 0.2026 N./sq.mm.
 Design Temperature Internal Pressure 5 °C
 Design External Pressure 0.1013 N./sq.mm.
 Design Temperature External Pressure 35 °C
 Effective Diameter Multiplier 1.2
 Material Name SA-516 70
 Efficiency, Longitudinal Seam 1.0
 Efficiency, Circumferential Seam 1.0

Element From Node 40
 Detail Type Ring
 Detail ID Ring:2

FileName : MIXER 4

Input Echo :

Step: 1 3:38pm Aug 3,2021

Dist. from "FROM" Node / Offset dist	0.0000	m.
Inside Diameter of Ring	8.2100	m.
Thickness of Ring	1000.0	mm.
Outside Diameter of Ring	8.4900	m.
Material Name	SA-516	70
Height of Section Ring	0.0000	mm.
Using Custom Stiffener Section	No	
Element From Node	40	
Detail Type	Nozzle	
Detail ID	Inlet mixer 1	
Dist. from "FROM" Node / Offset dist	3.5000	m.
Nozzle Diameter	10.0	in.
Nozzle Schedule	40	
Nozzle Class	150	
Layout Angle	0.0	
Blind Flange (Y/N)	N	
Weight of Nozzle (Used if > 0)	0.0000	N.
Grade of Attached Flange	GR 1.1	
Nozzle Matl	SA-106	B
Element From Node	40	
Detail Type	Nozzle	
Detail ID	inlet mixer 2	
Dist. from "FROM" Node / Offset dist	3.5000	m.
Nozzle Diameter	10.0	in.
Nozzle Schedule	40	
Nozzle Class	150	
Layout Angle	70.0	
Blind Flange (Y/N)	N	
Weight of Nozzle (Used if > 0)	0.0000	N.
Grade of Attached Flange	GR 1.1	
Nozzle Matl	SA-106	B
Element From Node	40	
Detail Type	Nozzle	
Detail ID	Inlet mixer 3	
Dist. from "FROM" Node / Offset dist	3.5000	m.

FileName : MIXER 4

Input Echo :

Step: 1 3:38pm Aug 3,2021

Nozzle Diameter 10.0 in.
 Nozzle Schedule 40
 Nozzle Class 150
 Layout Angle 40.0
 Blind Flange (Y/N) N
 Weight of Nozzle (Used if > 0) 0.0000 N.
 Grade of Attached Flange GR 1.1
 Nozzle Matl SA-106 B

Element From Node 40
 Detail Type Nozzle
 Detail ID Inlet mixer 5
 Dist. from "FROM" Node / Offset dist 3.5000 m.
 Nozzle Diameter 10.0 in.
 Nozzle Schedule 40
 Nozzle Class 150
 Layout Angle 90.0
 Blind Flange (Y/N) N
 Weight of Nozzle (Used if > 0) 0.0000 N.
 Grade of Attached Flange GR 1.1
 Nozzle Matl SA-106 B

Element From Node 40
 Detail Type Nozzle
 Detail ID Inlet H2O2
 Dist. from "FROM" Node / Offset dist 3.3000 m.
 Nozzle Diameter 24.0 in.
 Nozzle Schedule 30
 Nozzle Class 150
 Layout Angle 120.0
 Blind Flange (Y/N) N
 Weight of Nozzle (Used if > 0) 0.0000 N.
 Grade of Attached Flange GR 1.1
 Nozzle Matl SA-106 B

Element From Node 40
 Detail Type Nozzle
 Detail ID Inlet Kapas

FileName : MIXER 4

Input Echo :

Step: 1 3:38pm Aug 3,2021

Dist. from "FROM" Node / Offset dist	3.0000	m.
Nozzle Diameter	24.0	in.
Nozzle Schedule	30	
Nozzle Class	150	
Layout Angle	55.0	
Blind Flange (Y/N)	N	
Weight of Nozzle (Used if > 0)	0.0000	N.
Grade of Attached Flange	GR 1.1	
Nozzle Matl	SA-106 B	

Element From Node	50	
Element To Node	60	
Element Type	Cylinder	
Description	Silinder 4	
Distance "FROM" to "TO"	0.3700	m.
Element Outside Diameter	8.2100	m.
Element Thickness	34.200	mm.
Internal Corrosion Allowance	3.1750	mm.
Nominal Thickness	0.0000	mm.
External Corrosion Allowance	0.0000	mm.
Design Internal Pressure	0.2026	N./sq.mm.
Design Temperature Internal Pressure	5	°C
Design External Pressure	0.1013	N./sq.mm.
Design Temperature External Pressure	35	°C
Effective Diameter Multiplier	1.2	
Material Name	SA-516 70	
Efficiency, Longitudinal Seam	1.0	
Efficiency, Circumferential Seam	1.0	

Element From Node	50	
Detail Type	Ring	
Detail ID	Ring 3	
Dist. from "FROM" Node / Offset dist	0.0000	m.
Inside Diameter of Ring	8.2100	m.
Thickness of Ring	600.00	mm.
Outside Diameter of Ring	8.4900	m.

FileName : MIXER 4

Input Echo :

Step: 1 3:38pm Aug 3,2021

Material Name	SA-516 70
Height of Section Ring	0.0000 mm.
Using Custom Stiffener Section	No

Element From Node	60
Element To Node	70
Element Type	Flat
Description	Tutup Atas
Distance "FROM" to "TO"	0.1440 m.
Element Outside Diameter	8.2100 m.
Element Thickness	144.00 mm.
Internal Corrosion Allowance	3.1750 mm.
Nominal Thickness	0.0000 mm.
External Corrosion Allowance	0.0000 mm.
Design Internal Pressure	0.2026 N./sq.mm.
Design Temperature Internal Pressure	5 °C
Design External Pressure	0.1013 N./sq.mm.
Design Temperature External Pressure	35 °C
Effective Diameter Multiplier	1.2
Material Name	SA-516 70
Efficiency, Longitudinal Seam	1.0
Efficiency, Circumferential Seam	1.0
Flat Head Attachment Factor	0.2
Small diameter if Non-Circular	0.0000 m.

FileName : MIXER 4

XY Coordinate Calculations : Step: 2 3:38pm Aug 3,2021

XY Coordinate Calculations

From	To	X (Horiz.) m.	Y (Vert.) m.	DX (Horiz.) m.	DY (Vert.) m.
Tutup Bawa	...	0.14500	...	0.14500	...
Silinder 1	...	4.14500	...	4.00000	...
silinder 2	...	8.14500	...	4.00000	...
silinder 3	...	12.1450	...	4.00000	...
Silinder 4	...	12.5150	...	0.37000	...
Tutup Atas	...	12.6590	...	0.14400	...

FileName : MIXER 4

Internal Pressure Calculations : Step: 3 3:38pm Aug 3,2021

Element Thickness, Pressure, Diameter and Allowable Stress :

From	To	Int. Press + Liq. Hd N./sq.mm.	Nominal Thickness mm.	Total Corr Allowance mm.	Element Diameter m.	Allowable Stress (SE) N./mm ²
Tutup Bawa		0.2026	...	3.1750	8.2100	137.90
Silinder 1		0.2026	...	3.1750	8.2100	137.90
silinder 2		0.2026	...	3.1750	8.2100	137.90
silinder 3		0.2026	...	3.1750	8.2100	137.90
Silinder 4		0.2026	...	3.1750	8.2100	137.90
Tutup Atas		0.2026	...	3.1750	8.2100	137.90

Element Required Thickness and MAWP :

From	To	Design Pressure N./sq.mm.	M.A.W.P. Corroded N./sq.mm.	M.A.P. New & Cold N./sq.mm.	Minimum Thickness mm.	Required Thickness mm.
Tutup Bawa		0.20265	0.20576	0.21507	145.000	143.925
Silinder 1		0.20265	1.04539	1.15273	34.2000	9.20393
silinder 2		0.20265	1.04539	1.15273	34.2000	9.20393
silinder 3		0.20265	1.04539	1.15273	34.2000	9.20393
Silinder 4		0.20265	1.04539	1.15273	34.2000	9.20393
Tutup Atas		0.20265	0.20287	0.21212	144.000	143.925
Minimum			0.203	0.212		

MAWP: 0.203 N./sq.mm., limited by: Tutup Atas.

Internal Pressure Calculation Results :

ASME Code, Section VIII, Division 1, 2015

Welded Flat Head From 10 To 20 SA-516 70 , UCS-66 Crv. B at 5 °C

Tutup Bawah

FileName : MIXER 4

Internal Pressure Calculations : Step: 3 3:38pm Aug 3,2021

Material UNS Number: K02700

Required Thickness due to Internal Pressure [tr]:

$$\begin{aligned}
 &= d * \sqrt{Z*C*P/(S*E)} \text{ per UG-34 (c) (3)} \\
 &= 8.2100*\sqrt{1.00*0.20*0.203/(137.90*1.00)} \\
 &= 140.7503 + 3.1750 = 143.9253 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

Max. Allowable Working Pressure at given Thickness, corroded [MAWP]:

$$\begin{aligned}
 &= (t/d)^2*((S*E)/(C*Z)) \text{ per UG-34 (c) (3)} \\
 &= ((141.8250)/8.2100)^2*((137.90*1.00)/(0.20*1.00)) \\
 &= 0.206 \text{ N./sq.mm.}
 \end{aligned}$$

Maximum Allowable Pressure, New and Cold [MAPNC]:

$$\begin{aligned}
 &= (t/d)^2*((S*E)/(C*Z)) \text{ per UG-34 (c) (3)} \\
 &= (145.0000/8.2100)^2*((137.90*1.00)/(0.20*1.00)) \\
 &= 0.215 \text{ N./sq.mm.}
 \end{aligned}$$

Actual stress at given pressure and thickness, corroded [Sact]:

$$\begin{aligned}
 &= (Z*C*P)/(((t/d)^2)*E) \\
 &= (1.00*0.20*0.203)/((((141.8250)/8.2100)^2)*1.00) \\
 &= 135.818 \text{ N./mm}^2
 \end{aligned}$$

Minimum Design Metal Temperature Results:

tg = 36.250 , tg_sr = 145.000 , tr = 140.825 , c = 3.175 mm. , E* = 1.00

Stress Ratio = tr * (E*)/(tg_sr - c) = 0.993 , Temp. Reduction = 0 °C

Min Metal Temp. w/o impact per UCS-66, Curve B 9 °C

Min Metal Temp. at Required thickness (UCS 66.1) 9 °C

Note: Post Weld Heat Treatment is required for this Element/Joint.

Cylindrical Shell From 20 To 30 SA-516 70 , UCS-66 Crv. B at 5 °C

Silinder 1

Material UNS Number: K02700

FileName : MIXER 4

Internal Pressure Calculations : Step: 3 3:38pm Aug 3,2021

Required Thickness due to Internal Pressure [tr]:

$$= (P \cdot R_o) / (S \cdot E + 0.4 \cdot P) \text{ per Appendix 1-1 (a) (1)}$$

$$= (0.203 \cdot 4.1050) / (137.90 \cdot 1.00 + 0.4 \cdot 0.203)$$

$$= 6.0289 + 3.1750 = 9.2039 \text{ mm.}$$

Max. Allowable Working Pressure at given Thickness, corroded [MAWP]:

$$= (S \cdot E \cdot t) / (R_o - 0.4 \cdot t) \text{ per Appendix 1-1 (a) (1)}$$

$$= (137.90 \cdot 1.00 \cdot 31.0250) / (4.1050 - 0.4 \cdot 31.0250)$$

$$= 1.045 \text{ N./sq.mm.}$$

Maximum Allowable Pressure, New and Cold [MAPNC]:

$$= (S \cdot E \cdot t) / (R_o - 0.4 \cdot t) \text{ per Appendix 1-1 (a) (1)}$$

$$= (137.90 \cdot 1.00 \cdot 34.2000) / (4.1050 - 0.4 \cdot 34.2000)$$

$$= 1.153 \text{ N./sq.mm.}$$

Actual stress at given pressure and thickness, corroded [Sact]:

$$= (P \cdot (R_o - 0.4 \cdot t)) / (E \cdot t)$$

$$= (0.203 \cdot ((4.1050 - 0.4 \cdot 31.0250)) / (1.00 \cdot 31.0250)$$

$$= 26.732 \text{ N./mm}^2$$

Percent Elongation per UCS-79 $(50 \cdot t_{nom} / R_f) \cdot (1 - R_f / R_o)$ 0.418 %**Minimum Design Metal Temperature Results:**Govrn. thk, $t_g = 34.200$, $t_r = 6.035$, $c = 3.1750$ mm. , $E^* = 1.00$ Stress Ratio = $t_r \cdot (E^*) / (t_g - c) = 0.195$, Temp. Reduction = 78 °C

Min Metal Temp. w/o impact per UCS-66, Curve B	7 °C
Min Metal Temp per UCS-66 and UCS-68(c), PWHT credit	-9 °C
Min Metal Temp. at Required thickness (UCS 66.1)	-87 °C

Cylindrical Shell From 30 To 40 SA-516 70 , UCS-66 Crv. B at 5 °C

silinder 2

Material UNS Number: K02700

Required Thickness due to Internal Pressure [tr]:

FileName : MIXER 4

Internal Pressure Calculations : Step: 3 3:38pm Aug 3,2021

$$= (P \cdot R_o) / (S \cdot E + 0.4 \cdot P) \text{ per Appendix 1-1 (a) (1)}$$

$$= (0.203 \cdot 4.1050) / (137.90 \cdot 1.00 + 0.4 \cdot 0.203)$$

$$= 6.0289 + 3.1750 = 9.2039 \text{ mm.}$$

Max. Allowable Working Pressure at given Thickness, corroded [MAWP]:

$$= (S \cdot E \cdot t) / (R_o - 0.4 \cdot t) \text{ per Appendix 1-1 (a) (1)}$$

$$= (137.90 \cdot 1.00 \cdot 31.0250) / (4.1050 - 0.4 \cdot 31.0250)$$

$$= 1.045 \text{ N./sq.mm.}$$

Maximum Allowable Pressure, New and Cold [MAPNC]:

$$= (S \cdot E \cdot t) / (R_o - 0.4 \cdot t) \text{ per Appendix 1-1 (a) (1)}$$

$$= (137.90 \cdot 1.00 \cdot 34.2000) / (4.1050 - 0.4 \cdot 34.2000)$$

$$= 1.153 \text{ N./sq.mm.}$$

Actual stress at given pressure and thickness, corroded [Sact]:

$$= (P \cdot (R_o - 0.4 \cdot t)) / (E \cdot t)$$

$$= (0.203 \cdot ((4.1050 - 0.4 \cdot 31.0250))) / (1.00 \cdot 31.0250)$$

$$= 26.732 \text{ N./mm}^2$$

Percent Elongation per UCS-79 $(50 \cdot t_{nom} / R_f) \cdot (1 - R_f / R_o)$ 0.418 %**Minimum Design Metal Temperature Results:**Govrn. thk, $t_g = 34.200$, $t_r = 6.035$, $c = 3.1750$ mm. , $E^* = 1.00$ Stress Ratio = $t_r \cdot (E^*) / (t_g - c) = 0.195$, Temp. Reduction = 78 °C

Min Metal Temp. w/o impact per UCS-66, Curve B	7 °C
Min Metal Temp per UCS-66 and UCS-68(c), PWHT credit	-9 °C
Min Metal Temp. at Required thickness (UCS 66.1)	-87 °C

Cylindrical Shell From 40 To 50 SA-516 70 , UCS-66 Crv. B at 5 °C

cilinder 3

Material UNS Number: K02700

Required Thickness due to Internal Pressure [tr]:

$$= (P \cdot R_o) / (S \cdot E + 0.4 \cdot P) \text{ per Appendix 1-1 (a) (1)}$$

FileName : MIXER 4

Internal Pressure Calculations : Step: 3 3:38pm Aug 3,2021

$$= (0.203*4.1050)/(137.90*1.00+0.4*0.203)$$

$$= 6.0289 + 3.1750 = 9.2039 \text{ mm.}$$

Max. Allowable Working Pressure at given Thickness, corroded [MAWP]:

$$= (S*E*t)/(Ro-0.4*t) \text{ per Appendix 1-1 (a) (1)}$$

$$= (137.90*1.00*31.0250)/(4.1050-0.4*31.0250)$$

$$= 1.045 \text{ N./sq.mm.}$$

Maximum Allowable Pressure, New and Cold [MAPNC]:

$$= (S*E*t)/(Ro-0.4*t) \text{ per Appendix 1-1 (a) (1)}$$

$$= (137.90*1.00*34.2000)/(4.1050-0.4*34.2000)$$

$$= 1.153 \text{ N./sq.mm.}$$

Actual stress at given pressure and thickness, corroded [Sact]:

$$= (P*(Ro-0.4*t))/(E*t)$$

$$= (0.203*((4.1050-0.4*31.0250))/(1.00*31.0250)$$

$$= 26.732 \text{ N./mm}^2$$

Percent Elongation per UCS-79 $(50*t_{nom}/R_f)*(1-R_f/R_o)$ 0.418 %**Minimum Design Metal Temperature Results:**Govrn. thk, $t_g = 34.200$, $t_r = 6.035$, $c = 3.1750$ mm. , $E^* = 1.00$ Stress Ratio = $t_r * (E^*)/(t_g - c) = 0.195$, Temp. Reduction = 78 °C

Min Metal Temp. w/o impact per UCS-66, Curve B 7 °C

Min Metal Temp per UCS-66 and UCS-68(c),PWHT credit -9 °C

Min Metal Temp. at Required thickness (UCS 66.1) -87 °C

Cylindrical Shell From 50 To 60 SA-516 70 , UCS-66 Crv. B at 5 °C

Silinder 4

Material UNS Number: K02700

Required Thickness due to Internal Pressure [tr]:

$$= (P*Ro) / (S*E+0.4*P) \text{ per Appendix 1-1 (a) (1)}$$

$$= (0.203*4.1050)/(137.90*1.00+0.4*0.203)$$

FileName : MIXER 4

Internal Pressure Calculations : Step: 3 3:38pm Aug 3,2021

$$= 6.0289 + 3.1750 = 9.2039 \text{ mm.}$$

Max. Allowable Working Pressure at given Thickness, corroded [MAWP]:

$$= (S \cdot E \cdot t) / (R_o - 0.4 \cdot t) \text{ per Appendix 1-1 (a) (1)}$$

$$= (137.90 \cdot 1.00 \cdot 31.0250) / (4.1050 - 0.4 \cdot 31.0250)$$

$$= 1.045 \text{ N./sq.mm.}$$

Maximum Allowable Pressure, New and Cold [MAPNC]:

$$= (S \cdot E \cdot t) / (R_o - 0.4 \cdot t) \text{ per Appendix 1-1 (a) (1)}$$

$$= (137.90 \cdot 1.00 \cdot 34.2000) / (4.1050 - 0.4 \cdot 34.2000)$$

$$= 1.153 \text{ N./sq.mm.}$$

Actual stress at given pressure and thickness, corroded [Sact]:

$$= (P \cdot (R_o - 0.4 \cdot t)) / (E \cdot t)$$

$$= (0.203 \cdot (4.1050 - 0.4 \cdot 31.0250)) / (1.00 \cdot 31.0250)$$

$$= 26.732 \text{ N./mm}^2$$

Percent Elongation per UCS-79 $(50 \cdot t_{nom} / R_f) \cdot (1 - R_f / R_o)$ 0.418 %**Minimum Design Metal Temperature Results:**Govrn. thk, $t_g = 34.200$, $t_r = 6.035$, $c = 3.1750$ mm. , $E^* = 1.00$ Stress Ratio = $t_r \cdot (E^*) / (t_g - c) = 0.195$, Temp. Reduction = 78 °C

Min Metal Temp. w/o impact per UCS-66, Curve B 7 °C

Min Metal Temp per UCS-66 and UCS-68(c), PWHT credit -9 °C

Min Metal Temp. at Required thickness (UCS 66.1) -87 °C

Welded Flat Head From 60 To 70 SA-516 70 , UCS-66 Crv. B at 5 °C

Tutup Atas

Material UNS Number: K02700

Required Thickness due to Internal Pressure [tr]:

$$= d \cdot \sqrt{(Z \cdot C \cdot P) / (S \cdot E)} \text{ per UG-34 (c) (3)}$$

$$= 8.2100 \cdot \sqrt{(1.00 \cdot 0.20 \cdot 0.203) / (137.90 \cdot 1.00)}$$

$$= 140.7503 + 3.1750 = 143.9253 \text{ mm.}$$

FileName : MIXER 4

Internal Pressure Calculations : Step: 3 3:38pm Aug 3,2021

Max. Allowable Working Pressure at given Thickness, corroded [MAWP]:

$$\begin{aligned} &= (t/d)^2 * ((S*E)/(C*Z)) \text{ per UG-34 (c) (3)} \\ &= ((140.8250)/8.2100)^2 * ((137.90*1.00)/(0.20*1.00)) \\ &= 0.203 \text{ N./sq.mm.} \end{aligned}$$

Maximum Allowable Pressure, New and Cold [MAPNC]:

$$\begin{aligned} &= (t/d)^2 * ((S*E)/(C*Z)) \text{ per UG-34 (c) (3)} \\ &= (144.0000/8.2100)^2 * ((137.90*1.00)/(0.20*1.00)) \\ &= 0.212 \text{ N./sq.mm.} \end{aligned}$$

Actual stress at given pressure and thickness, corroded [Sact]:

$$\begin{aligned} &= (Z*C*P)/(((t/d)^2)*E) \\ &= (1.00*0.20*0.203)/((((140.8250)/8.2100)^2)*1.00) \\ &= 137.754 \text{ N./mm}^2 \end{aligned}$$

Minimum Design Metal Temperature Results:

tg = 36.000 , tg_sr = 144.000 , tr = 140.825 , c = 3.175 mm. , E* = 1.00

Stress Ratio = tr * (E*)/(tg_sr - c) = 1.000 , Temp. Reduction = 0 °C

Min Metal Temp. w/o impact per UCS-66, Curve B 9 °C

Note: Post Weld Heat Treatment is required for this Element/Joint.

Elements Suitable for Internal Pressure.

PV Elite is a trademark of Intergraph CADWorx & Analysis Solutions, Inc. 2016

FileName : MIXER 4

External Pressure Calculations : Step: 4 3:38pm Aug 3,2021

External Pressure Calculation Results :

ASME Code, Section VIII, Division 1, 2015

Welded Flat Head

Tutup Bawah

Note: This element's required thickness was computed in the internal Pressure Report using the maximum of the Internal and External pressures.

Cylindrical Shell From 20 to 30 Ext. Chart: CS-2 at 35 °C

Silinder 1

Elastic Modulus from Chart: CS-2 at 35 °C : 0.200E+06 N./sq.mm.

Results for Maximum Allowable External Pressure (MAEP):

Tca	OD	SLEN	D/t	L/D	Factor A	B
31.025	8.21	4.00	264.63	0.4872	0.0006589	65.87

$$EMAP = (4*B)/(3*(D/t)) = (4*65.8712)/(3*264.6253) = 0.3319 \text{ N./sq.mm.}$$

Results for Required Thickness (Tca):

Tca	OD	SLEN	D/t	L/D	Factor A	B
19.380	8.21	4.00	423.63	0.4872	0.0003220	32.20

$$EMAP = (4*B)/(3*(D/t)) = (4*32.1960)/(3*423.6342) = 0.1013 \text{ N./sq.mm.}$$

Results for Maximum Stiffened Length (Slen):

Tca	OD	SLEN	D/t	L/D	Factor A	B
31.025	8.21	12.42	264.63	1.5126	0.0002013	20.13

$$EMAP = (4*B)/(3*(D/t)) = (4*20.1254)/(3*264.6253) = 0.1014 \text{ N./sq.mm.}$$

Cylindrical Shell From Ring:1 to 40 Ext. Chart: CS-2 at 35 °C

silinder 2

FileName : MIXER 4

External Pressure Calculations : Step: 4 3:38pm Aug 3,2021

Elastic Modulus from Chart: CS-2 at 35 °C : 0.200E+06 N./sq.mm.

Results for Maximum Allowable External Pressure (MAEP):

Tca	OD	SLEN	D/t	L/D	Factor A	B
31.025	8.21	4.00	264.63	0.4872	0.0006589	65.87

$$EMAP = (4*B)/(3*(D/t)) = (4*65.8712)/(3*264.6253) = 0.3319 \text{ N./sq.mm.}$$

Results for Required Thickness (Tca):

Tca	OD	SLEN	D/t	L/D	Factor A	B
19.380	8.21	4.00	423.63	0.4872	0.0003220	32.20

$$EMAP = (4*B)/(3*(D/t)) = (4*32.1960)/(3*423.6342) = 0.1013 \text{ N./sq.mm.}$$

Results for Maximum Stiffened Length (Slen):

Tca	OD	SLEN	D/t	L/D	Factor A	B
31.025	8.21	12.42	264.63	1.5126	0.0002013	20.13

$$EMAP = (4*B)/(3*(D/t)) = (4*20.1254)/(3*264.6253) = 0.1014 \text{ N./sq.mm.}$$

Cylindrical Shell From Ring:2 to 50 Ext. Chart: CS-2 at 35 °C

silinder 3

Elastic Modulus from Chart: CS-2 at 35 °C : 0.200E+06 N./sq.mm.

Results for Maximum Allowable External Pressure (MAEP):

Tca	OD	SLEN	D/t	L/D	Factor A	B
31.025	8.21	4.00	264.63	0.4872	0.0006589	65.87

$$EMAP = (4*B)/(3*(D/t)) = (4*65.8712)/(3*264.6253) = 0.3319 \text{ N./sq.mm.}$$

Results for Required Thickness (Tca):

Tca	OD	SLEN	D/t	L/D	Factor A	B
19.380	8.21	4.00	423.63	0.4872	0.0003220	32.20

$$EMAP = (4*B)/(3*(D/t)) = (4*32.1960)/(3*423.6342) = 0.1013 \text{ N./sq.mm.}$$

Results for Maximum Stiffened Length (Slen):

Tca	OD	SLEN	D/t	L/D	Factor A	B
31.025	8.21	12.42	264.63	1.5126	0.0002013	20.13

$$EMAP = (4*B)/(3*(D/t)) = (4*20.1254)/(3*264.6253) = 0.1014 \text{ N./sq.mm.}$$

FileName : MIXER 4

External Pressure Calculations : Step: 4 3:38pm Aug 3,2021

Cylindrical Shell From Ring 3 to 60 Ext. Chart: CS-2 at 35 °C

Silinder 4

Elastic Modulus from Chart: CS-2 at 35 °C : 0.200E+06 N./sq.mm.

Results for Maximum Allowable External Pressure (MAEP):

Tca	OD	SLEN	D/t	L/D	Factor A	B
31.025	8.21	0.37	264.63	0.0500	0.0117239	122.73

EMAP = (4*B)/(3*(D/t)) = (4*122.7310)/(3*264.6253) = 0.6184 N./sq.mm.

Results for Required Thickness (Tca):

Tca	OD	SLEN	D/t	L/D	Factor A	B
7.408	8.21	0.37	1108.21	0.0500	0.0009659	84.23

EMAP = (4*B)/(3*(D/t)) = (4*84.2255)/(3*1108.2141) = 0.1013 N./sq.mm.

Results for Maximum Stiffened Length (Slen):

Tca	OD	SLEN	D/t	L/D	Factor A	B
31.025	8.21	7.80	264.63	0.9497	0.0003263	32.63

EMAP = (4*B)/(3*(D/t)) = (4*32.6270)/(3*264.6253) = 0.1644 N./sq.mm.

Welded Flat Head

Note: This element's required thickness was computed in the internal Pressure Report using the maximum of the Internal and External pressures.

Stiffening Ring Calcs for : Ring:1, SA-516 70

Effective Length of Shell			555.16 mm.
	Area (m ²)	Distance (mm.)	Area*Dist
Shell:	0.017	15.5125	0.267
Ring :	0.140	101.0248	14.140
Total:	0.157		14.407
Centroid of Ring plus Shell			= 91.657 mm.
	Inertia	Distance	A*Dist ²
Shell:	1381573.500	76.1444	99.839
Ring :	228664448.000	-9.3679	12.283
Total:	230046032.000		112.122

FileName : MIXER 4

External Pressure Calculations : Step: 4 3:38pm Aug 3,2021

Available Moment of Inertia, Ring plus Shell 342195712.000 mm**4

Required Stress in Ring plus Shell BREQ 9.45 N./mm²

Required Strain in Ring plus Shell AREQ 0.0000945

Required Moment of Inertia, Ring plus Shell

$$= (OD^2 * SLEN * (TCA+ARING/SLEN) * AREQ) / 10.9$$

$$= (8.2100^2 * 4.0000 * (31.0250 + 0.1400 / 4.0000) * 0.0000945) / 10.9$$

$$= 154361232.0000 \text{ mm}^4$$

Stiffening Ring Calcs for : Ring:2, SA-516 70

Effective Length of Shell 555.16 mm.

	Area (m ²)	Distance (mm.)	Area*Dist
Shell:	0.017	15.5125	0.267
Ring :	0.140	101.0248	14.140
Total:	0.157		14.407

Centroid of Ring plus Shell = 91.657 mm.

	Inertia	Distance	A*Dist ²
Shell:	1381573.500	76.1444	99.839
Ring :	228664448.000	-9.3679	12.283
Total:	230046032.000		112.122

Available Moment of Inertia, Ring plus Shell 342195712.000 mm**4

Required Stress in Ring plus Shell BREQ 9.45 N./mm²

Required Strain in Ring plus Shell AREQ 0.0000945

Required Moment of Inertia, Ring plus Shell

$$= (OD^2 * SLEN * (TCA+ARING/SLEN) * AREQ) / 10.9$$

$$= (8.2100^2 * 4.0000 * (31.0250 + 0.1400 / 4.0000) * 0.0000945) / 10.9$$

$$= 154361232.0000 \text{ mm}^4$$

Stiffening Ring Calcs for : Ring 3, SA-516 70

Effective Length of Shell 555.16 mm.

	Area (m ²)	Distance (mm.)	Area*Dist
Shell:	0.017	15.5125	0.267
Ring :	0.084	101.0248	8.484
Total:	0.101		8.751

Centroid of Ring plus Shell = 86.474 mm.

FileName : MIXER 4

External Pressure Calculations : Step: 4 3:38pm Aug 3,2021

	Inertia	Distance	A*Dist ²
Shell:	1381573.500	70.9618	86.711
Ring :	137198656.000	-14.5505	17.780
Total:	138580224.000		104.491
Available Moment of Inertia, Ring plus Shell			243096688.000 mm**4

Required Stress in Ring plus Shell	BREQ	8.98 N./mm ²
Required Strain in Ring plus Shell	AREQ	0.0000900

Required Moment of Inertia, Ring plus Shell

$$= (OD^2 * SLEN * (TCA+ARING/SLEN) * AREQ) / 10.9$$

$$= (8.2100^2 * 2.1850 * (31.0250 + 0.0840 / 2.1850) * 0.0000900) / 10.9$$

$$= 84477976.0000 \text{ mm**4}$$

External Pressure Calculations

From	To	Section Length	Outside Diameter	Corroded Thickness	Factor A	Factor B
		m.	mm.	mm.		N./mm ²
10	20	No Calc	...	141.825	No Calc	No Calc
20	30	4.00000	8210.00	31.0250	0.00065886	65.8712
30	Ring	4.00000	8210.00	31.0250	0.00065886	65.8712
Ring	40	4.00000	8210.00	31.0250	0.00065886	65.8712
40	Ring	4.00000	8210.00	31.0250	0.00065886	65.8712
Ring	50	4.00000	8210.00	31.0250	0.00065886	65.8712
50	Ring	4.00000	8210.00	31.0250	0.00065886	65.8712
Ring	60	0.37000	8210.00	31.0250	0.011724	122.731
60	70	No Calc	...	140.825	No Calc	No Calc

External Pressure Calculations

From	To	External Actual T.	External Required T.	External Des. Press.	External M.A.W.P.
		mm.	mm.	N./sq.mm.	N./sq.mm.
10	20	145.000	No Calc	0.10132	No Calc
20	30	34.2000	22.5549	0.10132	0.33190

External Pressure Calculations : Step: 4 3:38pm Aug 3,2021

30|Ring|	34.2000 |	22.5549 |	0.10132 |	0.33190 |
Ring| 40|	34.2000 |	22.5549 |	0.10132 |	0.33190 |
40|Ring|	34.2000 |	22.5549 |	0.10132 |	0.33190 |
Ring| 50|	34.2000 |	22.5549 |	0.10132 |	0.33190 |
50|Ring|	34.2000 |	22.5549 |	0.10132 |	0.33190 |
Ring| 60|	34.2000 |	10.5833 |	0.10132 |	0.61839 |
60| 70|	144.000 |	No Calc |	0.10132 |	No Calc |
Minimum				0.332

External Pressure Calculations

From| To |	Actual Len. |	Allow. Len. |	Ring Inertia |	Ring Inertia |
	Bet. Stiff. |	Bet. Stiff. |	Required |	Available |
	m. |	m. |	mm**4 |	mm**4 |
10| 20|	No Calc |	No Calc |	No Calc |	No Calc |
20| 30|	4.00000 |	12.4182 |	No Calc |	No Calc |
30|Ring|	4.00000 |	12.4182 |	No Calc |	No Calc |
Ring| 40|	4.00000 |	12.4182 |	154.4E+06 |	342.2E+06 |
40|Ring|	4.00000 |	12.4182 |	No Calc |	No Calc |
Ring| 50|	4.00000 |	12.4182 |	154.4E+06 |	342.2E+06 |
50|Ring|	4.00000 |	12.4182 |	No Calc |	No Calc |
Ring| 60|	0.37000 |	7.79681 |	84.48E+06 |	243.1E+06 |
60| 70|	No Calc |	No Calc |	No Calc |	No Calc |

Elements Suitable for External Pressure.

Element and Detail Weights : Step: 5 3:38pm Aug 3,2021

Element and Detail Weights

From	To	Element Metal Wgt. kg.	Element ID Volume m ³	Corroded Metal Wgt. kg.	Corroded ID Volume m ³	Extra due Misc % kg.
10	20	59494.1	...	58191.4	...	...
20	30	27233.1	208.242	24714.5	208.567	...
30	40	27233.1	208.242	24714.5	208.567	...
40	50	27233.1	208.242	24714.5	208.567	...
50	60	2519.06	19.2624	2286.08	19.2924	...
60	70	59083.8	...	57781.1	...	...
Total		202796	643.99	192402	644.99	0

Weight of Details

From	Type	Weight of Detail kg.	X Offset Dtl. Cent. m.	Y Offset Dtl. Cent. m.	Description
10	Noz1	819.658	...	0.39500	Noozle outlet
20	Noz1	984.965	4.37560	1.00000	man hole
20	Legs	4730.94	...	-0.20000	LEGS
30	Ring	28463.8	...	...	Ring:1
40	Ring	28463.8	...	...	Ring:2
40	Noz1	211.808	4.19780	3.50000	Inlet mixer 1
40	Noz1	211.808	4.19780	3.50000	inlet mixer 2
40	Noz1	211.808	4.19780	3.50000	Inlet mixer 3
40	Noz1	211.808	4.19780	3.50000	Inlet mixer 5
40	Noz1	984.965	4.37560	3.30000	Inlet H2O2
40	Noz1	984.965	4.37560	3.00000	Inlet Kapas
50	Ring	17078.3	...	...	Ring 3

Total Weight of Each Detail Type

Total Weight of Stiffeners 74005.9
 Total Weight of Nozzles 4621.8

FileName : MIXER 4

Element and Detail Weights : Step: 5 3:38pm Aug 3,2021

Total Weight of Legs 4730.9

 Sum of the Detail Weights 83358.6 kg.

Weight Summation: kg.

Fabricated	Shop Test	Shipping	Erected	Empty	Operating
202796.2	286154.8	202796.2	286154.8	202796.2	286154.8
...	643712.3	...	...	...	...
4621.8	...	4621.8	...	...	...
4730.9	...	4730.9	...	...	...
74005.9	...	74005.9	...	...	...
...	...	...	...	74005.9	...
...	...	...	...	4621.8	...
...	...	...	...	4730.9	...
286154.8	929867.1	286154.8	286154.8	286154.8	286154.8

Note:

The shipping total has been modified because some items have been specified as being installed in the shop.

Weight Summary

Fabricated Wt.	- Bare Weight W/O Removable Internals	286154.8 kg.
Shop Test Wt.	- Fabricated Weight + Water (Full)	929867.1 kg.
Shipping Wt.	- Fab. Wt + Rem. Intls.+ Shipping App.	286154.8 kg.
Erected Wt.	- Fab. Wt + Rem. Intls.+ Insul. (etc)	286154.8 kg.
Ope. Wt. no Liq	- Fab. Wt + Intls. + Details + Wghts.	286154.8 kg.
Operating Wt.	- Empty Wt + Operating Liq. Uncorroded	286154.8 kg.
Field Test Wt.	- Empty Weight + Water (Full)	929867.1 kg.
Mass of the Upper 1/3 of the Vertical Vessel		102858.6 kg.

Outside Surface Areas of Elements

From	To	Surface Area

FileName : MIXER 4

Element and Detail Weights : Step: 5 3:38pm Aug 3,2021

		m ²
10	20	...
20	30	103.144
30	40	103.144
40	50	103.144
50	60	9.54085
60	70	...
Total		318.974 m ²

Element and Detail Weights

From	To	Total Ele. Empty Wgt. kg.	Total. Ele. Oper. Wgt. kg.	Total. Ele. Hydro. Wgt. kg.	Total Dtl. Offset Mom. N.mm.	Oper. Wgt. No Liquid kg.
10	20	60313.8	60313.8	60313.8	...	60313.8
20	Legs	5643.60	5643.60	5643.60	8.456E+06	5643.60
Legs	30	22574.4	22574.4	22574.4	33.82E+06	22574.4
30	40	55696.8	55696.8	55696.8	...	55696.8
40	50	58514.0	58514.0	58514.0	119.4E+06	58514.0
50	60	19597.3	19597.3	19597.3	...	19597.3
60	70	59083.8	59083.8	59083.8	...	59083.8

Cumulative Vessel Weight

From	To	Cumulative Ope Wgt. No Liquid kg.	Cumulative Oper. Wgt. kg.	Cumulative Hydro. Wgt. kg.
10	20	...	...	...
20	Legs	-60313.8	-60313.8	-60313.8
Legs	30	215466.	215466.	215466.
30	40	192892.	192892.	192892.
40	50	137195.	137195.	137195.
50	60	78681.2	78681.2	78681.2
60	70	59083.8	59083.8	59083.8

Note: The cumulative operating weights no liquid in the column above are the cumulative operating weights minus the operating liquid weight minus any weights absent in the empty condition.

Cumulative Vessel Moment

From	To	Cumulative Empty Mom.	Cumulative Oper. Mom.	Cumulative Hydro. Mom.
		N.mm.	N.mm.	N.mm.
10	20	...	...	...
20	Legs	8.456E+06	8.456E+06	8.456E+06
Legs	30	153.3E+06	153.3E+06	153.3E+06
30	40	119.4E+06	119.4E+06	119.4E+06
40	50	119.4E+06	119.4E+06	119.4E+06
50	60	...	...	...
60	70	...	...	...

FileName : MIXER 4

Nozzle Flange MAWP :

Step: 6 3:38pm Aug 3,2021

Nozzle Flange MAWP Results :

Nozzle Description	Flange Rating			Class	Grade/Group
	Operating N./sq.mm.	Ambient N./sq.mm.	Temperature °C		
Noozle outlet	2.0	2.0	5	150	GR 1.1
man hole	2.0	2.0	5	150	GR 1.1
Inlet mixer 1	2.0	2.0	5	150	GR 1.1
inlet mixer 2	2.0	2.0	5	150	GR 1.1
Inlet mixer 3	2.0	2.0	5	150	GR 1.1
Inlet mixer 5	2.0	2.0	5	150	GR 1.1
Inlet H2O2	2.0	2.0	5	150	GR 1.1
Inlet Kapas	2.0	2.0	5	150	GR 1.1
Minimum Rating	2.0	2.0	N./sq.mm.	(for Core Elements)	

Note: ANSI Ratings are per ANSI/ASME B16.5 2013 Metric Edition

Note: Large Diameter Flange ratings per ANSI B16.47 2011 edition.

PV Elite is a trademark of Intergraph CADWorx & Analysis Solutions, Inc. 2016

The Natural Frequencies for the vessel have been computed iteratively by solving a system of matrices. These matrices describe the mass and the stiffness of the vessel. This is the generalized eigenvalue/eigenvector problem and is referenced in some mathematical texts.

The Natural Frequency for the Vessel (Empty.) is 10.7069 Hz.

The Natural Frequency for the Vessel (Ope...) is 10.7069 Hz.

PV Elite is a trademark of Intergraph CADWorx & Analysis Solutions, Inc. 2016

FileName : MIXER 4

Wind Load Calculation :

Step: 8 3:38pm Aug 3,2021

Wind Analysis Results

User Entered Importance Factor is	1.000	
Gust Factor (Gh, Gbar) Static	1.229	
Shape Factor (Cf) for the Vessel is	0.509	
User Entered Basic Wind Speed	31.3	m/sec
Exposure Category	C	
Table Lookup Value Alpha from Table C6	7.0000	
Table Lookup Value Zg from Table C6	900.0000	
Table Lookup Value Do from Table C6	0.0050	

Wind Load Results per ASCE-7 93:Sample Calculation for the First Element:

Roughness Factor = 1.000

Values [cf1] and [cf2]

Because RoughFact = 1 and DQZ > 2.5 and H/D < 7.0

Interpolating to find the final cf:

Because H / D < 7.0

$$\begin{aligned}
 CF &= CF1 + (CF2-CF1)*(H/D - 1) / (7 - 1) \\
 &= 0.500 + (0.600 - 0.500)*(1.541 - 1)/(7 - 1) \\
 &= 0.509
 \end{aligned}$$

Value of Alpha, Zg is taken from Table C6-2 [Alpha, Zg]

For Exposure Category C:

Alpha = 7.000 , Zg = 274.320 m.

Height of Interest for First Element [z]

= Centroid Hgt + Base Height

= 0.073 + 0.000 = 0.073 m.

but: z = Max(4.572 , 0.073) = 4.572 m.

Note: Because z < 15 feet, use 15 feet to compute kz.

Velocity Pressure Coefficient [kZ]:

FileName : MIXER 4

Wind Load Calculation : Step: 8 3:38pm Aug 3,2021

$$= 2.58 (z/z_g)^{2/\text{Alpha}} : z \text{ is Elevation of First Element}$$

$$= 2.58 (4.572/900)^{2/7.0}$$

$$= 0.801$$

Determine if Static or Dynamic Gust Factor Applies

Height to Diameter ratio :

$$= \text{Maximum Height}(\text{length})^2 / \text{Sum of Area of the Elements}$$

$$= 41.532 (^2)/1119.596$$

$$= 1.541$$

Vibration Frequency = 10.707 Hz

Because H/D < 5 And Frequency > 1.0: Static Analysis Implemented

The following two calculations allow for any user units

Compute [tz]

$$= 2.35 * \text{Sqrt}(\text{DO} / \text{VesselHtg}/30(\text{feet})^{1/\text{Alpha}}$$

$$= 2.35 * \text{Sqrt}(0.005/12.659)^{1/9.144}$$

$$= 0.159$$

Compute [Gh]

$$= 0.65 + 3.65 * tz$$

$$= 0.65 + 3.65 * 0.159 = 1.229$$

Wind Pressure - (performed in Imperial Units) [qz]

Importance Factor: I = 1.000

Wind Speed = 31.292 m/sec Converts to 70.000 mph

$$qz = 0.00256 * kZ * (I * V_r)^2$$

$$= 0.00256 * 0.801 * (1.000 * 70.000)^2 = 10.046 \text{ psf}$$

Converts to: 481.014 N./m²

Force on the First Element [Fz]

$$= qz * Gh * CF * \text{Wind Area}$$

$$= 481.014 * 1.229 * 0.509 * 1.479$$

$$= 445.029 \text{ N.}$$

Element	z	GH	Area	qz	Force
---------	---	----	------	----	-------

FileName : MIXER 4

Wind Load Calculation : Step: 8 3:38pm Aug 3,2021

	m.		m ²	N./m ²	N.
Tutup Bawah	0.1	1.229	1.5	481.0	445.0
Silinder 1	2.1	1.229	39.4	481.0	11857.8
silinder 2	6.1	1.229	39.4	523.4	12903.1
silinder 3	10.1	1.229	39.4	604.0	14890.3
Silinder 4	12.3	1.229	3.6	638.6	1456.3
Tutup Atas	12.6	1.229	1.5	642.4	590.1

Wind Vibration Calculations

This evaluation is based on work by Kanti Mahajan and Ed Zorilla

Nomenclature

- Cf - Correction factor for natural frequency
- D - Average internal diameter of vessel m.
- Df - Damping Factor < 0.75 Unstable, > 0.95 Stable
- Dr - Average internal diameter of top half of vessel m.
- f - Natural frequency of vibration (Hertz)
- f1 - Natural frequency of bare vessel based on a unit value of (D/L²) (10⁴)
- L - Total height of structure m.
- Lc - Total length of conical section(s) of vessel m.
- tb - Uncorroded plate thickness at bottom of vessel m.
- V30 - Design Wind Speed provided by user m/sec
- Vc - Critical wind velocity m/sec
- Vw - Maximum wind speed at top of structure m/sec
- W - Total corroded weight of structure N.
- Ws - Cor. vessel weight excl. weight of parts which do not effect stiff. N.
- Z - Maximum amplitude of vibration at top of vessel m.
- Dl - Logarithmic decrement (taken as 0.03 for Welded Structures)
- Vp - Vib. Chance, <= 0.314E+04 (High); 0.314E+04 < 0.393E+04 (Probable)
- P30 - wind pressure 30 feet above the base

Check other Conditions and Basic Assumptions:

#1 - Total Cone Length / Total Length < 0.5
 0.000/12.659 = 0.000

$$\begin{aligned} \#2 - (D / L^2) * 10^4 &< 8.0 \text{ (English Units)} \\ - (26.96/41.53^2) * 10^4 &= 156.282 \text{ [Geometry Violation]} \end{aligned}$$

Compute the vibration possibility. If $V_p > 0.393E+04$ no chance. [Vp]:

$$\begin{aligned} &= W / (L * Dr^2) \\ &= 2704108 / (12.66 * 8.150^2) \\ &= 0.32163E+04 \end{aligned}$$

Compute the damping factor Df which is a measure of instability [Df]:

$$\begin{aligned} &= W * D1 / (L * Dr^2) \\ &= 2704108 * 0.03 / (12.66 * 8.150^2) \\ &= 0.614 \end{aligned}$$

Compute the critical wind velocity [Vc]:

$$\begin{aligned} &= 3.4 * f * Dr \\ &= 3.4 * 10.707 * 26.737 \\ &= 973.327 \text{ mile/hr [435.107 m/sec]} \end{aligned}$$

Compute the velocity at the top of the tower [Vw]:

$$\begin{aligned} &= V30 * (L / (30 + BaseHeight))^{0.143} \\ &= 31.29 * (12.66 / (30 + 0.0))^{0.143} \\ &= 32.782 \text{ m/sec} \end{aligned}$$

Compute the maximum gust velocity using the gust response factor Gh [Vg]:

$$\begin{aligned} &= V_w * G_h \\ &= 32.782 * 1.229 \\ &= 40.288 \text{ m/sec} \end{aligned}$$

Since V_c is greater than V_g the dynamic deflection Z, does not need to be computed.

The Natural Frequency for the Vessel (Ope...) is 10.7069 Hz.

Wind Load Calculation

	Wind	Wind	Wind	Wind	Element
From| To |	Height |	Diameter |	Area |	Pressure |	Wind Load |

FileName : MIXER 4

Wind Load Calculation : Step: 8 3:38pm Aug 3,2021

		m.		m.	m ²		N./m ²		N.		

10|	20|	0.072500	|	10.2000	|	1.47863	|	481.014	|	445.029	|
20|	30|	2.14500	|	9.85200	|	39.3982	|	481.014	|	11857.8	|
30|	40|	6.14500	|	9.85200	|	39.3982	|	523.417	|	12903.1	|
40|	50|	10.1450	|	9.85200	|	39.3982	|	604.027	|	14890.3	|
50|	60|	12.3300	|	9.85200	|	3.64434	|	638.645	|	1456.29	|
60|	70|	12.5870	|	10.1976	|	1.46809	|	642.420	|	590.123	|

PV Elite is a trademark of Intergraph CADWorx & Analysis Solutions, Inc. 2016

Earthquake Analysis Results

The UBC Zone Factor for the Vessel is 0.0000
 The Importance Factor as Specified by the User is . 1.000
 The UBC Frequency and Soil Factor (C) is 2.750
 The UBC Force Factor as Specified by the User is .. 3.000
 The UBC Total Weight (W) for the Vessel is 2759641.2 N.
 The UBC Total Shear (V) for the Vessel is 0.0 N.
 The UBC Top Shear (Ft) for the Vessel is 0.0 N.

The Natural Frequency for the Vessel (Ope...) is 10.7069 Hz.

Earthquake Load Calculation

From	To	Earthquake Height m.	Earthquake Weight N.	Element Ope Load N.	Element Emp Load N.
10	20	0.072500	591437.	...	...
20	Legs	0.94500	55341.2	...	...
Legs	30	2.54500	221365.	...	...
30	40	6.14500	546163.	...	...
40	50	10.1450	573788.	...	...
50	60	12.3300	192171.	...	...
60	70	12.5870	579376.	...	...
Top Load		13.71		0	0

FileName : MIXER 4

Wind/Earthquake Shear, Bending : Step: 10 3:38pm Aug 3,2021

The following table is for the Operating Case.

Wind/Earthquake Shear, Bending

From	To	Distance to Support m.	Cumulative Wind Shear N.	Earthquake Shear N.	Wind Bending N.mm.	Earthquake Bending N.mm.
10	20	0.87250	...	...	...	...
20	Legs	0.40000	445.029	...	32277.7	...
Legs	30	1.60000	39771.1	...	241.5E+06	...
30	40	5.20000	29839.8	...	132.1E+06	...
40	50	9.20000	16936.7	...	38.51E+06	...
50	60	11.3850	2046.41	...	530462.	...
60	70	11.6420	590.123	...	42506.2	...

Note:

The Wind Shears/Moments and the Earthquake Shears/Moments calculated and printed in the Wind/Earthquake Shear and Bending report have been factored by the input Scalar/Load reductions factors of;
Wind: 1.000; Earthquake: 1.000.

Note:

Review the Vessel Design Summary for the cumulative shear force and bending moment on the support.

Wind Deflection Calculations:

The following table is for the Operating Case.

Wind Deflection

From	To	Cumulative Wind Shear N.	Centroid Deflection mm.	Elem. End Deflection mm.	Elem. Ang. Rotation
10	20	...	0.059012	0.059012	0.00004
20	Legs	445.029	0.059027	0.059072	0.00004
Legs	30	39771.1	0.059520	0.060315	0.00004
30	40	29839.8	0.061651	0.063222	0.00004
40	50	16936.7	0.064910	0.066637	0.00005
50	60	2046.41	0.066797	0.066957	0.00005
60	70	590.123	0.067019	0.067082	0.00005

Critical Wind Velocity for Tower Vibration

From	To	1st Crit. Wind Speed m/sec	2nd Crit. Wind Speed m/sec
10	20	544.583	3403.65
20	30	526.004	3287.52
30	40	526.004	3287.52
40	50	526.004	3287.52
50	60	526.004	3287.52
60	70	544.455	3402.85

Allowable deflection at the Tower Top (Ope) (6.000"/100ft. Criteria)

Allowable deflection : 0.063 Actual Deflection : 0.000 m.

FileName : MIXER 4

Longitudinal Stress Constants : Step: 12 3:38pm Aug 3,2021

Longitudinal Stress Constants

		Metal Area	Metal Area	New & Cold	Corroded
From	To	New & Cold	Corroded	Sect. Mod.	Sect. Mod.
		m ²	m ²	mm. ³	mm. ³

10	20	3.80502	3.72312	7.816E+09	7.654E+09
20	30	0.87821	0.79699	1.788E+09	1.624E+09
30	40	0.87821	0.79699	1.788E+09	1.624E+09
40	50	0.87821	0.79699	1.788E+09	1.624E+09
50	60	0.87821	0.79699	1.788E+09	1.624E+09
60	70	3.77832	3.69642	7.762E+09	7.599E+09

FileName : MIXER 4

Longitudinal Allowable Stresses : Step: 13 3:38pm Aug 3,2021

Longitudinal Allowable Stresses

		Hydrotest		Hydrotest	
From	To	Tensile	Tensile	Compressive	Compressive
		N./mm ²	N./mm ²	N./mm ²	N./mm ²

10	20	165.480	215.124	-140.510	-140.872
20	Legs	165.480	215.124	-100.239	-103.845
Legs	30	165.480	215.124	-100.239	-103.845
30	40	165.480	215.124	-100.239	-103.845
40	50	165.480	215.124	-100.239	-103.845
50	60	165.480	215.124	-100.239	-103.845
60	70	165.480	215.124	-140.396	-140.763

PV Elite is a trademark of Intergraph CADWorx & Analysis Solutions, Inc. 2016

Longitudinal Stress Report

Note: Longitudinal Operating and Empty Stresses are computed in the corroded condition. Since there was no hydrotest requested, stresses pertaining to that case type have not been calculated.

Longitudinal Stresses Due to . . .

		Long. Str.	Long. Str.	Long. Str.	
From	To	Int. Pres.	Ext. Pres.	Hyd. Pres.	
		N./mm ²	N./mm ²	N./mm ²	
10	20	2.89450	-1.54394	...	
20	30	13.2647	-6.72874	...	
30	40	13.2647	-6.72874	...	
40	50	13.2647	-6.72874	...	
50	60	13.2647	-6.72874	...	
60	70	2.91534	-1.55436	...	

Longitudinal Stresses Due to . . .

		Wght. Str.	Wght. Str.	Wght. Str.	Wght. Str.	Wght. Str.
From	To	Empty	Operating	Hydrotest	Emp. Mom.	Opr. Mom.
		N./mm ²	N./mm ²	N./mm ²	N./mm ²	N./mm ²
10	20	...	...	...	...	...
20	Legs	0.74197	0.74197	...	0.0052054	0.0052054
Legs	30	-2.65063	-2.65063	...	0.094354	0.094354
30	40	-2.37292	-2.37292	...	0.073532	0.073532
40	50	-1.68775	-1.68775	...	0.073532	0.073532
50	60	-0.96792	-0.96792	...	...	...
60	70	-0.15671	-0.15671	...	...	...

Longitudinal Stresses Due to . . .

		Wght. Str.	Bend. Str.	Bend. Str.	Bend. Str.	Bend. Str.
From	To	Hyd. Mom.	Oper. Wind	Oper. Equ.	Hyd. Wind	Hyd. Equ.

FileName : MIXER 4

Longitudinal Stresses Due to . . . Step: 14 3:38pm Aug 3,2021

		N./mm ²	N./mm ²	N./mm ²	N./mm ²	N./mm ²
10|	20|	...	...	...	...	...
20|	Legs|	...	0.00002	...	...	...
Legs|	30|	...	0.14865	...	...	...
30|	40|	...	0.081323	...	...	...
40|	50|	...	0.023708	...	...	...
50|	60|	...	0.00032655	...	...	...
60|	70|	...	0.00001	...	...	...

Longitudinal Stresses Due to . . .

		Long. Str.	Long. Str.	Long. Str.	EarthQuake
From|	To |	Vortex Ope.|	Vortex Emp.|	Vortex Tst.|	Empty |
		N./mm ²	N./mm ²	N./mm ²	N./mm ²
10|	20|	...	...	...	...
20|	Legs|	...	...	...	...
Legs|	30|	...	...	...	...
30|	40|	...	...	...	...
40|	50|	...	...	...	...
50|	60|	...	...	...	...
60|	70|	...	...	...	...

Longitudinal Stresses Due to . . .

		Long. Str.	Long. Str.
From|	To |	Y Forces W |	Y Forces S S |
		N./mm ²	N./mm ²
10|	20|	...	...
20|	Legs|	...	...
Legs|	30|	...	...
30|	40|	...	...
40|	50|	...	...
50|	60|	...	...
60|	70|	...	...

FileName : MIXER 4

Longitudinal Stresses Due to . . . Step: 14 3:38pm Aug 3,2021

Long. Stresses due to User Forces and Moments

		Wind For/Mom	Eqk For/Mom	Wnd For/Mom	Eqk For/Mom
From	To	Corroded	Corroded	No Corr.	No Corr.
		N./mm ²	N./mm ²	N./mm ²	N./mm ²

10	20	...	...	...	...
20	Legs	...	...	...	...
Legs	30	...	...	...	...
30	40	...	...	...	...
40	50	...	...	...	...
50	60	...	...	...	...
60	70	...	...	...	...

FileName : MIXER 4

Stress due to Combined Loads : Step: 15 3:38pm Aug 3,2021

Stress Combination Load Cases for Vertical Vessels:**Load Case Definition Key**

IP = Longitudinal Stress due to Internal Pressure
EP = Longitudinal Stress due to External Pressure
HP = Longitudinal Stress due to Hydrotest Pressure
NP = No Pressure
EW = Longitudinal Stress due to Weight (No Liquid)
OW = Longitudinal Stress due to Weight (Operating)
HW = Longitudinal Stress due to Weight (Hydrotest)
WI = Bending Stress due to Wind Moment (Operating)
EQ = Bending Stress due to Earthquake Moment (Operating)
EE = Bending Stress due to Earthquake Moment (Empty)
HI = Bending Stress due to Wind Moment (Hydrotest)
HE = Bending Stress due to Earthquake Moment (Hydrotest)
WE = Bending Stress due to Wind Moment (Empty) (no CA)
WF = Bending Stress due to Wind Moment (Filled) (no CA)
CW = Longitudinal Stress due to Weight (Empty) (no CA)
VO = Bending Stress due to Vortex Shedding Loads (Ope)
VE = Bending Stress due to Vortex Shedding Loads (Emp)
VF = Bending Stress due to Vortex Shedding Loads (Test No CA.)
FW = Axial Stress due to Vertical Forces for the Wind Case
FS = Axial Stress due to Vertical Forces for the Seismic Case
BW = Bending Stress due to Lat. Forces for the Wind Case, Corroded
BS = Bending Stress due to Lat. Forces for the Seismic Case, Corroded
BN = Bending Stress due to Lat. Forces for the Wind Case, UnCorroded
BU = Bending Stress due to Lat. Forces for the Seismic Case, UnCorroded

General Notes:

Case types HI and HE are in the Un-Corroded condition.

Case types WE, WF, and CW are in the Un-Corroded condition.

A blank stress and stress ratio indicates that the corresponding stress comprising those components that did not contribute to that

FileName : MIXER 4

Stress due to Combined Loads : Step: 15 3:38pm Aug 3,2021

type of stress.

An asterisk (*) in the final column denotes overstress.

Analysis of Load Case 1 : NP+EW+WI+FW+BW

From Node	Tensile Stress	All. Tens. Stress	Comp. Stress	All. Comp. Stress	Tens. Ratio	Comp. Ratio
10	0.00	165.48	0.00	140.51	0.0000	0.0000
20	0.75	165.48		100.24	0.0045	
20		165.48	-2.89	100.24		0.0289
30		165.48	-2.53	100.24		0.0252
40		165.48	-1.78	100.24		0.0178
50		165.48	-0.97	100.24		0.0097
60		165.48	-0.16	140.40		0.0011

Analysis of Load Case 2 : NP+EW+EE+FS+BS

From Node	Tensile Stress	All. Tens. Stress	Comp. Stress	All. Comp. Stress	Tens. Ratio	Comp. Ratio
10	0.00	165.48	0.00	140.51	0.0000	0.0000
20	0.75	165.48		100.24	0.0045	
20		165.48	-2.74	100.24		0.0274
30		165.48	-2.45	100.24		0.0244
40		165.48	-1.76	100.24		0.0176
50		165.48	-0.97	100.24		0.0097
60		165.48	-0.16	140.40		0.0011

Analysis of Load Case 3 : NP+OW+WI+FW+BW

From Node	Tensile Stress	All. Tens. Stress	Comp. Stress	All. Comp. Stress	Tens. Ratio	Comp. Ratio
10	0.00	165.48	0.00	140.51	0.0000	0.0000
20	0.75	165.48		100.24	0.0045	
20		165.48	-2.89	100.24		0.0289
30		165.48	-2.53	100.24		0.0252
40		165.48	-1.78	100.24		0.0178
50		165.48	-0.97	100.24		0.0097
60		165.48	-0.16	140.40		0.0011

FileName : MIXER 4

Stress due to Combined Loads : Step: 15 3:38pm Aug 3,2021

Analysis of Load Case 4 : NP+OW+EQ+FS+BS

From Node	Tensile Stress	All. Tens. Stress	Comp. Stress	All. Comp. Stress	Tens. Ratio	Comp. Ratio
10	0.00	165.48	0.00	140.51	0.0000	0.0000
20	0.75	165.48		100.24	0.0045	
20		165.48	-2.74	100.24		0.0274
30		165.48	-2.45	100.24		0.0244
40		165.48	-1.76	100.24		0.0176
50		165.48	-0.97	100.24		0.0097
60		165.48	-0.16	140.40		0.0011

Analysis of Load Case 5 : NP+HW+HI

From Node	Tensile Stress	All. Tens. Stress	Comp. Stress	All. Comp. Stress	Tens. Ratio	Comp. Ratio
10	0.00	215.12	0.00	140.87	0.0000	0.0000
20	0.00	215.12	0.00	103.85	0.0000	0.0000
20	0.00	215.12	0.00	103.85	0.0000	0.0000
30	0.00	215.12	0.00	103.85	0.0000	0.0000
40	0.00	215.12	0.00	103.85	0.0000	0.0000
50	0.00	215.12	0.00	103.85	0.0000	0.0000
60	0.00	215.12	0.00	140.76	0.0000	0.0000

Analysis of Load Case 6 : NP+HW+HE

From Node	Tensile Stress	All. Tens. Stress	Comp. Stress	All. Comp. Stress	Tens. Ratio	Comp. Ratio
10	0.00	215.12	0.00	140.87	0.0000	0.0000
20	0.00	215.12	0.00	103.85	0.0000	0.0000
20	0.00	215.12	0.00	103.85	0.0000	0.0000
30	0.00	215.12	0.00	103.85	0.0000	0.0000
40	0.00	215.12	0.00	103.85	0.0000	0.0000
50	0.00	215.12	0.00	103.85	0.0000	0.0000
60	0.00	215.12	0.00	140.76	0.0000	0.0000

Analysis of Load Case 7 : IP+OW+WI+FW+BW

From Node	Tensile Stress	All. Tens. Stress	Comp. Stress	All. Comp. Stress	Tens. Ratio	Comp. Ratio
10	2.89	165.48		140.51	0.0175	

FileName : MIXER 4

Stress due to Combined Loads : Step: 15 3:38pm Aug 3,2021

20	14.01	165.48	100.24	0.0847
20	10.86	165.48	100.24	0.0656
30	11.05	165.48	100.24	0.0668
40	11.67	165.48	100.24	0.0705
50	12.30	165.48	100.24	0.0743
60	2.76	165.48	140.40	0.0167

Analysis of Load Case 8 : IP+OW+EQ+FS+BS

From Node	Tensile Stress	All. Tens. Stress	Comp. Stress	All. Comp. Stress	Tens. Ratio	Comp. Ratio
10	2.89	165.48		140.51	0.0175	
20	14.01	165.48		100.24	0.0847	
20	10.71	165.48		100.24	0.0647	
30	10.97	165.48		100.24	0.0663	
40	11.65	165.48		100.24	0.0704	
50	12.30	165.48		100.24	0.0743	
60	2.76	165.48		140.40	0.0167	

Analysis of Load Case 9 : EP+OW+WI+FW+BW

From Node	Tensile Stress	All. Tens. Stress	Comp. Stress	All. Comp. Stress	Tens. Ratio	Comp. Ratio
10		165.48	-1.54	140.51		0.0110
20		165.48	-5.99	100.24		0.0598
20		165.48	-9.62	100.24		0.0960
30		165.48	-9.26	100.24		0.0923
40		165.48	-8.51	100.24		0.0849
50		165.48	-7.70	100.24		0.0768
60		165.48	-1.71	140.40		0.0122

Analysis of Load Case 10 : EP+OW+EQ+FS+BS

From Node	Tensile Stress	All. Tens. Stress	Comp. Stress	All. Comp. Stress	Tens. Ratio	Comp. Ratio
10		165.48	-1.54	140.51		0.0110
20		165.48	-5.99	100.24		0.0598
20		165.48	-9.47	100.24		0.0945
30		165.48	-9.18	100.24		0.0915
40		165.48	-8.49	100.24		0.0847
50		165.48	-7.70	100.24		0.0768

FileName : MIXER 4

Stress due to Combined Loads : Step: 15 3:38pm Aug 3,2021

60 165.48 -1.71 140.40 0.0122

Analysis of Load Case 11 : HP+HW+HI

From Node	Tensile Stress	All. Tens. Stress	Comp. Stress	All. Comp. Stress	Tens. Ratio	Comp. Ratio
10	0.00	215.12	0.00	140.87	0.0000	0.0000
20	0.00	215.12	0.00	103.85	0.0000	0.0000
20	0.00	215.12	0.00	103.85	0.0000	0.0000
30	0.00	215.12	0.00	103.85	0.0000	0.0000
40	0.00	215.12	0.00	103.85	0.0000	0.0000
50	0.00	215.12	0.00	103.85	0.0000	0.0000
60	0.00	215.12	0.00	140.76	0.0000	0.0000

Analysis of Load Case 12 : HP+HW+HE

From Node	Tensile Stress	All. Tens. Stress	Comp. Stress	All. Comp. Stress	Tens. Ratio	Comp. Ratio
10	0.00	215.12	0.00	140.87	0.0000	0.0000
20	0.00	215.12	0.00	103.85	0.0000	0.0000
20	0.00	215.12	0.00	103.85	0.0000	0.0000
30	0.00	215.12	0.00	103.85	0.0000	0.0000
40	0.00	215.12	0.00	103.85	0.0000	0.0000
50	0.00	215.12	0.00	103.85	0.0000	0.0000
60	0.00	215.12	0.00	140.76	0.0000	0.0000

Analysis of Load Case 13 : IP+WE+EW

From Node	Tensile Stress	All. Tens. Stress	Comp. Stress	All. Comp. Stress	Tens. Ratio	Comp. Ratio
10	2.89	165.48		140.51	0.0175	
20	14.01	165.48		100.24	0.0847	
20	10.71	165.48		100.24	0.0647	
30	10.97	165.48		100.24	0.0663	
40	11.65	165.48		100.24	0.0704	
50	12.30	165.48		100.24	0.0743	
60	2.76	165.48		140.40	0.0167	

Analysis of Load Case 14 : IP+WF+CW

From Node	Tensile Stress	All. Tens. Stress	Comp. Stress	All. Comp. Stress	Tens. Ratio	Comp. Ratio
-----------	----------------	-------------------	--------------	-------------------	-------------	-------------

Stress due to Combined Loads : Step: 15 3:38pm Aug 3,2021

10	2.89	165.48	140.51	0.0175
20	13.94	165.48	100.24	0.0842
20	10.86	165.48	100.24	0.0656
30	11.11	165.48	100.24	0.0671
40	11.73	165.48	100.24	0.0709
50	12.39	165.48	100.24	0.0749
60	2.76	165.48	140.40	0.0167

Analysis of Load Case 15 : IP+VO+OW

From Node	Tensile Stress	All. Tens. Stress	Comp. Stress	All. Comp. Stress	Tens. Ratio	Comp. Ratio
10	2.89	165.48		140.51	0.0175	
20	14.01	165.48		100.24	0.0847	
20	10.71	165.48		100.24	0.0647	
30	10.97	165.48		100.24	0.0663	
40	11.65	165.48		100.24	0.0704	
50	12.30	165.48		100.24	0.0743	
60	2.76	165.48		140.40	0.0167	

Analysis of Load Case 16 : IP+VE+EW

From Node	Tensile Stress	All. Tens. Stress	Comp. Stress	All. Comp. Stress	Tens. Ratio	Comp. Ratio
10	2.89	165.48		140.51	0.0175	
20	14.01	165.48		100.24	0.0847	
20	10.71	165.48		100.24	0.0647	
30	10.97	165.48		100.24	0.0663	
40	11.65	165.48		100.24	0.0704	
50	12.30	165.48		100.24	0.0743	
60	2.76	165.48		140.40	0.0167	

Analysis of Load Case 17 : NP+VO+OW

From Node	Tensile Stress	All. Tens. Stress	Comp. Stress	All. Comp. Stress	Tens. Ratio	Comp. Ratio
10	0.00	165.48	0.00	140.51	0.0000	0.0000
20	0.75	165.48		100.24	0.0045	
20		165.48	-2.74	100.24		0.0274
30		165.48	-2.45	100.24		0.0244
40		165.48	-1.76	100.24		0.0176

FileName : MIXER 4

Stress due to Combined Loads : Step: 15 3:38pm Aug 3,2021

50	165.48	-0.97	100.24	0.0097
60	165.48	-0.16	140.40	0.0011

Analysis of Load Case 18 : FS+BS+IP+OW

From Node	Tensile Stress	All. Tens. Stress	Comp. Stress	All. Comp. Stress	Tens. Ratio	Comp. Ratio
10	2.89	165.48		140.51	0.0175	
20	14.01	165.48		100.24	0.0847	
20	10.71	165.48		100.24	0.0647	
30	10.97	165.48		100.24	0.0663	
40	11.65	165.48		100.24	0.0704	
50	12.30	165.48		100.24	0.0743	
60	2.76	165.48		140.40	0.0167	

Analysis of Load Case 19 : FS+BS+EP+OW

From Node	Tensile Stress	All. Tens. Stress	Comp. Stress	All. Comp. Stress	Tens. Ratio	Comp. Ratio
10		165.48	-1.54	140.51		0.0110
20		165.48	-5.99	100.24		0.0598
20		165.48	-9.47	100.24		0.0945
30		165.48	-9.18	100.24		0.0915
40		165.48	-8.49	100.24		0.0847
50		165.48	-7.70	100.24		0.0768
60		165.48	-1.71	140.40		0.0122

Absolute Maximum of the all of the Stress Ratio's 0.0960

Governing Element: Silinder 1

Governing Load Case 9 : EP+OW+WI+FW+BW

FileName : MIXER 4

Center of Gravity Calculation : Step: 16 3:38pm Aug 3,2021

Shop/Field Installation Options :

Note : The CG is computed from the first Element From Node

Center of Gravity of Stiffening Rings	7.530 m.
Center of Gravity of Nozzles	7.263 m.
Center of Gravity of Legs	-0.055 m.
Center of Gravity of Bare Shell New and Cold	6.317 m.
Center of Gravity of Bare Shell Corroded	6.317 m.
Vessel CG in the Operating Condition	6.549 m.
Vessel CG in the Fabricated (Shop/Empty) Condition	6.541 m.
Vessel CG in the Test Condition	6.395 m.

PV Elite is a trademark of Intergraph CADWorx & Analysis Solutions, Inc. 2016

FileName : MIXER 4

Leg Check, (Operating Case) : Step: 17 3:38pm Aug 3,2021

RESULTS FOR LEGS : Operating Case Description: LEGS

Legs attached to: Silinder 1

Section Properties : I Beam W21X333

USA AISC 1989 Steel Table

Overall Leg Length		2.000	m.
Effective Leg Length	Leglen	1.000	m.
Distance Leg Up Side of Vessel		0.800	m.
Number of Legs	Nleg	4	
Cross Sectional Area for W21X333	Aleg	0.063	m ²
Section Inertia (strong axis)		3999980032.000	mm ^{*4}
Section Inertia (weak axis)		413733600.000	mm ^{*4}
Section Modulus (strong axis)		12601651.000	mm. ³
Section Modulus (weak axis)		2474446.500	mm. ³
Radius of Gyration (strong axis)		0.252	m.
Radius of Gyration (weak axis)		0.081	m.

Leg Orientation - Strong Axis

Overturning Moment at top of Legs		241476000.0	N.mm.
Total Weight Load at top of Legs	W	2759641.5	N.
Total Shear force at top of Legs		42142.7	N.
Additional force in Leg due to Bracing	Fadd	0.0	N.
Occasional Load Factor	Occfac	1.333	
Effective Leg End Condition Factor	k	1.000	

Note: The Legs are Not Cross Braced

The Leg Shear Force includes Wind and Seismic Effects

Pad Width along Circumference	C11P	1.000	m.
Pad Length along Vessel Axis	C22P	1.000	m.
Pad Thickness	Tpad	500.000	mm.

Maximum Shear at top of one Leg [Vleg]:

FileName : MIXER 4

Leg Check, (Operating Case) : Step: 17 3:38pm Aug 3,2021

$$\begin{aligned}
 &= (\max(\text{Wind, Seismic}) + \text{applied forces}) (I_{\max} / I_{\text{tot}}) \\
 &= (42142.7) (.40019\text{E}+10 / .88331\text{E}+10) \\
 &= 19092.97 \text{ N.}
 \end{aligned}$$

Axial Compression, Leg furthest from N.A. [Sma]

$$\begin{aligned}
 &= ((W/N_{\text{leg}}) + (M_{\text{leg}} / (N_{\text{leg}} * R_n))) / A_{\text{leg}} \\
 &= ((2759642 / 4) + (.24148\text{E}+09 / (2 * 4.45))) / 0.063) \\
 &= 11.35 \text{ N./mm}^2
 \end{aligned}$$

Axial Compression, Leg closest to N.A. [Sva]

$$\begin{aligned}
 &= (W / N_{\text{leg}}) / A_{\text{leg}} \\
 &= (2759642 / 4) / 0.063 \\
 &= 10.92 \text{ N./mm}^2
 \end{aligned}$$

Allowable Comp. for the Selected Leg (KL/r < Cc) [Sa]:

$$\begin{aligned}
 &= \text{Occfac} * (1 - (k_l/r)^2 / (2 * C_c^2)) * F_y / \\
 &\quad (5/3 + 3 * (K_l/r) / (8 * C_c) - (K_l/r)^3 / (8 * C_c^3)) \\
 &= 1.33 * (1 - (12.34)^2 / (2 * 127.18^2)) * 248 / \\
 &\quad (5/3 + 3 * (12.34) / (8 * 127.18) - (12.34^3) / (8 * 127.18^3)) \\
 &= 193.38 \text{ N./mm}^2
 \end{aligned}$$

Bending at the Bottom of the Leg closest to the N.A. [S]:

$$\begin{aligned}
 &= (V_{\text{leg}} * L_{\text{leg}} / S_{\text{mdsa}}) \\
 &= (19092.97 * 1.00 / 12601651) \\
 &= 1.52 \text{ N./mm}^2
 \end{aligned}$$

Allowable Bending Stress[Sb]:

$$\begin{aligned}
 &= (0.6 * F_y * \text{Occfac}) \\
 &= (0.6 * 248 * 1.33) \\
 &= 198.53 \text{ N./mm}^2
 \end{aligned}$$

AISC Unity Check [Sc] (must be < or = to 1.00) :

$$\begin{aligned}
 &= (S_{\text{ma}} / S_{\text{a}}) + (0.85 * S) / ((1 - S_{\text{ma}} / S_{\text{pex}}) * S_{\text{b}}) \\
 &= (11 / 193) + (0.85 * 1.515) / ((1 - 11 / 9166) * 199) \\
 &= 0.0652
 \end{aligned}$$

FileName : MIXER 4

Leg Check, (Operating Case) : Step: 17 3:38pm Aug 3,2021

Rectangular Attachment Parameter	C11	0.334 m.
Rectangular Attachment Parameter	C22	0.800 m.

Input Echo, WRC107/537 Item 1, Description: LEGS

Diameter Basis for Vessel	Vbasis	ID
Cylindrical or Spherical Vessel	Cylsph	Cylindrical
Internal Corrosion Allowance	Cas	3.1750 mm.
Vessel Diameter	Dv	8.142 m.
Vessel Thickness	Tv	34.200 mm.

Design Temperature		5.00 °C
--------------------	--	---------

Attachment Type	Type	Rectangular
Parameter C11	C11	0.33 m.
Parameter C22	C22	0.80 m.

Thickness of Reinforcing Pad	Tpad	500.000 mm.
Pad Parameter C11P	C11p	1.000 m.
Pad Parameter C22P	C22p	1.000 m.

Design Internal Pressure	Dp	0.203 N./sq.mm.
Include Pressure Thrust		No

Vessel Centerline Direction Cosine	Vx	0.000
Vessel Centerline Direction Cosine	Vy	1.000
Vessel Centerline Direction Cosine	Vz	0.000
Nozzle Centerline Direction Cosine	Nx	1.000
Nozzle Centerline Direction Cosine	Ny	0.000
Nozzle Centerline Direction Cosine	Nz	0.000

Global Force (SUS)	Fx	0.0 N.
Global Force (SUS)	Fy	689910.4 N.
Global Force (SUS)	Fz	0.0 N.
Global Moment (SUS)	Mx	0.0 N.mm.
Global Moment (SUS)	My	0.0 N.mm.
Global Moment (SUS)	Mz	238115216.0 N.mm.

FileName : MIXER 4

Leg Check, (Operating Case) : Step: 17 3:38pm Aug 3,2021

Internal Pressure (SUS) P 0.20 N./sq.mm.
 Include Pressure Thrust No

Global Force (OCC) Fx 19093.0 N.
 Global Force (OCC) Fy 27121.1 N.
 Global Force (OCC) Fz 0.0 N.
 Global Moment (OCC) Mx 0.0 N.mm.
 Global Moment (OCC) My 0.0 N.mm.
 Global Moment (OCC) Mz 18910926.0 N.mm.

Occasional Internal Pressure (OCC) Pvar 0.00 N./sq.mm.

Use Interactive Control No
 WRC107 Version Version March 1979

Include Pressure Stress Indices per Div. 2 No
 Compute Pressure Stress per WRC-368 No

Note:

WRC Bulletin 537 provides equations for the dimensionless curves found in bulletin 107. As noted in the foreword to bulletin 537, "537 is equivalent to WRC 107". Where 107 is printed in the results below, "537" can be interchanged with "107".

WRC 107 Stress Calculation for SUSTained loads:

Radial Load P 0.0 N.
 Circumferential Shear VC 0.0 N.
 Longitudinal Shear VL 689910.4 N.
 Circumferential Moment MC 0.0 N.mm.
 Longitudinal Moment ML -238115216.0 N.mm.
 Torsional Moment MT 0.0 N.mm.

Dimensionless Parameters used : Gamma = 8.17

Dimensionless Loads for Cylindrical Shells at Attachment Junction:

FileName : MIXER 4

Leg Check, (Operating Case) : Step: 17 3:38pm Aug 3,2021

```

-----
Curves read for 1979          Beta  Figure  Value  Location
-----
N(PHI) / ( P/Rm )           0.082  4C      1.629  (A,B)
N(PHI) / ( P/Rm )           0.082  3C      1.599  (C,D)
M(PHI) / ( P )               0.054  2C1     0.227  (A,B)
M(PHI) / ( P )               0.054  1C      0.259  (C,D)
N(PHI) / ( MC/(Rm**2 * Beta) ) 0.051  3A !    0.033  (A,B,C,D)
M(PHI) / ( MC/(Rm * Beta) )   0.060  1A      0.106  (A,B,C,D)
N(PHI) / ( ML/(Rm**2 * Beta) ) 0.069  3B !    0.257  (A,B,C,D)
M(PHI) / ( ML/(Rm * Beta) )   0.064  1B      0.064  (A,B,C,D)

N(x) / ( P/Rm )             0.069  3C      1.625  (A,B)
N(x) / ( P/Rm )             0.069  4C      1.651  (C,D)
M(x) / ( P )                 0.071  1C1     0.236  (A,B)
M(x) / ( P )                 0.071  2C      0.199  (C,D)
N(x) / ( MC/(Rm**2 * Beta) ) 0.051  4A !    0.050  (A,B,C,D)
M(x) / ( MC/(Rm * Beta) )    0.078  2A      0.064  (A,B,C,D)
N(x) / ( ML/(Rm**2 * Beta) ) 0.069  4B !    0.060  (A,B,C,D)
M(x) / ( ML/(Rm * Beta) )    0.079  2B      0.102  (A,B,C,D)

```

Note - The ! mark next to the figure name denotes curve value exceeded.

Stress Concentration Factors Kn = 1.00, Kb = 1.00

Stresses in the Vessel at the Attachment Junction

```

|                               Stress Values at                               |
|                               ( N./mm² )                               |
Type of |                               |
Stress  Load| Au   Al   Bu   Bl   Cu   Cl   Du   Dl |
-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
Circ. Memb. P | 0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0 |
Circ. Bend. P | 0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0 |
Circ. Memb. MC | 0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0 |
Circ. Memb. MC | 0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0 |

```

FileName : MIXER 4

Leg Check, (Operating Case) : Step: 17 3:38pm Aug 3,2021

Circ. Memb. ML	|	0.1	0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	|
Circ. Bend. ML	|	1.2	-1.2	-1.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	|
Tot. Circ. Str.	|	1.2	-1.1	-1.2	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	|

Long. Memb. P	|	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	|
Long. Bend. P	|	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	|
Long. Memb. MC	|	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	|
Long. Bend. MC	|	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	|
Long. Memb. ML	|	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	|
Long. Bend. ML	|	1.5	-1.5	-1.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	|
Tot. Long. Str.	|	1.5	-1.5	-1.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	|

Shear VC	|	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	|
Shear VL	|	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.8	-0.8	0.8	0.8	|
Shear MT	|	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	|
Tot. Shear	|	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.8	-0.8	0.8	0.8	|

Str. Int.	|	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	|

Dimensionless Parameters used : Gamma = 131.81

Dimensionless Loads for Cylindrical Shells at Pad edge:

Curves read for 1979	Beta	Figure	Value	Location

N(PHI) / (P/Rm)	0.122	4C	17.583	(A,B)
N(PHI) / (P/Rm)	0.122	3C	10.676	(C,D)
M(PHI) / (P)	0.122	2C1	0.034	(A,B)
M(PHI) / (P)	0.122	1C !	0.071	(C,D)
N(PHI) / (MC/(Rm**2 * Beta))	0.122	3A	5.194	(A,B,C,D)
M(PHI) / (MC/(Rm * Beta))	0.122	1A	0.072	(A,B,C,D)
N(PHI) / (ML/(Rm**2 * Beta))	0.122	3B	12.907	(A,B,C,D)
M(PHI) / (ML/(Rm * Beta))	0.122	1B	0.022	(A,B,C,D)
N(x) / (P/Rm)	0.122	3C	10.676	(A,B)
N(x) / (P/Rm)	0.122	4C	17.583	(C,D)

FileName : MIXER 4

Leg Check, (Operating Case) : Step: 17 3:38pm Aug 3,2021

M(x) / (P)	0.122	1C1	0.065	(A,B)
M(x) / (P)	0.122	2C !	0.040	(C,D)
N(x) / (MC/(Rm**2 * Beta))	0.122	4A	10.194	(A,B,C,D)
M(x) / (MC/(Rm * Beta))	0.122	2A	0.033	(A,B,C,D)
N(x) / (ML/(Rm**2 * Beta))	0.122	4B	5.340	(A,B,C,D)
M(x) / (ML/(Rm * Beta))	0.122	2B	0.029	(A,B,C,D)

Note - The ! mark next to the figure name denotes curve value exceeded.

Stress Concentration Factors Kn = 1.00, Kb = 1.00

Stresses in the Vessel at the Edge of Reinforcing Pad

		Stress Values at							
		(N./mm ²)							
Type of	Load	Au	Al	Bu	Bl	Cu	Cl	Du	Dl

Circ. Memb. P		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Circ. Bend. P		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Circ. Memb. MC		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Circ. Memb. ML		48.4	48.4	-48.4	-48.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Circ. Bend. ML		64.6	-64.6	-64.6	64.6	0.0	0.0	0.0	0.0

Tot. Circ. Str.		113.0	-16.1	-113.0	16.1	0.0	0.0	0.0	0.0

Long. Memb. P		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Long. Bend. P		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Long. Memb. MC		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Long. Bend. MC		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Long. Memb. ML		20.0	20.0	-20.0	-20.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Long. Bend. ML		86.4	-86.4	-86.4	86.4	0.0	0.0	0.0	0.0

Tot. Long. Str.		106.4	-66.3	-106.4	66.3	0.0	0.0	0.0	0.0

FileName : MIXER 4

Leg Check, (Operating Case) : Step: 17 3:38pm Aug 3,2021

Long. Bend. MC	|	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	|
Long. Memb. ML	|	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	|
Long. Bend. ML	|	0.1	-0.1	-0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	|
Tot. Long. Str.	|	0.0	0.0	-0.2	0.2	-0.1	0.1	-0.1	0.1	|

Shear VC	|	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	|
Shear VL	|	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	|
Shear MT	|	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	|
Tot. Shear	|	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	|

Str. Int.	|	0.0	0.0	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	|

Dimensionless Parameters used : Gamma = 131.81

Stress Concentration Factors Kn = 1.00, Kb = 1.00

Stresses in the Vessel at the Edge of Reinforcing Pad

		Stress Values at								
		(N./mm ²)								
Type of										
Stress	Load	Au	Al	Bu	Bl	Cu	Cl	Du	Dl	
Circ. Memb.	P	-2.6	-2.6	-2.6	-2.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	
Circ. Bend.	P	-4.0	4.0	-4.0	4.0	-8.4	8.4	-8.4	8.4	
Circ. Memb.	MC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Circ. Memb.	MC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Circ. Memb.	ML	3.8	3.8	-3.8	-3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	
Circ. Bend.	ML	5.1	-5.1	-5.1	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	
Tot. Circ. Str.		2.3	0.1	-15.6	2.7	-10.0	6.8	-10.0	6.8	

Long. Memb.	P	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-2.6	-2.6	-2.6	-2.6	
Long. Bend.	P	-7.7	7.7	-7.7	7.7	-4.7	4.7	-4.7	4.7	
Long. Memb.	MC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Long. Bend.	MC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Long. Memb.	ML	1.6	1.6	-1.6	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	

FileName : MIXER 4

Leg Check, (Operating Case) : Step: 17 3:38pm Aug 3,2021

Long. Bend. ML	|	6.9	-6.9	-6.9	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	|
Tot. Long. Str.	|	-0.9	0.8	-17.8	11.4	-7.4	2.1	-7.4	2.1	|

Shear VC	|	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	|
Shear VL	|	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4	-0.4	0.4	0.4	|
Shear MT	|	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	|
Tot. Shear	|	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4	-0.4	0.4	0.4	|

Str. Int.	|	3.2	0.8	17.8	11.4	10.1	6.8	10.1	6.8	|

WRC 107/537 Stress Summations:

Vessel Stress Summation at Attachment Junction

Type of Stress Int. Location	Stress Values at								
	(N./mm ²)								
	Au	Al	Bu	B1	Cu	Cl	Du	D1	

Circ. Pm (SUS)	1.5	1.7	1.5	1.7	1.5	1.7	1.5	1.7	
Circ. Pm (OCC)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Circ. Pm(TOTAL)	1.5	1.7	1.5	1.7	1.5	1.7	1.5	1.7	
Circ. Pl (SUS)	0.1	0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	
Circ. Pl (OCC)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Circ. Pl(TOTAL)	0.1	0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	
Circ. Q (SUS)	1.2	-1.2	-1.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	
Circ. Q (OCC)	0.0	0.0	-0.2	0.2	-0.1	0.1	-0.1	0.1	
Circ. Q (TOTAL)	1.2	-1.2	-1.3	1.3	-0.1	0.1	-0.1	0.1	

Long. Pm (SUS)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	
Long. Pm (OCC)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Long. Pm(TOTAL)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	
Long. Pl (SUS)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Long. Pl (OCC)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Long. Pl(TOTAL)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Long. Q (SUS)	1.5	-1.5	-1.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	
Long. Q (OCC)	0.0	0.0	-0.2	0.2	-0.1	0.1	-0.1	0.1	

FileName : MIXER 4

Leg Check, (Operating Case) : Step: 17 3:38pm Aug 3,2021

Long. Q (TOTAL)	1.5	-1.5	-1.7	1.7	-0.1	0.1	-0.1	0.1

Shear Pm (SUS)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Shear Pm (OCC)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Shear Pm(TOTAL)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Shear Pl (SUS)	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.8	-0.8	0.8	0.8
Shear Pl (OCC)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Shear Pl(TOTAL)	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.8	-0.8	0.8	0.8
Shear Q (SUS)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Shear Q (OCC)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Shear Q (TOTAL)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pm (SUS)	1.5	1.7	1.5	1.7	1.5	1.7	1.5	1.7

Pm (SUS+OCC)	1.5	1.7	1.5	1.7	1.5	1.7	1.5	1.7

Pm+Pl (SUS)	1.5	1.7	1.4	1.6	2.0	2.1	2.0	2.1

Pm+Pl (SUS+OCC)	1.5	1.7	1.4	1.6	2.0	2.1	2.0	2.1

Pm+Pl+Q (Total)	2.7	1.4	1.1	2.9	1.9	2.2	1.9	2.2

Stress Summation Comparison:

Type of Stress Int.	Max. S.I.	S.I. Allowable	Result
	N./mm ²		

Pm (SUS)	1.66	137.90	Passed
Pm (SUS+OCC)	1.66	165.48	Passed
Pm+Pl (SUS)	2.13	206.85	Passed
Pm+Pl (SUS+OCC)	2.15	248.22	Passed
Pm+Pl+Q (TOTAL)	2.91	413.70	Passed

WRC 107/537 Stress Summations:

Vessel Stress Summation at Reinforcing Pad Edge

Type of Stress Values at |

FileName : MIXER 4

Leg Check, (Operating Case) : Step: 17 3:38pm Aug 3,2021

Stress Int.	(N./mm ²)							
Location	Au	Al	Bu	Bl	Cu	Cl	Du	Dl

Circ. Pm (SUS)	26.5	26.7	26.5	26.7	26.5	26.7	26.5	26.7
Circ. Pm (OCC)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Circ. Pm(TOTAL)	26.5	26.7	26.5	26.7	26.5	26.7	26.5	26.7
Circ. Pl (SUS)	48.4	48.4	-48.4	-48.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Circ. Pl (OCC)	1.2	1.2	-6.5	-6.5	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6
Circ. Pl(TOTAL)	49.6	49.6	-54.9	-54.9	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6
Circ. Q (SUS)	64.6	-64.6	-64.6	64.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Circ. Q (OCC)	1.1	-1.1	-9.1	9.1	-8.4	8.4	-8.4	8.4
Circ. Q (TOTAL)	65.7	-65.7	-73.7	73.7	-8.4	8.4	-8.4	8.4

Long. Pm (SUS)	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3
Long. Pm (OCC)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Long. Pm(TOTAL)	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3
Long. Pl (SUS)	20.0	20.0	-20.0	-20.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Long. Pl (OCC)	0.0	0.0	-3.2	-3.2	-2.6	-2.6	-2.6	-2.6
Long. Pl(TOTAL)	20.0	20.0	-23.2	-23.2	-2.6	-2.6	-2.6	-2.6
Long. Q (SUS)	86.4	-86.4	-86.4	86.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Long. Q (OCC)	-0.8	0.8	-14.6	14.6	-4.7	4.7	-4.7	4.7
Long. Q (TOTAL)	85.5	-85.5	-100.9	100.9	-4.7	4.7	-4.7	4.7

Shear Pm (SUS)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Shear Pm (OCC)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Shear Pm(TOTAL)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Shear Pl (SUS)	0.0	0.0	0.0	0.0	-11.1	-11.1	11.1	11.1
Shear Pl (OCC)	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4	-0.4	0.4	0.4
Shear Pl(TOTAL)	0.0	0.0	0.0	0.0	-11.6	-11.6	11.6	11.6
Shear Q (SUS)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Shear Q (OCC)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Shear Q (TOTAL)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pm (SUS)	26.5	26.7	26.5	26.7	26.5	26.7	26.5	26.7

Pm (SUS+OCC)	26.5	26.7	26.5	26.7	26.5	26.7	26.5	26.7

Pm+Pl (SUS)	74.9	75.1	21.9	21.7	32.8	33.0	32.8	33.0

FileName : MIXER 4

Leg Check, (Operating Case) : Step: 17 3:38pm Aug 3,2021

Pm+Pl (SUS+OCC)	76.1	76.3	28.4	28.2	31.3	31.5	31.3	31.5

Pm+Pl+Q (Total)	141.8	62.9	110.9	91.0	25.4	39.1	25.4	39.1

Stress Summation Comparison:

Type of Stress Int.	Max. S.I.	S.I. Allowable	Result
	N./mm ²		

Pm (SUS)	26.71	137.90	Passed
Pm (SUS+OCC)	26.71	165.48	Passed
Pm+Pl (SUS)	75.14	206.85	Passed
Pm+Pl (SUS+OCC)	76.34	248.22	Passed
Pm+Pl+Q (TOTAL)	141.83	413.70	Passed

Bolting Size Requirement for Leg Baseplates :

Baseplate Material		SA-516 70
Baseplate Allowable Stress	SBA	137.90 N./mm ²
Baseplate Length	B	1000.0000 mm.
Baseplate Width	D	1000.0000 mm.
Baseplate Thickness	BTHK	26.0000 mm.
Leg Dimension Along Baseplate Length	d	635.0000 mm.
Leg Dimension Along Baseplate Width	b	333.5020 mm.
Dist. from the Leg Edge to Bolt Hole Center	z	78.0000 mm.
Bolt Material		SA-307 B
Bolt Allowable Stress	STBA	48.26 N./mm ²
Anchor Bolt Nominal Diameter	BOD	0.0240 m.
Number of Anchor Bolts in Tension per Leg	NB	2
Total Number of Anchors Bolt per Leg	NBT	4
Ultimate 28-day Concrete Strength	FCPRIME	20.685 N./mm ²

LEG BASEPLATE and BOLTING Analysis, including Moments

I-Beam Leg

FileName : MIXER 4

Leg Check, (Operating Case) : Step: 17 3:38pm Aug 3,2021

Base Plate Available Area (AA):

$$\begin{aligned}
 &= B * D \\
 &= 1000.00 * 1000.00 \\
 &= 1.00 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Clearance Between The Bolt And The Leg Edge (BCL):

$$\begin{aligned}
 &= z - BOD / 2 \\
 &= 78.00 - 0.02/2 \\
 &= 66.00 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

Moment at Baseplate (MOMENT):

$$\begin{aligned}
 &= Vleg * Lleg \\
 &= 19092.97 * 2.00 \\
 &= 38201416.00 \text{ N.mm.}
 \end{aligned}$$

Axial Load on the baseplate (P):

$$\begin{aligned}
 &= \text{Empty Weight per leg (as Wind + Empty case is controlling)} \\
 &= 701508.25 \text{ N.}
 \end{aligned}$$

Eccentricity (e):

$$\begin{aligned}
 &= \text{MOMENT} * \text{Conv_Factor} / P \\
 &= 38201416 * 1.00 / 701508 \\
 &= 54.43 \text{ mm. } \leq D/6 \text{ [No Plate Uplift]}
 \end{aligned}$$

$$a = (D - d) / 2$$

$$\begin{aligned}
 &= (1000.00 - 635.00) / 2 \\
 &= 182.50 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

Bearing Pressure (FC):

$$\begin{aligned}
 &= P / AA * (1 + 6 * e / D) \\
 &= 701508 / 1.00 * (1 + 6 * 54.43 / 1000.00) \\
 &= 0.93 \text{ N./sq.mm.}
 \end{aligned}$$

Equivalent Bearing Pressure (F1):

$$\begin{aligned}
 &= P / AA * (1 + (6 * e * (D - 2 * a) / D^2)) \\
 &= 701508 / 1.00 * (1 + (6 * 54.43 * (1000.00 - 2 * 182.50) / 1000.00^2)) \\
 &= 0.85 \text{ N./sq.mm.}
 \end{aligned}$$

FileName : MIXER 4

Leg Check, (Operating Case) : Step: 17 3:38pm Aug 3,2021

Bending Moment (MB):

$$\begin{aligned}
 &= a^2 * B / 6 * (F1 + 2 * FC) / 12.0 \\
 &= 182.50^2 * 1000.00 / 6 * (0.85 + 2 * 0.93) / 12.0 \\
 &= 15039672.00 \text{ N.mm.}
 \end{aligned}$$

The Baseplate Required Thickness (TREQ):

$$\begin{aligned}
 &= (6 * Mb / (B * 1.5 * Sba))^{1/2} \\
 &= (6 * 1253306 / (1000.00 * 206.85))^{1/2} \\
 &= 20.88 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

Distance from Top of Legs to Vessel CG (CD_DIST):

$$= 5.60 \text{ m.}$$

Total Overturning Moment at Baseplate (Mbb):

$$\begin{aligned}
 &= (Mleg / \max([CD_DIST], \text{minDist})) * (CD_DIST + Lleg) \\
 &= (.24148E+09 / \max(5.60 , 0.038)) * (5.60 + 2.00) \\
 &= 327661696.00 \text{ N.mm.}
 \end{aligned}$$

Required Total Bolt Area per Leg (ABREQB): per H. Bednar

$$\begin{aligned}
 &= (1 / (Nleg * STBA)) * ((4 * Mbb / (Rn * 2)) - W) \\
 &= (1 / (4 * 48.26)) * ((4 * .32766E+09 / (8.90)) - 2806033) \\
 &= -0.0138 \text{ m}^2 \text{ --> (No tension in bolts)}
 \end{aligned}$$

** No Tensile Bolt Loads. Choose a practical bolt size! **

Summary of Results:

		Actual	Required	Pass/Fail
Baseplate Thickness	(mm.):	26.000	20.883	Pass

Note: The required thickness calculation is performed based on:

Strong axis orientation of the beam leg

Even number of bolts installed only on the B dimension sides

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Noozle outlet Nozl: 9 3:38pm Aug 3,2021

INPUT VALUES, Nozzle Description: Noozle outlet From : 10

Pressure for Reinforcement Calculations	P	0.2026	N./sq.mm.
Temperature for Internal Pressure	Temp	5	°C
Shell Material		SA-516	70
Shell Allowable Stress at Temperature	Sv	137.90	N./mm ²
Shell Allowable Stress At Ambient	Sva	137.90	N./mm ²
Outside Diameter of Flat Head	D	8.2100	m.
Large Diameter of Flat Head	Dl	8.2100	m.
Flat Head Attachment Factor	F	0.20	
Head Finished (Minimum) Thickness	t	145.0000	mm.
Head Internal Corrosion Allowance	c	3.1750	mm.
Head External Corrosion Allowance	co	0.0000	mm.
Distance from Head Centerline	L1	0.0000	m.
User Entered Minimum Design Metal Temperature		10.00	°C

Type of Element Connected to the Shell : Nozzle

Material		SA-106	B
Material UNS Number		K03006	
Material Specification/Type		Smls.	pipe
Allowable Stress at Temperature	Sn	117.90	N./mm ²
Allowable Stress At Ambient	Sna	117.90	N./mm ²
Diameter Basis (for tr calc only)		ID	
Layout Angle		0.00	deg
Diameter		14.0000	in.
Size and Thickness Basis		Actual	
Actual Thickness	tn	130.0000	mm.
Flange Material		SA-105	
Flange Type		Weld Neck	Flange

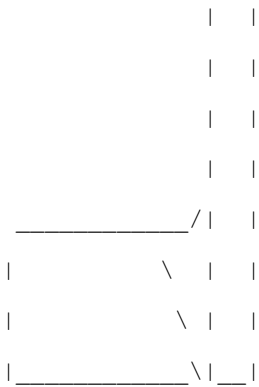
FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Noozle outlet Nozl: 9 3:38pm Aug 3,2021

Corrosion Allowance	can	20.0000	mm.
Joint Efficiency of Shell Seam at Nozzle	E1	1.00	
Joint Efficiency of Nozzle Neck	En	1.00	
Outside Projection	ho	500.0000	mm.
Weld leg size between Nozzle and Pad/Shell	Wo	50.0000	mm.
Groove weld depth between Nozzle and Vessel	Wgnv	49.0000	mm.
Inside Projection	h	0.0000	mm.
Weld leg size, Inside Element to Shell	Wi	0.0000	mm.
ASME Code Weld Type per UW-16			A
Class of attached Flange		150	
Grade of attached Flange		GR 1.1	

The Pressure Design option was Design Pressure + static head.

Nozzle Sketch (may not represent actual weld type/configuration)



Insert/Set-in Nozzle No Pad, no Inside projection

Reinforcement CALCULATION, Description: Noozle outlet

ASME Code, Section VIII, Div. 1, 2015, UG-37 to UG-45

Actual Inside Diameter Used in Calculation	14.000	in.
Actual Thickness Used in Calculation	5.118	in.

Note: Post Weld Heat Treating is required for this Nozzle Geometry!

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Noozle outlet Nozl: 9 3:38pm Aug 3,2021

Nozzle input data check completed without errors.

Reqd thk per UG-37(a)of Welded Flat Head, Tr [Int. Press]

$$= d * \sqrt{Z * C * P / (Sv * E)} \text{ per UG-34 (c) (3)}$$

$$= 8.2100 * \sqrt{1.00 * 0.20 * 0.20 / (138 * 1.00)}$$

$$= 140.7503 \text{ mm.}$$

Reqd thk per App. 1 of Nozzle Wall, Trn [Int. Press]

$$= R (\exp([P / (Sn * E)] - 1)) \text{ per Appendix 1-2 (a) (1)}$$

$$= 0.198 (\exp([0.20 / (117.90 * 1.00)] - 1))$$

$$= 0.3403 \text{ mm.}$$

UG-40, Limits of Reinforcement : [Internal Pressure]

Parallel to Vessel Wall (Diameter Limit)	Dl	0.8992	m.
Parallel to Vessel Wall	Rn+tn+t	0.4496	m.
Normal to Vessel Wall (Thickness Limit), no pad	Tlnp	275.0000	mm.

Weld Strength Reduction Factor [fr1]:

$$= \min(1, Sn / Sv)$$

$$= \min(1, 117.9 / 137.9)$$

$$= 0.855$$

Weld Strength Reduction Factor [fr2]:

$$= \min(1, Sn / Sv)$$

$$= \min(1, 117.9 / 137.9)$$

$$= 0.855$$

Weld Strength Reduction Factor [fr3]:

$$= \min(fr2, fr4)$$

$$= \min(0.855, 1.000)$$

$$= 0.855$$

Results of Nozzle Reinforcement Area Calculations: (m²)

AREA AVAILABLE, A1 to A5	|	Design|	External|	Mapnc|

Area Required	Ar |	0.030|	NA|	NA|

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Nozzle outlet Nozl: 9 3:38pm Aug 3,2021

Area in Shell	A1 |	0.001|	NA|	NA|
Area in Nozzle Wall	A2 |	0.052|	NA|	NA|
Area in Inward Nozzle	A3 |	0.000|	NA|	NA|
Area in Welds	A41+A42+A43 |	0.002|	NA|	NA|
Area in Element	A5 |	0.000|	NA|	NA|
TOTAL AREA AVAILABLE	Atot |	0.054|	NA|	NA|

The Internal Pressure Case Governs the Analysis.

Nozzle Angle Used in Area Calculations 90.00 Degs.

The area available without a pad is Sufficient.

Area Required [A]:

$$\begin{aligned}
 &= 0.5 * d * t + t * \tan(1-fr1) \text{ per UG-39(a) (1)} \\
 &= 0.5 * 0.3956 * 140.7503 + 140.7503 * 110.0000 (1-0.86) \\
 &= 0.030 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Reinforcement Areas per Figure UG-37.1

Area Available in Shell [A1]:

$$\begin{aligned}
 &= d(E1*t - F*tr) - 2 * \tan(E1*t - F*tr) * (1 - fr1) \\
 &= 0.504 (1.00 * 141.8250 - 1.0 * 140.750) - 2 * 110.000 \\
 &\quad (1.00 * 141.8250 - 1.0 * 140.7503) * (1 - 0.855) \\
 &= 0.001 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Available in Nozzle Projecting Outward [A2]:

$$\begin{aligned}
 &= (2 * tlnp) * (tn - trn) * fr2 \\
 &= (2 * 275.00) * (110.00 - 0.34) * 0.8550 \\
 &= 0.052 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Available in Inward Weld + Outward Weld [A41 + A43]:

$$\begin{aligned}
 &= Wo^2 * fr2 + (Wi-can/0.707)^2 * fr2 \\
 &= 50.0000^2 * 0.8550 + (0.0000)^2 * 0.8550 \\
 &= 0.002 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

UG-45 Minimum Nozzle Neck Thickness Requirement: [Int. Press.]

Wall Thickness for Internal/External pressures $t_a = 20.3403 \text{ mm.}$

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Nozzle outlet Nozl: 9 3:38pm Aug 3,2021

Wall Thickness per UG16(b), tr16b = 21.5000 mm.
 Wall Thickness, shell/head, internal pressure trb1 = 143.9253 mm.
 Wall Thickness tb1 = max(trb1, tr16b) = 143.9253 mm.
 Wall Thickness, shell/head, external pressure trb2 = 6.1698 mm.
 Wall Thickness tb2 = max(trb2, tr16b) = 21.5000 mm.
 Wall Thickness per table UG-45 tb3 = 28.3312 mm.

Determine Nozzle Thickness candidate [tb]:

= min[tb3, max(tb1,tb2)]
 = min[28.331 , max(143.9253 , 21.5000)]
 = 28.3312 mm.

Minimum Wall Thickness of Nozzle Necks [tUG-45]:

= max(ta, tb)
 = max(20.3403 , 28.3312)
 = 28.3312 mm.

Available Nozzle Neck Thickness = 130.0000 mm. --> OK

Nozzle Junction Minimum Design Metal Temperature (MDMT) Calculations:

MDMT of the Nozzle Neck to Flange Weld, Curve: B

Warning:
 The minimum metal temperature could not be computed because the governing thickness for this component was greater than 100.000 mm..
 This component must be impact tested.

MDMT of Nozzle-Shell/Head Weld for the Nozzle (UCS-66(a)1(b)), Curve: B

Warning:
 The minimum metal temperature could not be computed because the governing thickness for this component was greater than 100.000 mm..
 This component must be impact tested.

ANSI Flange MDMT including Temperature reduction per UCS-66.1:

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Nozzle outlet Nozl: 9 3:38pm Aug 3,2021

Unadjusted MDMT of ANSI B16.5/47 flanges per UCS-66(c) -29 °C

Flange MDMT with Temp reduction per UCS-66(b) (1) (b) -104 °C

Flange MDMT with Temp reduction per UCS-66(b) (1) (c) -104 °C

Where the Stress Reduction Ratio per UCS-66(b) (1) (b) is :

Design Pressure/Ambient Rating = 0.20/1.96 = 0.103

Note: Using the minimum value from (b) (1) (b) and (b) (1) (c) above as the calculated nozzle flange MDMT.

Weld Size Calculations, Description: Nozzle outlet

Intermediate Calc. for nozzle/shell Welds Tmin 19.0000 mm.

Results Per UW-16.1:

	Required Thickness	Actual Thickness
Nozzle Weld	6.0000 = Min per Code	35.3500 = 0.7 * Wo mm.

Maximum Allowable Pressure for this Nozzle at this Location:

Converged Max. Allow. Pressure in Operating case 0.2058 N./sq.mm.

Note: The MAWP of this junction was limited by the parent Shell/Head.

The Cut Length for this Nozzle is, Drop + Ho + H + T : 645.0508 mm.

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : man hole

Nozl: 10 3:38pm Aug 3,2021

INPUT VALUES, Nozzle Description: man hole

From : 20

Pressure for Reinforcement Calculations	P	0.2026	N./sq.mm.
Temperature for Internal Pressure	Temp	5	°C
Design External Pressure	Pext	0.10	N./sq.mm.
Temperature for External Pressure	Tempex	35	°C
Shell Material		SA-516	70
Shell Allowable Stress at Temperature	Sv	137.90	N./mm ²
Shell Allowable Stress At Ambient	Sva	137.90	N./mm ²
Inside Diameter of Cylindrical Shell	D	8.1416	m.
Design Length of Section	L	4.0000	m.
Shell Finished (Minimum) Thickness	t	34.2000	mm.
Shell Internal Corrosion Allowance	c	3.1750	mm.
Shell External Corrosion Allowance	co	0.0000	mm.
Distance from Bottom/Left Tangent		1.1450	m.
User Entered Minimum Design Metal Temperature		10.00	°C

Type of Element Connected to the Shell : Nozzle

Material		SA-106	B
Material UNS Number		K03006	
Material Specification/Type		Smls.	pipe
Allowable Stress at Temperature	Sn	117.90	N./mm ²
Allowable Stress At Ambient	Sna	117.90	N./mm ²
Diameter Basis (for tr calc only)		ID	
Layout Angle		45.00	deg
Diameter		24.0000	in.
Size and Thickness Basis		Actual	
Actual Thickness	tn	100.0000	mm.
Flange Material		SA-105	

FileName : MIXER 4

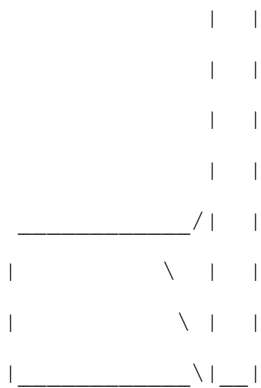
Nozzle Calcs. : man hole

Nozl: 10 3:38pm Aug 3,2021

Flange Type	Weld Neck Flange		
Corrosion Allowance	can	20.0000	mm.
Joint Efficiency of Shell Seam at Nozzle	E1	1.00	
Joint Efficiency of Nozzle Neck	En	1.00	
Outside Projection	ho	500.0000	mm.
Weld leg size between Nozzle and Pad/Shell	Wo	50.0000	mm.
Groove weld depth between Nozzle and Vessel	Wgnv	13.2000	mm.
Inside Projection	h	0.0000	mm.
Weld leg size, Inside Element to Shell	Wi	0.0000	mm.
ASME Code Weld Type per UW-16			A
Class of attached Flange		150	
Grade of attached Flange		GR 1.1	

The Pressure Design option was Design Pressure + static head.

Nozzle Sketch (may not represent actual weld type/configuration)



Insert/Set-in Nozzle No Pad, no Inside projection

Reinforcement CALCULATION, Description: man hole

ASME Code, Section VIII, Div. 1, 2015, UG-37 to UG-45

Actual Inside Diameter Used in Calculation	24.000	in.
Actual Thickness Used in Calculation	3.937	in.

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : man hole

Nozl: 10 3:38pm Aug 3,2021

Note: Post Weld Heat Treating is required for this Nozzle Geometry!

Nozzle input data check completed without errors.

Reqd thk per UG-37(a)of Cylindrical Shell, Tr [Int. Press]

$$\begin{aligned}
 &= (P \cdot R) / (S_v \cdot E - 0.6 \cdot P) \text{ per UG-27 (c) (1)} \\
 &= (0.20 \cdot 4.0740) / (138 \cdot 1.00 - 0.6 \cdot 0.20) \\
 &= 5.9922 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

Reqd thk per UG-37(a)of Nozzle Wall, Trn [Int. Press]

$$\begin{aligned}
 &= (P \cdot R) / (S_n \cdot E - 0.6 \cdot P) \text{ per UG-27 (c) (1)} \\
 &= (0.20 \cdot 0.32) / (118 \cdot 1.00 - 0.6 \cdot 0.20) \\
 &= 0.5588 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

Required Nozzle thickness under External Pressure per UG-28 : 2.1076 mm.

UG-40, Limits of Reinforcement : [External Pressure]

Parallel to Vessel Wall (Diameter Limit)	D1	1.2992 m.
Parallel to Vessel Wall, opening length	d	0.6496 m.
Normal to Vessel Wall (Thickness Limit), no pad	Tlnp	77.5625 mm.

Weld Strength Reduction Factor [fr1]:

$$\begin{aligned}
 &= \min(1, S_n / S_v) \\
 &= \min(1, 117.9 / 137.9) \\
 &= 0.855
 \end{aligned}$$

Weld Strength Reduction Factor [fr2]:

$$\begin{aligned}
 &= \min(1, S_n / S_v) \\
 &= \min(1, 117.9 / 137.9) \\
 &= 0.855
 \end{aligned}$$

Weld Strength Reduction Factor [fr3]:

$$\begin{aligned}
 &= \min(fr2, fr4) \\
 &= \min(0.855, 1.000) \\
 &= 0.855
 \end{aligned}$$

Results of Nozzle Reinforcement Area Calculations: (m²)

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : man hole

Nozl: 10

3:38pm

Aug 3,2021

AREA AVAILABLE, A1 to A5	Design	External	Mapnc

Area Required Ar	NA	0.007	NA
Area in Shell A1	NA	0.007	NA
Area in Nozzle Wall A2	NA	0.010	NA
Area in Inward Nozzle A3	NA	0.000	NA
Area in Welds A41+A42+A43	NA	0.002	NA
Area in Element A5	NA	0.000	NA
TOTAL AREA AVAILABLE Atot	NA	0.020	NA

Nozzle Angle Used in Area Calculations

90.00 Degs.

The area available without a pad is Sufficient.

Area Required [A]:

$$\begin{aligned}
 &= 0.5(d * tr * F + 2 * tn * tr * F(1-fr1)) \text{ per UG-37(d)} \\
 &= 0.5(0.6496 * 19.3799 * 1 + 2 * 80.0000 * 19.3799 * 1(1-0.86)) \\
 &= 0.007 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Reinforcement Areas per Figure UG-37.1

Area Available in Shell [A1]:

$$\begin{aligned}
 &= d(E1 * t - F * tr) - 2 * tn(E1 * t - F * tr) * (1 - fr1) \\
 &= 0.650 (1.00 * 31.0250 - 1.0 * 19.380) - 2 * 80.000 \\
 &\quad (1.00 * 31.0250 - 1.0 * 19.3799) * (1 - 0.855) \\
 &= 0.007 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Available in Nozzle Projecting Outward [A2]:

$$\begin{aligned}
 &= (2 * tlnp) * (tn - trn) * fr2 \\
 &= (2 * 77.56) * (80.00 - 2.11) * 0.8550 \\
 &= 0.010 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Available in Inward Weld + Outward Weld [A41 + A43]:

$$\begin{aligned}
 &= Wo^2 * fr2 + (Wi-can/0.707)^2 * fr2 \\
 &= 50.0000^2 * 0.8550 + (0.0000)^2 * 0.8550 \\
 &= 0.002 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

UG-45 Minimum Nozzle Neck Thickness Requirement: [Int. Press.]

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : man hole Nozl: 10 3:38pm Aug 3,2021

Wall Thickness for Internal/External pressures ta = 22.1076 mm.
 Wall Thickness per UG16(b), tr16b = 21.5000 mm.
 Wall Thickness, shell/head, internal pressure trb1 = 9.1672 mm.
 Wall Thickness tb1 = max(trb1, tr16b) = 21.5000 mm.
 Wall Thickness, shell/head, external pressure trb2 = 6.1698 mm.
 Wall Thickness tb2 = max(trb2, tr16b) = 21.5000 mm.
 Wall Thickness per table UG-45 tb3 = 28.3312 mm.

Determine Nozzle Thickness candidate [tb]:

= min[tb3, max(tb1,tb2)]
 = min[28.331 , max(21.5000 , 21.5000)]
 = 21.5000 mm.

Minimum Wall Thickness of Nozzle Necks [tUG-45]:

= max(ta, tb)
 = max(22.1076 , 21.5000)
 = 22.1076 mm.

Available Nozzle Neck Thickness = 100.0000 mm. --> OK

Nozzle Junction Minimum Design Metal Temperature (MDMT) Calculations:

MDMT of the Nozzle Neck to Flange Weld, Curve: B

 Govern. thk, tg = 100.000 , tr = 0.559 , c = 20.0000 mm. , E* = 1.00
 Stress Ratio = tr * (E*)/(tg - c) = 0.007 , Temp. Reduction = 78 °C

Min Metal Temp. w/o impact per UCS-66, Curve B 32 °C
 Min Metal Temp. at Required thickness (UCS 66.1) -46 °C

MDMT of Nozzle-Shell/Head Weld for the Nozzle (UCS-66(a)1(b)), Curve: B

 Govern. thk, tg = 34.200 , tr = 5.992 , c = 3.1750 mm. , E* = 1.00
 Stress Ratio = tr * (E*)/(tg - c) = 0.193 , Temp. Reduction = 78 °C

Min Metal Temp. w/o impact per UCS-66, Curve B 7 °C
 Min Metal Temp per UCS-66 and UCS-68(c),PWHT credit -9 °C
 Min Metal Temp. at Required thickness (UCS 66.1) -87 °C

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : man hole

Nozl: 10 3:38pm Aug 3,2021

Governing MDMT of all the sub-joints of this Junction : -46 °C

ANSI Flange MDMT including Temperature reduction per UCS-66.1:

Unadjusted MDMT of ANSI B16.5/47 flanges per UCS-66(c) -29 °C

Flange MDMT with Temp reduction per UCS-66(b) (1) (b) -104 °C

Flange MDMT with Temp reduction per UCS-66(b) (1) (c) -104 °C

Where the Stress Reduction Ratio per UCS-66(b) (1) (b) is :

Design Pressure/Ambient Rating = 0.20/1.96 = 0.103

*Note: Using the minimum value from (b) (1) (b) and (b) (1) (c) above
as the calculated nozzle flange MDMT.*

Nozzle Calculations per App. 1-10: Internal Pressure Case:

Thickness of Nozzle [tn]:

= thickness - corrosion allowance
= 100.000 - 20.000
= 80.000 mm.

Effective Pressure Radius [Reff]:

= Di/2 + corrosion allowance
= 8.142/2 + 3.175
= 4.074 m.

Effective Length of Vessel Wall [LR]:

= 8 * t
= 8 * 31.025
= 0.248 m.

Thickness Limit Candidate [LH1]:

= t + 0.78 * sqrt(Rn * tn)
= 31.025 + 0.78 * sqrt(0.325 * 80.000)
= 156.758 m.

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : man hole

Nozl: 10 3:38pm Aug 3,2021

Thickness Limit Candidate [LH2]:

$$\begin{aligned}
 &= L_{pr1} + T \\
 &= 500.000 + 31.025 \\
 &= 531.025 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Thickness Limit Candidate [LH3]:

$$\begin{aligned}
 &= 8(t + t_e) \\
 &= 8(31.025 + 0.000) \\
 &= 248.200 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Effective Nozzle Wall Length Outside the Vessel [LH]:

$$\begin{aligned}
 &= \min[LH1, LH2, LH3] \\
 &= \min[156.758 , 531.025 , 248.200) \\
 &= 156.758 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Effective Vessel Thickness [teff]:

$$\begin{aligned}
 &= t \\
 &= 31.025 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Determine Parameter [Lamda]:

$$\begin{aligned}
 &= \min(10, (D_n + T_n) / (\text{sqrt}((D_i + t_{eff}) * t_{eff}))) \\
 &= \min(10, (649.60 + 80.000) / (\text{sqrt}((8.15 + 31.025) * 31.025))) \\
 &= 1.448
 \end{aligned}$$

Compute Areas A1-A43 (No Pad) or A1-A5 (With Pad) :

Area Contributed by the Vessel Wall [A1]:

$$\begin{aligned}
 &= t * LR * \max(\text{Lamda}/4, 1) \\
 &= 31.025 * 248.200 * \max(1.448/4, 1) \\
 &= 0.008 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Contributed by the Nozzle Outside the Vessel Wall [A2]:

$$\begin{aligned}
 &= t_n * LH \\
 &= 80.000 * 156.758 \\
 &= 0.013 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Contributed by the Outside Fillet Weld [A41]:

$$= 0.5 * \text{Leg41}^2$$

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : man hole

Nozl: 10 3:38pm Aug 3,2021

$$= 0.5 * 50.000^2$$

$$= 0.001 \text{ m}^2$$

The total area contributed by A1 through A43 [AT]:

$$= A1 + \text{frn}(A2 + A3) + A41 + A42 + A43$$

$$= 0.008 + 1.000(0.013 + 0.000) + 0.001 + 0.000 + 0.000$$

$$= 0.021 \text{ m}^2$$

Allowable Local Primary Membrane Stress [Sallow]:

$$= 1.5 * S * E$$

$$= 1.5 * 137.900 * 1.000$$

$$= 206.9 \text{ N./mm}^2$$

Determine Force acting on the Nozzle [fN]:

$$= P * Rn(LH - t)$$

$$= 0.203 * 0.325 (156.758 - 31.025)$$

$$= 8275.1 \text{ N.}$$

Determine Force acting on the Shell [fS]:

$$= P * \text{Reff}(LR + tn)$$

$$= 0.203 * 4.074 (248.200 + 80.000)$$

$$= 270936.0 \text{ N.}$$

Discontinuity Force from Internal Pressure [fY]:

$$= P * \text{Reff} * Rnc$$

$$= 0.203 * 4.074 * 0.325$$

$$= 268129.2 \text{ N.}$$

Area Resisting Internal Pressure [Ap]:

$$= Rn(LH - t) + \text{Reff}(LR + tn + Rnc)$$

$$= 0.325 (0.157 - 31.025) + 4.074 (0.248 + 80.000 + 0.325)$$

$$= 2.7 \text{ m}^2$$

Maximum Allowable Working Pressure Candidate [Pmax1]:

$$= \text{Sallow} / (2 * Ap/AT - Rxs/teff)$$

$$= 206.850 / (2 * 2.700/0.021 - 4.074/31.025)$$

$$= 1.7 \text{ N./sq.mm.}$$

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : man hole

Nozl: 10 3:38pm Aug 3,2021

Maximum Allowable Working Pressure Candidate [Pmax2]:

$$\begin{aligned}
 &= S[t/Reff] \\
 &= 137.900 [31.025/4.074] \\
 &= 1.1 \text{ N./sq.mm.}
 \end{aligned}$$

Maximum Allowable Working Pressure [Pmax]:

$$\begin{aligned}
 &= \min(Pmax1, Pmax2) \\
 &= \min(1.723 , 1.050) \\
 &= 1.050 \text{ N./sq.mm.}
 \end{aligned}$$

Average Primary Membrane Stress [SigmaAvg]:

$$\begin{aligned}
 &= (fN + fS + fY) / AT \\
 &= (8275.100 + 270935.969 + 268129.188)/0.021 \\
 &= 25.471 \text{ N./mm}^2
 \end{aligned}$$

General Primary Membrane Stress [SigmaCirc]:

$$\begin{aligned}
 &= P * Reff / teff \\
 &= 0.203 * 4.074/31.025 \\
 &= 26.6 \text{ N./mm}^2
 \end{aligned}$$

Maximum Local Primary Membrane Stress [PL]:

$$\begin{aligned}
 &= \max(2 * SigmaAvg - SigmaCirc, SigmaCirc) \\
 &= \max(2 * 25.471 - 26.611 , 26.611) \\
 &= 26.6 \text{ N./mm}^2
 \end{aligned}$$

Summary of Nozzle Pressure/Stress Results:

Allowed Local Primary Membrane Stress	Sallow	206.85	N./mm ²
Local Primary Membrane Stress	PL	26.61	N./mm ²
Maximum Allowable Working Pressure	Pmax	1.05	N./sq.mm.

Strength of Nozzle Attachment Welds per 1-10 and U-2(g)

Discontinuity Force Factor [ky]:

$$\begin{aligned}
 &= (Rnc + tn) / Rnc \\
 &= (324.800 + 80.000)/324.800 \\
 &= 1.246 \text{ For set-in Nozzles}
 \end{aligned}$$

Weld Length of Nozzle to Shell Weld [Ltau]:

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : man hole Nozl: 10 3:38pm Aug 3,2021

$$= \pi/2 * (Rn + tn)$$

$$= \pi/2 * (324.800 + 80.000)$$

$$= 635.858 \text{ mm.}$$

Weld Throat Dimensions, (0.7071*Leg Dimensions) [L41T, L42T, L43T]:

$$= 35.355, \quad 0.000, \quad 0.000, \text{ mm.}$$

Weld Load Value [fwelds]:

$$= \min(fy * ky, 1.5 * Sn(A2 + A3), \pi/4 * P * Rn^2 * ky^2)$$

$$= \min(268129 * 1.25, 1.5 * 117.9(0.013 + 0.000), \pi/4 * 0.2 * 0.32^2 * 1.25^2)$$

$$= 26078.379 \text{ N.}$$

Weld Stress Value [tau]:

$$= fwelds / (Ltau(0.49 * L41T + 0.6 * tw1 + 0.49 * L43T))$$

$$= 26078.379 / (635.858 (0.49 * 35.355 + 0.6 * 13.200 + 0.49 * 0.000))$$

$$= 1.625 < \text{ or } = \text{ to } 137.900 \text{ Weld Size is OK}$$

Weld Size Calculations, Description: man hole

Intermediate Calc. for nozzle/shell Welds Tmin 19.0000 mm.

Results Per UW-16.1:

	Required Thickness	Actual Thickness
Nozzle Weld	6.0000 = Min per Code	35.3500 = 0.7 * Wo mm.

Maximum Allowable Pressure for this Nozzle at this Location:

Converged Max. Allow. Pressure in Operating case 1.0454 N./sq.mm.

Note: The MAWP of this junction was limited by the parent Shell/Head.

Nozzle is O.K. for the External Pressure 0.101 N./sq.mm.

The Drop for this Nozzle is : 20.1767 mm.

The Cut Length for this Nozzle is, Drop + Ho + H + T : 554.3765 mm.

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet mixer 1 Nozl: 11 3:38pm Aug 3,2021

INPUT VALUES, Nozzle Description: Inlet mixer 1 From : 40

Pressure for Reinforcement Calculations	P	0.2026	N./sq.mm.
Temperature for Internal Pressure	Temp	5	°C
Design External Pressure	Pext	0.10	N./sq.mm.
Temperature for External Pressure	Tempex	35	°C
Shell Material		SA-516	70
Shell Allowable Stress at Temperature	Sv	137.90	N./mm ²
Shell Allowable Stress At Ambient	Sva	137.90	N./mm ²
Inside Diameter of Cylindrical Shell	D	8.1416	m.
Design Length of Section	L	4.0000	m.
Shell Finished (Minimum) Thickness	t	34.2000	mm.
Shell Internal Corrosion Allowance	c	3.1750	mm.
Shell External Corrosion Allowance	co	0.0000	mm.
Distance from Bottom/Left Tangent		11.6450	m.
User Entered Minimum Design Metal Temperature		10.00	°C

Type of Element Connected to the Shell : Nozzle

Material		SA-106	B
Material UNS Number		K03006	
Material Specification/Type		Smls.	pipe
Allowable Stress at Temperature	Sn	117.90	N./mm ²
Allowable Stress At Ambient	Sna	117.90	N./mm ²
Diameter Basis (for tr calc only)		ID	
Layout Angle		0.00	deg
Diameter		10.0000	in.
Size and Thickness Basis		Actual	
Actual Thickness	tn	50.0000	mm.
Flange Material		SA-105	

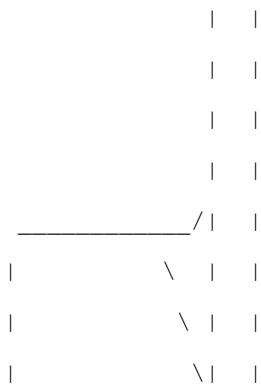
FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet mixer 1 Nozl: 11 3:38pm Aug 3,2021

Flange Type	Weld Neck Flange		
Corrosion Allowance	can	20.0000	mm.
Joint Efficiency of Shell Seam at Nozzle	E1	1.00	
Joint Efficiency of Nozzle Neck	En	1.00	
Outside Projection	ho	500.0000	mm.
Weld leg size between Nozzle and Pad/Shell	Wo	50.0000	mm.
Groove weld depth between Nozzle and Vessel	Wgnv	13.2000	mm.
Inside Projection	h	0.0000	mm.
Weld leg size, Inside Element to Shell	Wi	0.0000	mm.
ASME Code Weld Type per UW-16			A
Class of attached Flange		150	
Grade of attached Flange		GR 1.1	

The Pressure Design option was Design Pressure + static head.

Nozzle Sketch (may not represent actual weld type/configuration)



Insert/Set-in Nozzle No Pad, no Inside projection

Reinforcement CALCULATION, Description: Inlet mixer 1

ASME Code, Section VIII, Div. 1, 2015, UG-37 to UG-45

Actual Inside Diameter Used in Calculation	10.000	in.
Actual Thickness Used in Calculation	1.969	in.

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet mixer 1 Nozl: 11 3:38pm Aug 3,2021

Note: Post Weld Heat Treating is required for this Nozzle Geometry!

Nozzle input data check completed without errors.

Reqd thk per UG-37(a)of Cylindrical Shell, Tr [Int. Press]

$$= (P \cdot R) / (S_v \cdot E - 0.6 \cdot P) \text{ per UG-27 (c) (1)}$$

$$= (0.20 \cdot 4.0740) / (138 \cdot 1.00 - 0.6 \cdot 0.20)$$

$$= 5.9922 \text{ mm.}$$

Reqd thk per UG-37(a)of Nozzle Wall, Trn [Int. Press]

$$= (P \cdot R) / (S_n \cdot E - 0.6 \cdot P) \text{ per UG-27 (c) (1)}$$

$$= (0.20 \cdot 0.15) / (118 \cdot 1.00 - 0.6 \cdot 0.20)$$

$$= 0.2529 \text{ mm.}$$

Required Nozzle thickness under External Pressure per UG-28 : 1.2993 mm.

UG-40, Limits of Reinforcement : [External Pressure]

Parallel to Vessel Wall (Diameter Limit)	D1	0.5880 m.
Parallel to Vessel Wall, opening length	d	0.2940 m.
Normal to Vessel Wall (Thickness Limit), no pad	Tlnp	75.0000 mm.

Weld Strength Reduction Factor [fr1]:

$$= \min(1, S_n / S_v)$$

$$= \min(1, 117.9 / 137.9)$$

$$= 0.855$$

Weld Strength Reduction Factor [fr2]:

$$= \min(1, S_n / S_v)$$

$$= \min(1, 117.9 / 137.9)$$

$$= 0.855$$

Weld Strength Reduction Factor [fr3]:

$$= \min(fr2, fr4)$$

$$= \min(0.855, 1.000)$$

$$= 0.855$$

Results of Nozzle Reinforcement Area Calculations: (m²)

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet mixer 1 Nozl: 11 3:38pm Aug 3,2021

AREA AVAILABLE, A1 to A5	Design	External	Mapnc

Area Required Ar	NA	0.003	NA
Area in Shell A1	NA	0.003	NA
Area in Nozzle Wall A2	NA	0.004	NA
Area in Inward Nozzle A3	NA	0.000	NA
Area in Welds A41+A42+A43	NA	0.002	NA
Area in Element A5	NA	0.000	NA
TOTAL AREA AVAILABLE Atot	NA	0.009	NA

Nozzle Angle Used in Area Calculations 90.00 Degs.

The area available without a pad is Sufficient.

Area Required [A]:

$$\begin{aligned}
 &= 0.5(d * tr * F + 2 * tn * tr * F(1-fr1)) \text{ per UG-37(d)} \\
 &= 0.5(0.2940 * 19.3799 * 1 + 2 * 30.0000 * 19.3799 * 1(1-0.86)) \\
 &= 0.003 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Reinforcement Areas per Figure UG-37.1

Area Available in Shell [A1]:

$$\begin{aligned}
 &= d(E1 * t - F * tr) - 2 * tn(E1 * t - F * tr) * (1 - fr1) \\
 &= 0.294 (1.00 * 31.0250 - 1.0 * 19.380) - 2 * 30.000 \\
 &\quad (1.00 * 31.0250 - 1.0 * 19.3799) * (1 - 0.855) \\
 &= 0.003 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Available in Nozzle Projecting Outward [A2]:

$$\begin{aligned}
 &= (2 * tlnp) * (tn - trn) * fr2 \\
 &= (2 * 75.00) * (30.00 - 1.30) * 0.8550 \\
 &= 0.004 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Available in Inward Weld + Outward Weld [A41 + A43]:

$$\begin{aligned}
 &= Wo^2 * fr2 + (Wi-can/0.707)^2 * fr2 \\
 &= 50.0000^2 * 0.8550 + (0.0000)^2 * 0.8550 \\
 &= 0.002 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

UG-45 Minimum Nozzle Neck Thickness Requirement: [Int. Press.]

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet mixer 1 Nozl: 11 3:38pm Aug 3,2021

Wall Thickness for Internal/External pressures ta = 21.2993 mm.
 Wall Thickness per UG16(b), tr16b = 21.5000 mm.
 Wall Thickness, shell/head, internal pressure trb1 = 9.1672 mm.
 Wall Thickness tb1 = max(trb1, tr16b) = 21.5000 mm.
 Wall Thickness, shell/head, external pressure trb2 = 6.1698 mm.
 Wall Thickness tb2 = max(trb2, tr16b) = 21.5000 mm.
 Wall Thickness per table UG-45 tb3 = 28.3312 mm.

Determine Nozzle Thickness candidate [tb]:

= min[tb3, max(tb1,tb2)]
 = min[28.331 , max(21.5000 , 21.5000)]
 = 21.5000 mm.

Minimum Wall Thickness of Nozzle Necks [tUG-45]:

= max(ta, tb)
 = max(21.2993 , 21.5000)
 = 21.5000 mm.

Available Nozzle Neck Thickness = 50.0000 mm. --> OK

Nozzle Junction Minimum Design Metal Temperature (MDMT) Calculations:

MDMT of the Nozzle Neck to Flange Weld, Curve: B

 Govern. thk, tg = 50.000 , tr = 0.253 , c = 20.0000 mm. , E* = 1.00
 Stress Ratio = tr * (E*)/(tg - c) = 0.008 , Temp. Reduction = 78 °C

 Min Metal Temp. w/o impact per UCS-66, Curve B 17 °C
 Min Metal Temp. at Required thickness (UCS 66.1) -61 °C

MDMT of Nozzle-Shell/Head Weld for the Nozzle (UCS-66(a)1(b)), Curve: B

 Govern. thk, tg = 34.200 , tr = 5.992 , c = 3.1750 mm. , E* = 1.00
 Stress Ratio = tr * (E*)/(tg - c) = 0.193 , Temp. Reduction = 78 °C

 Min Metal Temp. w/o impact per UCS-66, Curve B 7 °C
 Min Metal Temp per UCS-66 and UCS-68(c),PWHT credit -9 °C
 Min Metal Temp. at Required thickness (UCS 66.1) -87 °C

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet mixer 1 Nozl: 11 3:38pm Aug 3,2021

Governing MDMT of all the sub-joints of this Junction : -61 °C

ANSI Flange MDMT including Temperature reduction per UCS-66.1:

Unadjusted MDMT of ANSI B16.5/47 flanges per UCS-66(c) -29 °C

Flange MDMT with Temp reduction per UCS-66(b)(1)(b) -104 °C

Flange MDMT with Temp reduction per UCS-66(b)(1)(c) -104 °C

Where the Stress Reduction Ratio per UCS-66(b)(1)(b) is :

Design Pressure/Ambient Rating = $0.20/1.96 = 0.103$

*Note: Using the minimum value from (b)(1)(b) and (b)(1)(c) above
as the calculated nozzle flange MDMT.*

Nozzle Calculations per App. 1-10: Internal Pressure Case:

Thickness of Nozzle [tn]:

= thickness - corrosion allowance
= 50.000 - 20.000
= 30.000 mm.

Effective Pressure Radius [Reff]:

= $D_i/2 + \text{corrosion allowance}$
= $8.142/2 + 3.175$
= 4.074 m.

Effective Length of Vessel Wall [LR]:

= $8 * t$
= $8 * 31.025$
= 0.248 m.

Thickness Limit Candidate [LH1]:

= $t + 0.78 * \text{sqrt}(R_n * t_n)$
= $31.025 + 0.78 * \text{sqrt}(0.147 * 30.000)$
= 82.823 m.

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet mixer 1 Nozl: 11 3:38pm Aug 3,2021

Thickness Limit Candidate [LH2]:

$$\begin{aligned}
 &= L_{pr1} + T \\
 &= 500.000 + 31.025 \\
 &= 531.025 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Thickness Limit Candidate [LH3]:

$$\begin{aligned}
 &= 8(t + t_e) \\
 &= 8(31.025 + 0.000) \\
 &= 248.200 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Effective Nozzle Wall Length Outside the Vessel [LH]:

$$\begin{aligned}
 &= \min[LH1, LH2, LH3] \\
 &= \min[82.823 , 531.025 , 248.200) \\
 &= 82.823 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Effective Vessel Thickness [teff]:

$$\begin{aligned}
 &= t \\
 &= 31.025 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Determine Parameter [Lamda]:

$$\begin{aligned}
 &= \min(10, (D_n + T_n) / (\text{sqrt}((D_i + t_{eff}) * t_{eff}))) \\
 &= \min(10, (294.00 + 30.000) / (\text{sqrt}((8.15 + 31.025) * 31.025))) \\
 &= 0.643
 \end{aligned}$$

Compute Areas A1-A43 (No Pad) or A1-A5 (With Pad) :

Area Contributed by the Vessel Wall [A1]:

$$\begin{aligned}
 &= t * LR * \max(\text{Lamda}/4, 1) \\
 &= 31.025 * 248.200 * \max(0.643/4, 1) \\
 &= 0.008 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Contributed by the Nozzle Outside the Vessel Wall [A2]:

$$\begin{aligned}
 &= t_n * LH \\
 &= 30.000 * 82.823 \\
 &= 0.002 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Contributed by the Outside Fillet Weld [A41]:

$$= 0.5 * \text{Leg41}^2$$

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet mixer 1 Nozl: 11 3:38pm Aug 3,2021

$$= 0.5 * 50.000^2$$

$$= 0.001 \text{ m}^2$$

The total area contributed by A1 through A43 [AT]:

$$= A1 + \text{frn}(A2 + A3) + A41 + A42 + A43$$

$$= 0.008 + 1.000(0.002 + 0.000) + 0.001 + 0.000 + 0.000$$

$$= 0.011 \text{ m}^2$$

Allowable Local Primary Membrane Stress [Sallow]:

$$= 1.5 * S * E$$

$$= 1.5 * 137.900 * 1.000$$

$$= 206.9 \text{ N./mm}^2$$

Determine Force acting on the Nozzle [fN]:

$$= P * Rn(LH - t)$$

$$= 0.203 * 0.147 (82.823 - 31.025)$$

$$= 1542.9 \text{ N.}$$

Determine Force acting on the Shell [fS]:

$$= P * \text{Reff}(LR + tn)$$

$$= 0.203 * 4.074 (248.200 + 30.000)$$

$$= 229659.9 \text{ N.}$$

Discontinuity Force from Internal Pressure [fY]:

$$= P * \text{Reff} * Rnc$$

$$= 0.203 * 4.074 * 0.147$$

$$= 121351.6 \text{ N.}$$

Area Resisting Internal Pressure [Ap]:

$$= Rn(LH - t) + \text{Reff}(LR + tn + Rnc)$$

$$= 0.147 (0.083 - 31.025) + 4.074 (0.248 + 30.000 + 0.147)$$

$$= 1.7 \text{ m}^2$$

Maximum Allowable Working Pressure Candidate [Pmax1]:

$$= \text{Sallow} / (2 * Ap/AT - Rxs/teff)$$

$$= 206.850 / (2 * 1.739/0.011 - 4.074/31.025)$$

$$= 1.2 \text{ N./sq.mm.}$$

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet mixer 1 Nozl: 11 3:38pm Aug 3,2021

Maximum Allowable Working Pressure Candidate [Pmax2]:

$$\begin{aligned}
 &= S[t/Reff] \\
 &= 137.900 [31.025/4.074] \\
 &= 1.1 \text{ N./sq.mm.}
 \end{aligned}$$

Maximum Allowable Working Pressure [Pmax]:

$$\begin{aligned}
 &= \min(Pmax1, Pmax2) \\
 &= \min(1.196 , 1.050) \\
 &= 1.050 \text{ N./sq.mm.}
 \end{aligned}$$

Average Primary Membrane Stress [SigmaAvg]:

$$\begin{aligned}
 &= (fN + fS + fY) / AT \\
 &= (1542.911 + 229659.938 + 121351.570)/0.011 \\
 &= 30.834 \text{ N./mm}^2
 \end{aligned}$$

General Primary Membrane Stress [SigmaCirc]:

$$\begin{aligned}
 &= P * Reff / teff \\
 &= 0.203 * 4.074/31.025 \\
 &= 26.6 \text{ N./mm}^2
 \end{aligned}$$

Maximum Local Primary Membrane Stress [PL]:

$$\begin{aligned}
 &= \max(2 * SigmaAvg - SigmaCirc, SigmaCirc) \\
 &= \max(2 * 30.834 - 26.611 , 26.611) \\
 &= 35.1 \text{ N./mm}^2
 \end{aligned}$$

Summary of Nozzle Pressure/Stress Results:

Allowed Local Primary Membrane Stress	Sallow	206.85	N./mm ²
Local Primary Membrane Stress	PL	35.06	N./mm ²
Maximum Allowable Working Pressure	Pmax	1.05	N./sq.mm.

Strength of Nozzle Attachment Welds per 1-10 and U-2(g)

Discontinuity Force Factor [ky]:

$$\begin{aligned}
 &= (Rnc + tn) / Rnc \\
 &= (147.000 + 30.000)/147.000 \\
 &= 1.204 \text{ For set-in Nozzles}
 \end{aligned}$$

Weld Length of Nozzle to Shell Weld [Ltau]:

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet mixer 1 Nozl: 11 3:38pm Aug 3,2021

$$= \pi/2 * (Rn + tn)$$

$$= \pi/2 * (147.000 + 30.000)$$

$$= 278.031 \text{ mm.}$$

Weld Throat Dimensions, (0.7071*Leg Dimensions) [L41T, L42T, L43T]:

$$= 35.355, \quad 0.000, \quad 0.000, \text{ mm.}$$

Weld Load Value [fwelds]:

$$= \min(fy * ky, 1.5 * Sn(A2 + A3), \pi/4 * P * Rn^2 * ky^2)$$

$$= \min(121352 * 1.20, 1.5 * 117.9(0.002 + 0.000), \pi/4 * 0.2 * 0.15^2 * 1.20^2)$$

$$= 4985.929 \text{ N.}$$

Weld Stress Value [tau]:

$$= fwelds / (Ltau(0.49 * L41T + 0.6 * tw1 + 0.49 * L43T))$$

$$= 4985.929 / (278.031 (0.49 * 35.355 + 0.6 * 13.200 + 0.49 * 0.000))$$

$$= 0.710 < \text{ or } = \text{ to } 137.900 \text{ Weld Size is OK}$$

Weld Size Calculations, Description: Inlet mixer 1

Intermediate Calc. for nozzle/shell Welds Tmin 19.0000 mm.

Results Per UW-16.1:

	Required Thickness	Actual Thickness
Nozzle Weld	6.0000 = Min per Code	35.3500 = 0.7 * Wo mm.

Maximum Allowable Pressure for this Nozzle at this Location:

Converged Max. Allow. Pressure in Operating case 1.0454 N./sq.mm.

Note: The MAWP of this junction was limited by the parent Shell/Head.

Nozzle is O.K. for the External Pressure 0.101 N./sq.mm.

The Drop for this Nozzle is : 3.8498 mm.

The Cut Length for this Nozzle is, Drop + Ho + H + T : 538.0496 mm.

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : inlet mixer 2 Nozl: 12 3:38pm Aug 3,2021

INPUT VALUES, Nozzle Description: inlet mixer 2 From : 40

Pressure for Reinforcement Calculations	P	0.2026	N./sq.mm.
Temperature for Internal Pressure	Temp	5	°C
Design External Pressure	Pext	0.10	N./sq.mm.
Temperature for External Pressure	Tempex	35	°C
Shell Material		SA-516	70
Shell Allowable Stress at Temperature	Sv	137.90	N./mm ²
Shell Allowable Stress At Ambient	Sva	137.90	N./mm ²
Inside Diameter of Cylindrical Shell	D	8.1416	m.
Design Length of Section	L	4.0000	m.
Shell Finished (Minimum) Thickness	t	34.2000	mm.
Shell Internal Corrosion Allowance	c	3.1750	mm.
Shell External Corrosion Allowance	co	0.0000	mm.
Distance from Bottom/Left Tangent		11.6450	m.
User Entered Minimum Design Metal Temperature		10.00	°C

Type of Element Connected to the Shell : Nozzle

Material		SA-106	B
Material UNS Number		K03006	
Material Specification/Type		Smls.	pipe
Allowable Stress at Temperature	Sn	117.90	N./mm ²
Allowable Stress At Ambient	Sna	117.90	N./mm ²
Diameter Basis (for tr calc only)		ID	
Layout Angle		70.00	deg
Diameter		10.0000	in.
Size and Thickness Basis		Actual	
Actual Thickness	tn	50.0000	mm.
Flange Material		SA-105	

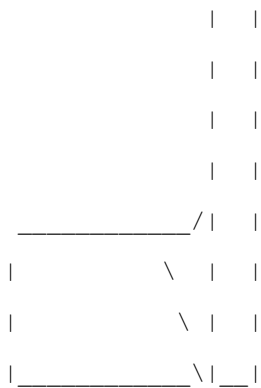
FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : inlet mixer 2 Nozl: 12 3:38pm Aug 3,2021

Flange Type	Weld Neck Flange		
Corrosion Allowance	can	20.0000	mm.
Joint Efficiency of Shell Seam at Nozzle	E1	1.00	
Joint Efficiency of Nozzle Neck	En	1.00	
Outside Projection	ho	500.0000	mm.
Weld leg size between Nozzle and Pad/Shell	Wo	50.0000	mm.
Groove weld depth between Nozzle and Vessel	Wgnv	13.2000	mm.
Inside Projection	h	0.0000	mm.
Weld leg size, Inside Element to Shell	Wi	0.0000	mm.
ASME Code Weld Type per UW-16			A
Class of attached Flange		150	
Grade of attached Flange		GR 1.1	

The Pressure Design option was Design Pressure + static head.

Nozzle Sketch (may not represent actual weld type/configuration)



Insert/Set-in Nozzle No Pad, no Inside projection

Reinforcement CALCULATION, Description: inlet mixer 2

ASME Code, Section VIII, Div. 1, 2015, UG-37 to UG-45

Actual Inside Diameter Used in Calculation	10.000	in.
Actual Thickness Used in Calculation	1.969	in.

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : inlet mixer 2 Nozl: 12 3:38pm Aug 3,2021

Note: Post Weld Heat Treating is required for this Nozzle Geometry!

Nozzle input data check completed without errors.

Reqd thk per UG-37(a)of Cylindrical Shell, Tr [Int. Press]

$$= (P \cdot R) / (S_v \cdot E - 0.6 \cdot P) \text{ per UG-27 (c) (1)}$$

$$= (0.20 \cdot 4.0740) / (138 \cdot 1.00 - 0.6 \cdot 0.20)$$

$$= 5.9922 \text{ mm.}$$

Reqd thk per UG-37(a)of Nozzle Wall, Trn [Int. Press]

$$= (P \cdot R) / (S_n \cdot E - 0.6 \cdot P) \text{ per UG-27 (c) (1)}$$

$$= (0.20 \cdot 0.15) / (118 \cdot 1.00 - 0.6 \cdot 0.20)$$

$$= 0.2529 \text{ mm.}$$

Required Nozzle thickness under External Pressure per UG-28 : 1.2993 mm.

UG-40, Limits of Reinforcement : [External Pressure]

Parallel to Vessel Wall (Diameter Limit)	D1	0.5880 m.
Parallel to Vessel Wall, opening length	d	0.2940 m.
Normal to Vessel Wall (Thickness Limit), no pad	Tlnp	75.0000 mm.

Weld Strength Reduction Factor [fr1]:

$$= \min(1, S_n / S_v)$$

$$= \min(1, 117.9 / 137.9)$$

$$= 0.855$$

Weld Strength Reduction Factor [fr2]:

$$= \min(1, S_n / S_v)$$

$$= \min(1, 117.9 / 137.9)$$

$$= 0.855$$

Weld Strength Reduction Factor [fr3]:

$$= \min(fr2, fr4)$$

$$= \min(0.855, 1.000)$$

$$= 0.855$$

Results of Nozzle Reinforcement Area Calculations: (m²)

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : inlet mixer 2 Nozl: 12 3:38pm Aug 3,2021

AREA AVAILABLE, A1 to A5	Design	External	Mapnc

Area Required Ar	NA	0.003	NA
Area in Shell A1	NA	0.003	NA
Area in Nozzle Wall A2	NA	0.004	NA
Area in Inward Nozzle A3	NA	0.000	NA
Area in Welds A41+A42+A43	NA	0.002	NA
Area in Element A5	NA	0.000	NA
TOTAL AREA AVAILABLE Atot	NA	0.009	NA

Nozzle Angle Used in Area Calculations 90.00 Degs.

The area available without a pad is Sufficient.

Area Required [A]:

$$\begin{aligned}
 &= 0.5(d * tr * F + 2 * tn * tr * F(1-fr1)) \text{ per UG-37(d)} \\
 &= 0.5(0.2940 * 19.3799 * 1 + 2 * 30.0000 * 19.3799 * 1(1-0.86)) \\
 &= 0.003 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Reinforcement Areas per Figure UG-37.1

Area Available in Shell [A1]:

$$\begin{aligned}
 &= d(E1 * t - F * tr) - 2 * tn(E1 * t - F * tr) * (1 - fr1) \\
 &= 0.294 (1.00 * 31.0250 - 1.0 * 19.380) - 2 * 30.000 \\
 &\quad (1.00 * 31.0250 - 1.0 * 19.3799) * (1 - 0.855) \\
 &= 0.003 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Available in Nozzle Projecting Outward [A2]:

$$\begin{aligned}
 &= (2 * tlnp) * (tn - trn) * fr2 \\
 &= (2 * 75.00) * (30.00 - 1.30) * 0.8550 \\
 &= 0.004 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Available in Inward Weld + Outward Weld [A41 + A43]:

$$\begin{aligned}
 &= Wo^2 * fr2 + (Wi-can/0.707)^2 * fr2 \\
 &= 50.0000^2 * 0.8550 + (0.0000)^2 * 0.8550 \\
 &= 0.002 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

UG-45 Minimum Nozzle Neck Thickness Requirement: [Int. Press.]

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : inlet mixer 2 Nozl: 12 3:38pm Aug 3,2021

Wall Thickness for Internal/External pressures ta = 21.2993 mm.
 Wall Thickness per UG16(b), tr16b = 21.5000 mm.
 Wall Thickness, shell/head, internal pressure trb1 = 9.1672 mm.
 Wall Thickness tb1 = max(trb1, tr16b) = 21.5000 mm.
 Wall Thickness, shell/head, external pressure trb2 = 6.1698 mm.
 Wall Thickness tb2 = max(trb2, tr16b) = 21.5000 mm.
 Wall Thickness per table UG-45 tb3 = 28.3312 mm.

Determine Nozzle Thickness candidate [tb]:

= min[tb3, max(tb1,tb2)]
 = min[28.331 , max(21.5000 , 21.5000)]
 = 21.5000 mm.

Minimum Wall Thickness of Nozzle Necks [tUG-45]:

= max(ta, tb)
 = max(21.2993 , 21.5000)
 = 21.5000 mm.

Available Nozzle Neck Thickness = 50.0000 mm. --> OK

Nozzle Junction Minimum Design Metal Temperature (MDMT) Calculations:

MDMT of the Nozzle Neck to Flange Weld, Curve: B

 Govern. thk, tg = 50.000 , tr = 0.253 , c = 20.0000 mm. , E* = 1.00
 Stress Ratio = tr * (E*)/(tg - c) = 0.008 , Temp. Reduction = 78 °C

 Min Metal Temp. w/o impact per UCS-66, Curve B 17 °C
 Min Metal Temp. at Required thickness (UCS 66.1) -61 °C

MDMT of Nozzle-Shell/Head Weld for the Nozzle (UCS-66(a)1(b)), Curve: B

 Govern. thk, tg = 34.200 , tr = 5.992 , c = 3.1750 mm. , E* = 1.00
 Stress Ratio = tr * (E*)/(tg - c) = 0.193 , Temp. Reduction = 78 °C

 Min Metal Temp. w/o impact per UCS-66, Curve B 7 °C
 Min Metal Temp per UCS-66 and UCS-68(c),PWHT credit -9 °C
 Min Metal Temp. at Required thickness (UCS 66.1) -87 °C

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : inlet mixer 2 Nozl: 12 3:38pm Aug 3,2021

Governing MDMT of all the sub-joints of this Junction : -61 °C

ANSI Flange MDMT including Temperature reduction per UCS-66.1:

Unadjusted MDMT of ANSI B16.5/47 flanges per UCS-66(c) -29 °C

Flange MDMT with Temp reduction per UCS-66(b) (1) (b) -104 °C

Flange MDMT with Temp reduction per UCS-66(b) (1) (c) -104 °C

Where the Stress Reduction Ratio per UCS-66(b) (1) (b) is :

Design Pressure/Ambient Rating = $0.20/1.96 = 0.103$

*Note: Using the minimum value from (b) (1) (b) and (b) (1) (c) above
as the calculated nozzle flange MDMT.*

Nozzle Calculations per App. 1-10: Internal Pressure Case:

Thickness of Nozzle [tn]:

= thickness - corrosion allowance
= 50.000 - 20.000
= 30.000 mm.

Effective Pressure Radius [Reff]:

= $D_i/2 + \text{corrosion allowance}$
= $8.142/2 + 3.175$
= 4.074 m.

Effective Length of Vessel Wall [LR]:

= $8 * t$
= $8 * 31.025$
= 0.248 m.

Thickness Limit Candidate [LH1]:

= $t + 0.78 * \text{sqrt}(R_n * t_n)$
= $31.025 + 0.78 * \text{sqrt}(0.147 * 30.000)$
= 82.823 m.

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : inlet mixer 2 Nozl: 12 3:38pm Aug 3,2021

Thickness Limit Candidate [LH2]:

$$\begin{aligned}
 &= L_{pr1} + T \\
 &= 500.000 + 31.025 \\
 &= 531.025 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Thickness Limit Candidate [LH3]:

$$\begin{aligned}
 &= 8(t + t_e) \\
 &= 8(31.025 + 0.000) \\
 &= 248.200 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Effective Nozzle Wall Length Outside the Vessel [LH]:

$$\begin{aligned}
 &= \min[LH1, LH2, LH3] \\
 &= \min[82.823 , 531.025 , 248.200) \\
 &= 82.823 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Effective Vessel Thickness [teff]:

$$\begin{aligned}
 &= t \\
 &= 31.025 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Determine Parameter [Lamda]:

$$\begin{aligned}
 &= \min(10, (D_n + T_n) / (\text{sqrt}((D_i + t_{eff}) * t_{eff}))) \\
 &= \min(10, (294.00 + 30.000) / (\text{sqrt}((8.15 + 31.025) * 31.025))) \\
 &= 0.643
 \end{aligned}$$

Compute Areas A1-A43 (No Pad) or A1-A5 (With Pad) :

Area Contributed by the Vessel Wall [A1]:

$$\begin{aligned}
 &= t * LR * \max(\text{Lamda}/4, 1) \\
 &= 31.025 * 248.200 * \max(0.643/4, 1) \\
 &= 0.008 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Contributed by the Nozzle Outside the Vessel Wall [A2]:

$$\begin{aligned}
 &= t_n * LH \\
 &= 30.000 * 82.823 \\
 &= 0.002 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Contributed by the Outside Fillet Weld [A41]:

$$= 0.5 * \text{Leg41}^2$$

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : inlet mixer 2 Nozl: 12 3:38pm Aug 3,2021

$$= 0.5 * 50.000^2$$

$$= 0.001 \text{ m}^2$$

The total area contributed by A1 through A43 [AT]:

$$= A1 + \text{frn}(A2 + A3) + A41 + A42 + A43$$

$$= 0.008 + 1.000(0.002 + 0.000) + 0.001 + 0.000 + 0.000$$

$$= 0.011 \text{ m}^2$$

Allowable Local Primary Membrane Stress [Sallow]:

$$= 1.5 * S * E$$

$$= 1.5 * 137.900 * 1.000$$

$$= 206.9 \text{ N./mm}^2$$

Determine Force acting on the Nozzle [fN]:

$$= P * Rn(LH - t)$$

$$= 0.203 * 0.147 (82.823 - 31.025)$$

$$= 1542.9 \text{ N.}$$

Determine Force acting on the Shell [fS]:

$$= P * \text{Reff}(LR + tn)$$

$$= 0.203 * 4.074 (248.200 + 30.000)$$

$$= 229659.9 \text{ N.}$$

Discontinuity Force from Internal Pressure [fY]:

$$= P * \text{Reff} * Rnc$$

$$= 0.203 * 4.074 * 0.147$$

$$= 121351.6 \text{ N.}$$

Area Resisting Internal Pressure [Ap]:

$$= Rn(LH - t) + \text{Reff}(LR + tn + Rnc)$$

$$= 0.147 (0.083 - 31.025) + 4.074 (0.248 + 30.000 + 0.147)$$

$$= 1.7 \text{ m}^2$$

Maximum Allowable Working Pressure Candidate [Pmax1]:

$$= \text{Sallow} / (2 * Ap/AT - Rxs/teff)$$

$$= 206.850 / (2 * 1.739/0.011 - 4.074/31.025)$$

$$= 1.2 \text{ N./sq.mm.}$$

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : inlet mixer 2 Nozl: 12 3:38pm Aug 3,2021

Maximum Allowable Working Pressure Candidate [Pmax2]:

$$\begin{aligned}
 &= S[t/Reff] \\
 &= 137.900 [31.025/4.074] \\
 &= 1.1 \text{ N./sq.mm.}
 \end{aligned}$$

Maximum Allowable Working Pressure [Pmax]:

$$\begin{aligned}
 &= \min(Pmax1, Pmax2) \\
 &= \min(1.196 , 1.050) \\
 &= 1.050 \text{ N./sq.mm.}
 \end{aligned}$$

Average Primary Membrane Stress [SigmaAvg]:

$$\begin{aligned}
 &= (fN + fS + fY) / AT \\
 &= (1542.911 + 229659.938 + 121351.570)/0.011 \\
 &= 30.834 \text{ N./mm}^2
 \end{aligned}$$

General Primary Membrane Stress [SigmaCirc]:

$$\begin{aligned}
 &= P * Reff / teff \\
 &= 0.203 * 4.074/31.025 \\
 &= 26.6 \text{ N./mm}^2
 \end{aligned}$$

Maximum Local Primary Membrane Stress [PL]:

$$\begin{aligned}
 &= \max(2 * SigmaAvg - SigmaCirc, SigmaCirc) \\
 &= \max(2 * 30.834 - 26.611 , 26.611) \\
 &= 35.1 \text{ N./mm}^2
 \end{aligned}$$

Summary of Nozzle Pressure/Stress Results:

Allowed Local Primary Membrane Stress	Sallow	206.85	N./mm ²
Local Primary Membrane Stress	PL	35.06	N./mm ²
Maximum Allowable Working Pressure	Pmax	1.05	N./sq.mm.

Strength of Nozzle Attachment Welds per 1-10 and U-2(g)

Discontinuity Force Factor [ky]:

$$\begin{aligned}
 &= (Rnc + tn) / Rnc \\
 &= (147.000 + 30.000)/147.000 \\
 &= 1.204 \text{ For set-in Nozzles}
 \end{aligned}$$

Weld Length of Nozzle to Shell Weld [Ltau]:

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : inlet mixer 2 Nozl: 12 3:38pm Aug 3,2021

$$= \pi/2 * (Rn + tn)$$

$$= \pi/2 * (147.000 + 30.000)$$

$$= 278.031 \text{ mm.}$$

Weld Throat Dimensions, (0.7071*Leg Dimensions) [L41T, L42T, L43T]:

$$= 35.355, \quad 0.000, \quad 0.000, \text{ mm.}$$

Weld Load Value [fwelds]:

$$= \min(fy * ky, 1.5 * Sn(A2 + A3), \pi/4 * P * Rn^2 * ky^2)$$

$$= \min(121352 * 1.20, 1.5 * 117.9(0.002 + 0.000), \pi/4 * 0.2 * 0.15^2 * 1.20^2)$$

$$= 4985.929 \text{ N.}$$

Weld Stress Value [tau]:

$$= fwelds / (Ltau(0.49 * L41T + 0.6 * tw1 + 0.49 * L43T))$$

$$= 4985.929 / (278.031 (0.49 * 35.355 + 0.6 * 13.200 + 0.49 * 0.000))$$

$$= 0.710 < \text{ or } = \text{ to } 137.900 \text{ Weld Size is OK}$$

Weld Size Calculations, Description: inlet mixer 2

Intermediate Calc. for nozzle/shell Welds Tmin 19.0000 mm.

Results Per UW-16.1:

	Required Thickness	Actual Thickness
Nozzle Weld	6.0000 = Min per Code	35.3500 = 0.7 * Wo mm.

Maximum Allowable Pressure for this Nozzle at this Location:

Converged Max. Allow. Pressure in Operating case 1.0454 N./sq.mm.

Note: The MAWP of this junction was limited by the parent Shell/Head.

Nozzle is O.K. for the External Pressure 0.101 N./sq.mm.

The Drop for this Nozzle is : 3.8498 mm.

The Cut Length for this Nozzle is, Drop + Ho + H + T : 538.0496 mm.

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet mixer 3 Nozl: 13 3:38pm Aug 3,2021

INPUT VALUES, Nozzle Description: Inlet mixer 3 From : 40

Pressure for Reinforcement Calculations	P	0.2026	N./sq.mm.
Temperature for Internal Pressure	Temp	5	°C
Design External Pressure	Pext	0.10	N./sq.mm.
Temperature for External Pressure	Tempex	35	°C
Shell Material		SA-516	70
Shell Allowable Stress at Temperature	Sv	137.90	N./mm ²
Shell Allowable Stress At Ambient	Sva	137.90	N./mm ²
Inside Diameter of Cylindrical Shell	D	8.1416	m.
Design Length of Section	L	4.0000	m.
Shell Finished (Minimum) Thickness	t	34.2000	mm.
Shell Internal Corrosion Allowance	c	3.1750	mm.
Shell External Corrosion Allowance	co	0.0000	mm.
Distance from Bottom/Left Tangent		11.6450	m.
User Entered Minimum Design Metal Temperature		10.00	°C

Type of Element Connected to the Shell : Nozzle

Material		SA-106	B
Material UNS Number		K03006	
Material Specification/Type		Smls.	pipe
Allowable Stress at Temperature	Sn	117.90	N./mm ²
Allowable Stress At Ambient	Sna	117.90	N./mm ²
Diameter Basis (for tr calc only)		ID	
Layout Angle		40.00	deg
Diameter		10.0000	in.
Size and Thickness Basis		Actual	
Actual Thickness	tn	50.0000	mm.
Flange Material		SA-105	

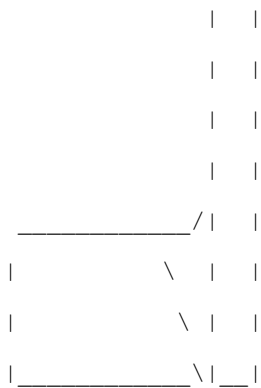
FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet mixer 3 Nozl: 13 3:38pm Aug 3,2021

Flange Type	Weld Neck Flange		
Corrosion Allowance	can	20.0000	mm.
Joint Efficiency of Shell Seam at Nozzle	E1	1.00	
Joint Efficiency of Nozzle Neck	En	1.00	
Outside Projection	ho	500.0000	mm.
Weld leg size between Nozzle and Pad/Shell	Wo	50.0000	mm.
Groove weld depth between Nozzle and Vessel	Wgnv	13.2000	mm.
Inside Projection	h	0.0000	mm.
Weld leg size, Inside Element to Shell	Wi	0.0000	mm.
ASME Code Weld Type per UW-16			A
Class of attached Flange		150	
Grade of attached Flange		GR 1.1	

The Pressure Design option was Design Pressure + static head.

Nozzle Sketch (may not represent actual weld type/configuration)



Insert/Set-in Nozzle No Pad, no Inside projection

Reinforcement CALCULATION, Description: Inlet mixer 3

ASME Code, Section VIII, Div. 1, 2015, UG-37 to UG-45

Actual Inside Diameter Used in Calculation	10.000	in.
Actual Thickness Used in Calculation	1.969	in.

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet mixer 3 Nozl: 13 3:38pm Aug 3,2021

Note: Post Weld Heat Treating is required for this Nozzle Geometry!

Nozzle input data check completed without errors.

Reqd thk per UG-37(a)of Cylindrical Shell, Tr [Int. Press]

$$\begin{aligned}
 &= (P \cdot R) / (S_v \cdot E - 0.6 \cdot P) \text{ per UG-27 (c) (1)} \\
 &= (0.20 \cdot 4.0740) / (138 \cdot 1.00 - 0.6 \cdot 0.20) \\
 &= 5.9922 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

Reqd thk per UG-37(a)of Nozzle Wall, Trn [Int. Press]

$$\begin{aligned}
 &= (P \cdot R) / (S_n \cdot E - 0.6 \cdot P) \text{ per UG-27 (c) (1)} \\
 &= (0.20 \cdot 0.15) / (118 \cdot 1.00 - 0.6 \cdot 0.20) \\
 &= 0.2529 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

Required Nozzle thickness under External Pressure per UG-28 : 1.2993 mm.

UG-40, Limits of Reinforcement : [External Pressure]

Parallel to Vessel Wall (Diameter Limit)	D1	0.5880 m.
Parallel to Vessel Wall, opening length	d	0.2940 m.
Normal to Vessel Wall (Thickness Limit), no pad	Tlnp	75.0000 mm.

Weld Strength Reduction Factor [fr1]:

$$\begin{aligned}
 &= \min(1, S_n / S_v) \\
 &= \min(1, 117.9 / 137.9) \\
 &= 0.855
 \end{aligned}$$

Weld Strength Reduction Factor [fr2]:

$$\begin{aligned}
 &= \min(1, S_n / S_v) \\
 &= \min(1, 117.9 / 137.9) \\
 &= 0.855
 \end{aligned}$$

Weld Strength Reduction Factor [fr3]:

$$\begin{aligned}
 &= \min(fr2, fr4) \\
 &= \min(0.855, 1.000) \\
 &= 0.855
 \end{aligned}$$

Results of Nozzle Reinforcement Area Calculations: (m²)

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet mixer 3 Nozl: 13 3:38pm Aug 3,2021

AREA AVAILABLE, A1 to A5	Design	External	Mapnc

Area Required Ar	NA	0.003	NA
Area in Shell A1	NA	0.003	NA
Area in Nozzle Wall A2	NA	0.004	NA
Area in Inward Nozzle A3	NA	0.000	NA
Area in Welds A41+A42+A43	NA	0.002	NA
Area in Element A5	NA	0.000	NA
TOTAL AREA AVAILABLE Atot	NA	0.009	NA

Nozzle Angle Used in Area Calculations 90.00 Degs.

The area available without a pad is Sufficient.

Area Required [A]:

$$\begin{aligned}
 &= 0.5(d * tr * F + 2 * tn * tr * F(1-fr1)) \text{ per UG-37(d)} \\
 &= 0.5(0.2940 * 19.3799 * 1 + 2 * 30.0000 * 19.3799 * 1(1-0.86)) \\
 &= 0.003 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Reinforcement Areas per Figure UG-37.1

Area Available in Shell [A1]:

$$\begin{aligned}
 &= d(E1 * t - F * tr) - 2 * tn(E1 * t - F * tr) * (1 - fr1) \\
 &= 0.294 (1.00 * 31.0250 - 1.0 * 19.380) - 2 * 30.000 \\
 &\quad (1.00 * 31.0250 - 1.0 * 19.3799) * (1 - 0.855) \\
 &= 0.003 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Available in Nozzle Projecting Outward [A2]:

$$\begin{aligned}
 &= (2 * tlnp) * (tn - trn) * fr2 \\
 &= (2 * 75.00) * (30.00 - 1.30) * 0.8550 \\
 &= 0.004 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Available in Inward Weld + Outward Weld [A41 + A43]:

$$\begin{aligned}
 &= Wo^2 * fr2 + (Wi-can/0.707)^2 * fr2 \\
 &= 50.0000^2 * 0.8550 + (0.0000)^2 * 0.8550 \\
 &= 0.002 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

UG-45 Minimum Nozzle Neck Thickness Requirement: [Int. Press.]

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet mixer 3 Nozl: 13 3:38pm Aug 3,2021

Wall Thickness for Internal/External pressures ta = 21.2993 mm.
 Wall Thickness per UG16(b), tr16b = 21.5000 mm.
 Wall Thickness, shell/head, internal pressure trb1 = 9.1672 mm.
 Wall Thickness tb1 = max(trb1, tr16b) = 21.5000 mm.
 Wall Thickness, shell/head, external pressure trb2 = 6.1698 mm.
 Wall Thickness tb2 = max(trb2, tr16b) = 21.5000 mm.
 Wall Thickness per table UG-45 tb3 = 28.3312 mm.

Determine Nozzle Thickness candidate [tb]:

= min[tb3, max(tb1,tb2)]
 = min[28.331 , max(21.5000 , 21.5000)]
 = 21.5000 mm.

Minimum Wall Thickness of Nozzle Necks [tUG-45]:

= max(ta, tb)
 = max(21.2993 , 21.5000)
 = 21.5000 mm.

Available Nozzle Neck Thickness = 50.0000 mm. --> OK

Nozzle Junction Minimum Design Metal Temperature (MDMT) Calculations:

MDMT of the Nozzle Neck to Flange Weld, Curve: B

 Govrn. thk, tg = 50.000 , tr = 0.253 , c = 20.0000 mm. , E* = 1.00
 Stress Ratio = tr * (E*)/(tg - c) = 0.008 , Temp. Reduction = 78 °C

 Min Metal Temp. w/o impact per UCS-66, Curve B 17 °C
 Min Metal Temp. at Required thickness (UCS 66.1) -61 °C

MDMT of Nozzle-Shell/Head Weld for the Nozzle (UCS-66(a)1(b)), Curve: B

 Govrn. thk, tg = 34.200 , tr = 5.992 , c = 3.1750 mm. , E* = 1.00
 Stress Ratio = tr * (E*)/(tg - c) = 0.193 , Temp. Reduction = 78 °C

 Min Metal Temp. w/o impact per UCS-66, Curve B 7 °C
 Min Metal Temp per UCS-66 and UCS-68(c),PWHT credit -9 °C
 Min Metal Temp. at Required thickness (UCS 66.1) -87 °C

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet mixer 3 Nozl: 13 3:38pm Aug 3,2021

Governing MDMT of all the sub-joints of this Junction : -61 °C

ANSI Flange MDMT including Temperature reduction per UCS-66.1:

Unadjusted MDMT of ANSI B16.5/47 flanges per UCS-66(c) -29 °C

Flange MDMT with Temp reduction per UCS-66(b)(1)(b) -104 °C

Flange MDMT with Temp reduction per UCS-66(b)(1)(c) -104 °C

Where the Stress Reduction Ratio per UCS-66(b)(1)(b) is :

Design Pressure/Ambient Rating = $0.20/1.96 = 0.103$

*Note: Using the minimum value from (b)(1)(b) and (b)(1)(c) above
as the calculated nozzle flange MDMT.*

Nozzle Calculations per App. 1-10: Internal Pressure Case:

Thickness of Nozzle [tn]:

= thickness - corrosion allowance
= 50.000 - 20.000
= 30.000 mm.

Effective Pressure Radius [Reff]:

= $D_i/2 + \text{corrosion allowance}$
= $8.142/2 + 3.175$
= 4.074 m.

Effective Length of Vessel Wall [LR]:

= $8 * t$
= $8 * 31.025$
= 0.248 m.

Thickness Limit Candidate [LH1]:

= $t + 0.78 * \text{sqrt}(R_n * t_n)$
= $31.025 + 0.78 * \text{sqrt}(0.147 * 30.000)$
= 82.823 m.

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet mixer 3 Nozl: 13 3:38pm Aug 3,2021

Thickness Limit Candidate [LH2]:

$$\begin{aligned}
 &= L_{pr1} + T \\
 &= 500.000 + 31.025 \\
 &= 531.025 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Thickness Limit Candidate [LH3]:

$$\begin{aligned}
 &= 8(t + t_e) \\
 &= 8(31.025 + 0.000) \\
 &= 248.200 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Effective Nozzle Wall Length Outside the Vessel [LH]:

$$\begin{aligned}
 &= \min[LH1, LH2, LH3] \\
 &= \min[82.823 , 531.025 , 248.200) \\
 &= 82.823 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Effective Vessel Thickness [teff]:

$$\begin{aligned}
 &= t \\
 &= 31.025 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Determine Parameter [Lamda]:

$$\begin{aligned}
 &= \min(10, (D_n + T_n) / (\text{sqrt}((D_i + t_{eff}) * t_{eff}))) \\
 &= \min(10, (294.00 + 30.000) / (\text{sqrt}((8.15 + 31.025) * 31.025))) \\
 &= 0.643
 \end{aligned}$$

Compute Areas A1-A43 (No Pad) or A1-A5 (With Pad) :

Area Contributed by the Vessel Wall [A1]:

$$\begin{aligned}
 &= t * LR * \max(\text{Lamda}/4, 1) \\
 &= 31.025 * 248.200 * \max(0.643/4, 1) \\
 &= 0.008 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Contributed by the Nozzle Outside the Vessel Wall [A2]:

$$\begin{aligned}
 &= t_n * LH \\
 &= 30.000 * 82.823 \\
 &= 0.002 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Contributed by the Outside Fillet Weld [A41]:

$$= 0.5 * \text{Leg}41^2$$

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet mixer 3 Nozl: 13 3:38pm Aug 3,2021

$$= 0.5 * 50.000^2$$

$$= 0.001 \text{ m}^2$$

The total area contributed by A1 through A43 [AT]:

$$= A1 + \text{frn}(A2 + A3) + A41 + A42 + A43$$

$$= 0.008 + 1.000(0.002 + 0.000) + 0.001 + 0.000 + 0.000$$

$$= 0.011 \text{ m}^2$$

Allowable Local Primary Membrane Stress [Sallow]:

$$= 1.5 * S * E$$

$$= 1.5 * 137.900 * 1.000$$

$$= 206.9 \text{ N./mm}^2$$

Determine Force acting on the Nozzle [fN]:

$$= P * Rn(LH - t)$$

$$= 0.203 * 0.147 (82.823 - 31.025)$$

$$= 1542.9 \text{ N.}$$

Determine Force acting on the Shell [fS]:

$$= P * \text{Reff}(LR + tn)$$

$$= 0.203 * 4.074 (248.200 + 30.000)$$

$$= 229659.9 \text{ N.}$$

Discontinuity Force from Internal Pressure [fY]:

$$= P * \text{Reff} * Rnc$$

$$= 0.203 * 4.074 * 0.147$$

$$= 121351.6 \text{ N.}$$

Area Resisting Internal Pressure [Ap]:

$$= Rn(LH - t) + \text{Reff}(LR + tn + Rnc)$$

$$= 0.147 (0.083 - 31.025) + 4.074 (0.248 + 30.000 + 0.147)$$

$$= 1.7 \text{ m}^2$$

Maximum Allowable Working Pressure Candidate [Pmax1]:

$$= \text{Sallow} / (2 * Ap/AT - Rxs/teff)$$

$$= 206.850 / (2 * 1.739/0.011 - 4.074/31.025)$$

$$= 1.2 \text{ N./sq.mm.}$$

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet mixer 3 Nozl: 13 3:38pm Aug 3,2021

Maximum Allowable Working Pressure Candidate [Pmax2]:

$$\begin{aligned}
 &= S[t/Reff] \\
 &= 137.900 [31.025/4.074] \\
 &= 1.1 \text{ N./sq.mm.}
 \end{aligned}$$

Maximum Allowable Working Pressure [Pmax]:

$$\begin{aligned}
 &= \min(Pmax1, Pmax2) \\
 &= \min(1.196 , 1.050) \\
 &= 1.050 \text{ N./sq.mm.}
 \end{aligned}$$

Average Primary Membrane Stress [SigmaAvg]:

$$\begin{aligned}
 &= (fN + fS + fY) / AT \\
 &= (1542.911 + 229659.938 + 121351.570)/0.011 \\
 &= 30.834 \text{ N./mm}^2
 \end{aligned}$$

General Primary Membrane Stress [SigmaCirc]:

$$\begin{aligned}
 &= P * Reff / teff \\
 &= 0.203 * 4.074/31.025 \\
 &= 26.6 \text{ N./mm}^2
 \end{aligned}$$

Maximum Local Primary Membrane Stress [PL]:

$$\begin{aligned}
 &= \max(2 * SigmaAvg - SigmaCirc, SigmaCirc) \\
 &= \max(2 * 30.834 - 26.611 , 26.611) \\
 &= 35.1 \text{ N./mm}^2
 \end{aligned}$$

Summary of Nozzle Pressure/Stress Results:

Allowed Local Primary Membrane Stress	Sallow	206.85	N./mm ²
Local Primary Membrane Stress	PL	35.06	N./mm ²
Maximum Allowable Working Pressure	Pmax	1.05	N./sq.mm.

Strength of Nozzle Attachment Welds per 1-10 and U-2(g)

Discontinuity Force Factor [ky]:

$$\begin{aligned}
 &= (Rnc + tn) / Rnc \\
 &= (147.000 + 30.000)/147.000 \\
 &= 1.204 \text{ For set-in Nozzles}
 \end{aligned}$$

Weld Length of Nozzle to Shell Weld [Ltau]:

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet mixer 3 Nozl: 13 3:38pm Aug 3,2021

$$= \pi/2 * (Rn + tn)$$

$$= \pi/2 * (147.000 + 30.000)$$

$$= 278.031 \text{ mm.}$$

Weld Throat Dimensions, (0.7071*Leg Dimensions) [L41T, L42T, L43T]:

$$= 35.355, \quad 0.000, \quad 0.000, \text{ mm.}$$

Weld Load Value [fwelds]:

$$= \min(fy * ky, 1.5 * Sn(A2 + A3), \pi/4 * P * Rn^2 * ky^2)$$

$$= \min(121352 * 1.20, 1.5 * 117.9(0.002 + 0.000), \pi/4 * 0.2 * 0.15^2 * 1.20^2)$$

$$= 4985.929 \text{ N.}$$

Weld Stress Value [tau]:

$$= fwelds / (Ltau(0.49 * L41T + 0.6 * tw1 + 0.49 * L43T))$$

$$= 4985.929 / (278.031 (0.49 * 35.355 + 0.6 * 13.200 + 0.49 * 0.000))$$

$$= 0.710 < \text{ or } = \text{ to } 137.900 \text{ Weld Size is OK}$$

Weld Size Calculations, Description: Inlet mixer 3

Intermediate Calc. for nozzle/shell Welds Tmin 19.0000 mm.

Results Per UW-16.1:

	Required Thickness	Actual Thickness
Nozzle Weld	6.0000 = Min per Code	35.3500 = 0.7 * Wo mm.

Maximum Allowable Pressure for this Nozzle at this Location:

Converged Max. Allow. Pressure in Operating case 1.0454 N./sq.mm.

Note: The MAWP of this junction was limited by the parent Shell/Head.

Nozzle is O.K. for the External Pressure 0.101 N./sq.mm.

The Drop for this Nozzle is : 3.8498 mm.

The Cut Length for this Nozzle is, Drop + Ho + H + T : 538.0496 mm.

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet mixer 5 Nozl: 14 3:38pm Aug 3,2021

INPUT VALUES, Nozzle Description: Inlet mixer 5 From : 40

Pressure for Reinforcement Calculations	P	0.2026	N./sq.mm.
Temperature for Internal Pressure	Temp	5	°C
Design External Pressure	Pext	0.10	N./sq.mm.
Temperature for External Pressure	Tempex	35	°C

Shell Material		SA-516 70	
Shell Allowable Stress at Temperature	Sv	137.90	N./mm ²
Shell Allowable Stress At Ambient	Sva	137.90	N./mm ²

Inside Diameter of Cylindrical Shell	D	8.1416	m.
Design Length of Section	L	4.0000	m.
Shell Finished (Minimum) Thickness	t	34.2000	mm.
Shell Internal Corrosion Allowance	c	3.1750	mm.
Shell External Corrosion Allowance	co	0.0000	mm.

Distance from Bottom/Left Tangent		11.6450	m.
-----------------------------------	--	---------	----

User Entered Minimum Design Metal Temperature		10.00	°C
---	--	-------	----

Type of Element Connected to the Shell : Nozzle

Material		SA-106 B	
Material UNS Number		K03006	
Material Specification/Type		Smls. pipe	
Allowable Stress at Temperature	Sn	117.90	N./mm ²
Allowable Stress At Ambient	Sna	117.90	N./mm ²

Diameter Basis (for tr calc only)		ID	
Layout Angle		90.00	deg
Diameter		10.0000	in.

Size and Thickness Basis		Actual	
Actual Thickness	tn	50.0000	mm.

Flange Material		SA-105	
-----------------	--	--------	--

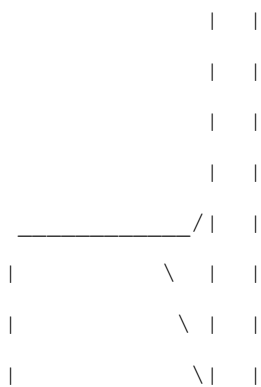
FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet mixer 5 Nozl: 14 3:38pm Aug 3,2021

Flange Type	Weld Neck Flange		
Corrosion Allowance	can	20.0000	mm.
Joint Efficiency of Shell Seam at Nozzle	E1	1.00	
Joint Efficiency of Nozzle Neck	En	1.00	
Outside Projection	ho	500.0000	mm.
Weld leg size between Nozzle and Pad/Shell	Wo	50.0000	mm.
Groove weld depth between Nozzle and Vessel	Wgnv	13.2000	mm.
Inside Projection	h	0.0000	mm.
Weld leg size, Inside Element to Shell	Wi	0.0000	mm.
ASME Code Weld Type per UW-16			A
Class of attached Flange		150	
Grade of attached Flange		GR 1.1	

The Pressure Design option was Design Pressure + static head.

Nozzle Sketch (may not represent actual weld type/configuration)



Insert/Set-in Nozzle No Pad, no Inside projection

Reinforcement CALCULATION, Description: Inlet mixer 5

ASME Code, Section VIII, Div. 1, 2015, UG-37 to UG-45

Actual Inside Diameter Used in Calculation	10.000	in.
Actual Thickness Used in Calculation	1.969	in.

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet mixer 5 Nozl: 14 3:38pm Aug 3,2021

Note: Post Weld Heat Treating is required for this Nozzle Geometry!

Nozzle input data check completed without errors.

Reqd thk per UG-37(a)of Cylindrical Shell, Tr [Int. Press]

$$= (P \cdot R) / (S_v \cdot E - 0.6 \cdot P) \text{ per UG-27 (c) (1)}$$

$$= (0.20 \cdot 4.0740) / (138 \cdot 1.00 - 0.6 \cdot 0.20)$$

$$= 5.9922 \text{ mm.}$$

Reqd thk per UG-37(a)of Nozzle Wall, Trn [Int. Press]

$$= (P \cdot R) / (S_n \cdot E - 0.6 \cdot P) \text{ per UG-27 (c) (1)}$$

$$= (0.20 \cdot 0.15) / (118 \cdot 1.00 - 0.6 \cdot 0.20)$$

$$= 0.2529 \text{ mm.}$$

Required Nozzle thickness under External Pressure per UG-28 : 1.2993 mm.

UG-40, Limits of Reinforcement : [External Pressure]

Parallel to Vessel Wall (Diameter Limit)	D1	0.5880 m.
Parallel to Vessel Wall, opening length	d	0.2940 m.
Normal to Vessel Wall (Thickness Limit), no pad	Tlnp	75.0000 mm.

Weld Strength Reduction Factor [fr1]:

$$= \min(1, S_n / S_v)$$

$$= \min(1, 117.9 / 137.9)$$

$$= 0.855$$

Weld Strength Reduction Factor [fr2]:

$$= \min(1, S_n / S_v)$$

$$= \min(1, 117.9 / 137.9)$$

$$= 0.855$$

Weld Strength Reduction Factor [fr3]:

$$= \min(fr2, fr4)$$

$$= \min(0.855, 1.000)$$

$$= 0.855$$

Results of Nozzle Reinforcement Area Calculations: (m²)

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet mixer 5 Nozl: 14 3:38pm Aug 3,2021

AREA AVAILABLE, A1 to A5	Design	External	Mapnc

Area Required Ar	NA	0.003	NA
Area in Shell A1	NA	0.003	NA
Area in Nozzle Wall A2	NA	0.004	NA
Area in Inward Nozzle A3	NA	0.000	NA
Area in Welds A41+A42+A43	NA	0.002	NA
Area in Element A5	NA	0.000	NA
TOTAL AREA AVAILABLE Atot	NA	0.009	NA

Nozzle Angle Used in Area Calculations 90.00 Degs.

The area available without a pad is Sufficient.

Area Required [A]:

$$\begin{aligned}
 &= 0.5(d * tr * F + 2 * tn * tr * F(1-fr1)) \text{ per UG-37(d)} \\
 &= 0.5(0.2940 * 19.3799 * 1 + 2 * 30.0000 * 19.3799 * 1(1-0.86)) \\
 &= 0.003 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Reinforcement Areas per Figure UG-37.1

Area Available in Shell [A1]:

$$\begin{aligned}
 &= d(E1 * t - F * tr) - 2 * tn(E1 * t - F * tr) * (1 - fr1) \\
 &= 0.294 (1.00 * 31.0250 - 1.0 * 19.380) - 2 * 30.000 \\
 &\quad (1.00 * 31.0250 - 1.0 * 19.3799) * (1 - 0.855) \\
 &= 0.003 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Available in Nozzle Projecting Outward [A2]:

$$\begin{aligned}
 &= (2 * tlnp) * (tn - trn) * fr2 \\
 &= (2 * 75.00) * (30.00 - 1.30) * 0.8550 \\
 &= 0.004 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Available in Inward Weld + Outward Weld [A41 + A43]:

$$\begin{aligned}
 &= Wo^2 * fr2 + (Wi-can/0.707)^2 * fr2 \\
 &= 50.0000^2 * 0.8550 + (0.0000)^2 * 0.8550 \\
 &= 0.002 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

UG-45 Minimum Nozzle Neck Thickness Requirement: [Int. Press.]

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet mixer 5 Nozl: 14 3:38pm Aug 3,2021

Wall Thickness for Internal/External pressures ta = 21.2993 mm.
 Wall Thickness per UG16(b), tr16b = 21.5000 mm.
 Wall Thickness, shell/head, internal pressure trb1 = 9.1672 mm.
 Wall Thickness tb1 = max(trb1, tr16b) = 21.5000 mm.
 Wall Thickness, shell/head, external pressure trb2 = 6.1698 mm.
 Wall Thickness tb2 = max(trb2, tr16b) = 21.5000 mm.
 Wall Thickness per table UG-45 tb3 = 28.3312 mm.

Determine Nozzle Thickness candidate [tb]:

= min[tb3, max(tb1,tb2)]
 = min[28.331 , max(21.5000 , 21.5000)]
 = 21.5000 mm.

Minimum Wall Thickness of Nozzle Necks [tUG-45]:

= max(ta, tb)
 = max(21.2993 , 21.5000)
 = 21.5000 mm.

Available Nozzle Neck Thickness = 50.0000 mm. --> OK

Nozzle Junction Minimum Design Metal Temperature (MDMT) Calculations:

MDMT of the Nozzle Neck to Flange Weld, Curve: B

 Govern. thk, tg = 50.000 , tr = 0.253 , c = 20.0000 mm. , E* = 1.00
 Stress Ratio = tr * (E*)/(tg - c) = 0.008 , Temp. Reduction = 78 °C

 Min Metal Temp. w/o impact per UCS-66, Curve B 17 °C
 Min Metal Temp. at Required thickness (UCS 66.1) -61 °C

MDMT of Nozzle-Shell/Head Weld for the Nozzle (UCS-66(a)1(b)), Curve: B

 Govern. thk, tg = 34.200 , tr = 5.992 , c = 3.1750 mm. , E* = 1.00
 Stress Ratio = tr * (E*)/(tg - c) = 0.193 , Temp. Reduction = 78 °C

 Min Metal Temp. w/o impact per UCS-66, Curve B 7 °C
 Min Metal Temp per UCS-66 and UCS-68(c),PWHT credit -9 °C
 Min Metal Temp. at Required thickness (UCS 66.1) -87 °C

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet mixer 5 Nozl: 14 3:38pm Aug 3,2021

Governing MDMT of all the sub-joints of this Junction : -61 °C

ANSI Flange MDMT including Temperature reduction per UCS-66.1:

Unadjusted MDMT of ANSI B16.5/47 flanges per UCS-66(c) -29 °C

Flange MDMT with Temp reduction per UCS-66(b)(1)(b) -104 °C

Flange MDMT with Temp reduction per UCS-66(b)(1)(c) -104 °C

Where the Stress Reduction Ratio per UCS-66(b)(1)(b) is :

Design Pressure/Ambient Rating = $0.20/1.96 = 0.103$

*Note: Using the minimum value from (b)(1)(b) and (b)(1)(c) above
as the calculated nozzle flange MDMT.*

Nozzle Calculations per App. 1-10: Internal Pressure Case:

Thickness of Nozzle [tn]:

= thickness - corrosion allowance
= 50.000 - 20.000
= 30.000 mm.

Effective Pressure Radius [Reff]:

= $D_i/2 + \text{corrosion allowance}$
= $8.142/2 + 3.175$
= 4.074 m.

Effective Length of Vessel Wall [LR]:

= $8 * t$
= $8 * 31.025$
= 0.248 m.

Thickness Limit Candidate [LH1]:

= $t + 0.78 * \text{sqrt}(R_n * t_n)$
= $31.025 + 0.78 * \text{sqrt}(0.147 * 30.000)$
= 82.823 m.

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet mixer 5 Nozl: 14 3:38pm Aug 3,2021

Thickness Limit Candidate [LH2]:

$$\begin{aligned}
 &= L_{pr1} + T \\
 &= 500.000 + 31.025 \\
 &= 531.025 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Thickness Limit Candidate [LH3]:

$$\begin{aligned}
 &= 8(t + t_e) \\
 &= 8(31.025 + 0.000) \\
 &= 248.200 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Effective Nozzle Wall Length Outside the Vessel [LH]:

$$\begin{aligned}
 &= \min[LH1, LH2, LH3] \\
 &= \min[82.823 , 531.025 , 248.200) \\
 &= 82.823 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Effective Vessel Thickness [teff]:

$$\begin{aligned}
 &= t \\
 &= 31.025 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Determine Parameter [Lamda]:

$$\begin{aligned}
 &= \min(10, (D_n + T_n) / (\text{sqrt}((D_i + t_{eff}) * t_{eff}))) \\
 &= \min(10, (294.00 + 30.000) / (\text{sqrt}((8.15 + 31.025) * 31.025))) \\
 &= 0.643
 \end{aligned}$$

Compute Areas A1-A43 (No Pad) or A1-A5 (With Pad) :

Area Contributed by the Vessel Wall [A1]:

$$\begin{aligned}
 &= t * LR * \max(\text{Lamda}/4, 1) \\
 &= 31.025 * 248.200 * \max(0.643/4, 1) \\
 &= 0.008 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Contributed by the Nozzle Outside the Vessel Wall [A2]:

$$\begin{aligned}
 &= t_n * LH \\
 &= 30.000 * 82.823 \\
 &= 0.002 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Contributed by the Outside Fillet Weld [A41]:

$$= 0.5 * \text{Leg}41^2$$

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet mixer 5 Nozl: 14 3:38pm Aug 3,2021

$$= 0.5 * 50.000^2$$

$$= 0.001 \text{ m}^2$$

The total area contributed by A1 through A43 [AT]:

$$= A1 + \text{frn}(A2 + A3) + A41 + A42 + A43$$

$$= 0.008 + 1.000(0.002 + 0.000) + 0.001 + 0.000 + 0.000$$

$$= 0.011 \text{ m}^2$$

Allowable Local Primary Membrane Stress [Sallow]:

$$= 1.5 * S * E$$

$$= 1.5 * 137.900 * 1.000$$

$$= 206.9 \text{ N./mm}^2$$

Determine Force acting on the Nozzle [fN]:

$$= P * Rn(LH - t)$$

$$= 0.203 * 0.147 (82.823 - 31.025)$$

$$= 1542.9 \text{ N.}$$

Determine Force acting on the Shell [fS]:

$$= P * \text{Reff}(LR + tn)$$

$$= 0.203 * 4.074 (248.200 + 30.000)$$

$$= 229659.9 \text{ N.}$$

Discontinuity Force from Internal Pressure [fY]:

$$= P * \text{Reff} * Rnc$$

$$= 0.203 * 4.074 * 0.147$$

$$= 121351.6 \text{ N.}$$

Area Resisting Internal Pressure [Ap]:

$$= Rn(LH - t) + \text{Reff}(LR + tn + Rnc)$$

$$= 0.147 (0.083 - 31.025) + 4.074 (0.248 + 30.000 + 0.147)$$

$$= 1.7 \text{ m}^2$$

Maximum Allowable Working Pressure Candidate [Pmax1]:

$$= \text{Sallow} / (2 * Ap/AT - Rxs/teff)$$

$$= 206.850 / (2 * 1.739/0.011 - 4.074/31.025)$$

$$= 1.2 \text{ N./sq.mm.}$$

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet mixer 5 Nozl: 14 3:38pm Aug 3,2021

Maximum Allowable Working Pressure Candidate [Pmax2]:

$$\begin{aligned}
 &= S[t/Reff] \\
 &= 137.900 [31.025/4.074] \\
 &= 1.1 \text{ N./sq.mm.}
 \end{aligned}$$

Maximum Allowable Working Pressure [Pmax]:

$$\begin{aligned}
 &= \min(Pmax1, Pmax2) \\
 &= \min(1.196 , 1.050) \\
 &= 1.050 \text{ N./sq.mm.}
 \end{aligned}$$

Average Primary Membrane Stress [SigmaAvg]:

$$\begin{aligned}
 &= (fN + fS + fY) / AT \\
 &= (1542.911 + 229659.938 + 121351.570)/0.011 \\
 &= 30.834 \text{ N./mm}^2
 \end{aligned}$$

General Primary Membrane Stress [SigmaCirc]:

$$\begin{aligned}
 &= P * Reff / teff \\
 &= 0.203 * 4.074/31.025 \\
 &= 26.6 \text{ N./mm}^2
 \end{aligned}$$

Maximum Local Primary Membrane Stress [PL]:

$$\begin{aligned}
 &= \max(2 * SigmaAvg - SigmaCirc, SigmaCirc) \\
 &= \max(2 * 30.834 - 26.611 , 26.611) \\
 &= 35.1 \text{ N./mm}^2
 \end{aligned}$$

Summary of Nozzle Pressure/Stress Results:

Allowed Local Primary Membrane Stress	Sallow	206.85	N./mm ²
Local Primary Membrane Stress	PL	35.06	N./mm ²
Maximum Allowable Working Pressure	Pmax	1.05	N./sq.mm.

Strength of Nozzle Attachment Welds per 1-10 and U-2(g)

Discontinuity Force Factor [ky]:

$$\begin{aligned}
 &= (Rnc + tn) / Rnc \\
 &= (147.000 + 30.000)/147.000 \\
 &= 1.204 \text{ For set-in Nozzles}
 \end{aligned}$$

Weld Length of Nozzle to Shell Weld [Ltau]:

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet mixer 5 Nozl: 14 3:38pm Aug 3,2021

$$= \pi/2 * (Rn + tn)$$

$$= \pi/2 * (147.000 + 30.000)$$

$$= 278.031 \text{ mm.}$$

Weld Throat Dimensions, (0.7071*Leg Dimensions) [L41T, L42T, L43T]:

$$= 35.355, \quad 0.000, \quad 0.000, \text{ mm.}$$

Weld Load Value [fwelds]:

$$= \min(fy * ky, 1.5 * Sn(A2 + A3), \pi/4 * P * Rn^2 * ky^2)$$

$$= \min(121352 * 1.20, 1.5 * 117.9(0.002 + 0.000), \pi/4 * 0.2 * 0.15^2 * 1.20^2)$$

$$= 4985.929 \text{ N.}$$

Weld Stress Value [tau]:

$$= fwelds / (Ltau(0.49 * L41T + 0.6 * tw1 + 0.49 * L43T))$$

$$= 4985.929 / (278.031 (0.49 * 35.355 + 0.6 * 13.200 + 0.49 * 0.000))$$

$$= 0.710 < \text{ or } = \text{ to } 137.900 \text{ Weld Size is OK}$$

Weld Size Calculations, Description: Inlet mixer 5

Intermediate Calc. for nozzle/shell Welds T_{min} 19.0000 mm.

Results Per UW-16.1:

	Required Thickness	Actual Thickness
Nozzle Weld	6.0000 = Min per Code	35.3500 = 0.7 * W _o mm.

Maximum Allowable Pressure for this Nozzle at this Location:

Converged Max. Allow. Pressure in Operating case 1.0454 N./sq.mm.

Note: The MAWP of this junction was limited by the parent Shell/Head.

Nozzle is O.K. for the External Pressure 0.101 N./sq.mm.

The Drop for this Nozzle is : 3.8498 mm.

The Cut Length for this Nozzle is, Drop + Ho + H + T : 538.0496 mm.

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet H2O2

Nozl: 15 3:38pm Aug 3,2021

INPUT VALUES, Nozzle Description: Inlet H2O2 From : 40

Pressure for Reinforcement Calculations	P	0.2026	N./sq.mm.
Temperature for Internal Pressure	Temp	5	°C
Design External Pressure	Pext	0.10	N./sq.mm.
Temperature for External Pressure	Tempex	35	°C
Shell Material		SA-516	70
Shell Allowable Stress at Temperature	Sv	137.90	N./mm ²
Shell Allowable Stress At Ambient	Sva	137.90	N./mm ²
Inside Diameter of Cylindrical Shell	D	8.1416	m.
Design Length of Section	L	4.0000	m.
Shell Finished (Minimum) Thickness	t	34.2000	mm.
Shell Internal Corrosion Allowance	c	3.1750	mm.
Shell External Corrosion Allowance	co	0.0000	mm.
Distance from Bottom/Left Tangent		11.4450	m.
User Entered Minimum Design Metal Temperature		10.00	°C

Type of Element Connected to the Shell : Nozzle

Material		SA-106	B
Material UNS Number		K03006	
Material Specification/Type		Smls.	pipe
Allowable Stress at Temperature	Sn	117.90	N./mm ²
Allowable Stress At Ambient	Sna	117.90	N./mm ²
Diameter Basis (for tr calc only)		ID	
Layout Angle		120.00	deg
Diameter		24.0000	in.
Size and Thickness Basis		Actual	
Actual Thickness	tn	100.0000	mm.
Flange Material		SA-105	

FileName : MIXER 4

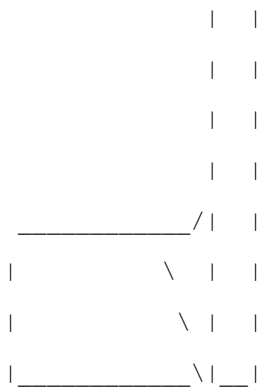
Nozzle Calcs. : Inlet H2O2

Nozl: 15 3:38pm Aug 3,2021

Flange Type	Weld Neck Flange		
Corrosion Allowance	can	20.0000	mm.
Joint Efficiency of Shell Seam at Nozzle	E1	1.00	
Joint Efficiency of Nozzle Neck	En	1.00	
Outside Projection	ho	500.0000	mm.
Weld leg size between Nozzle and Pad/Shell	Wo	50.0000	mm.
Groove weld depth between Nozzle and Vessel	Wgnv	13.2000	mm.
Inside Projection	h	0.0000	mm.
Weld leg size, Inside Element to Shell	Wi	0.0000	mm.
ASME Code Weld Type per UW-16			A
Class of attached Flange		150	
Grade of attached Flange		GR 1.1	

The Pressure Design option was Design Pressure + static head.

Nozzle Sketch (may not represent actual weld type/configuration)



Insert/Set-in Nozzle No Pad, no Inside projection

Reinforcement CALCULATION, Description: Inlet H2O2

ASME Code, Section VIII, Div. 1, 2015, UG-37 to UG-45

Actual Inside Diameter Used in Calculation	24.000	in.
Actual Thickness Used in Calculation	3.937	in.

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet H2O2

Nozl: 15 3:38pm Aug 3,2021

Note: Post Weld Heat Treating is required for this Nozzle Geometry!

Nozzle input data check completed without errors.

Reqd thk per UG-37(a)of Cylindrical Shell, Tr [Int. Press]

$$= (P \cdot R) / (S_v \cdot E - 0.6 \cdot P) \text{ per UG-27 (c) (1)}$$

$$= (0.20 \cdot 4.0740) / (138 \cdot 1.00 - 0.6 \cdot 0.20)$$

$$= 5.9922 \text{ mm.}$$

Reqd thk per UG-37(a)of Nozzle Wall, Trn [Int. Press]

$$= (P \cdot R) / (S_n \cdot E - 0.6 \cdot P) \text{ per UG-27 (c) (1)}$$

$$= (0.20 \cdot 0.32) / (118 \cdot 1.00 - 0.6 \cdot 0.20)$$

$$= 0.5588 \text{ mm.}$$

Required Nozzle thickness under External Pressure per UG-28 : 2.1076 mm.

UG-40, Limits of Reinforcement : [External Pressure]

Parallel to Vessel Wall (Diameter Limit)	D1	1.2992 m.
Parallel to Vessel Wall, opening length	d	0.6496 m.
Normal to Vessel Wall (Thickness Limit), no pad	Tlnp	77.5625 mm.

Weld Strength Reduction Factor [fr1]:

$$= \min(1, S_n / S_v)$$

$$= \min(1, 117.9 / 137.9)$$

$$= 0.855$$

Weld Strength Reduction Factor [fr2]:

$$= \min(1, S_n / S_v)$$

$$= \min(1, 117.9 / 137.9)$$

$$= 0.855$$

Weld Strength Reduction Factor [fr3]:

$$= \min(fr2, fr4)$$

$$= \min(0.855, 1.000)$$

$$= 0.855$$

Results of Nozzle Reinforcement Area Calculations: (m²)

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet H2O2 Nozl: 15 3:38pm Aug 3,2021

AREA AVAILABLE, A1 to A5	Design	External	Mapnc

Area Required Ar	NA	0.007	NA
Area in Shell A1	NA	0.007	NA
Area in Nozzle Wall A2	NA	0.010	NA
Area in Inward Nozzle A3	NA	0.000	NA
Area in Welds A41+A42+A43	NA	0.002	NA
Area in Element A5	NA	0.000	NA
TOTAL AREA AVAILABLE Atot	NA	0.020	NA

Nozzle Angle Used in Area Calculations 90.00 Degs.

The area available without a pad is Sufficient.

Area Required [A]:

$$\begin{aligned}
 &= 0.5(d * tr * F + 2 * tn * tr * F(1-fr1)) \text{ per UG-37(d)} \\
 &= 0.5(0.6496 * 19.3799 * 1 + 2 * 80.0000 * 19.3799 * 1(1-0.86)) \\
 &= 0.007 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Reinforcement Areas per Figure UG-37.1

Area Available in Shell [A1]:

$$\begin{aligned}
 &= d(E1 * t - F * tr) - 2 * tn(E1 * t - F * tr) * (1 - fr1) \\
 &= 0.650 (1.00 * 31.0250 - 1.0 * 19.380) - 2 * 80.000 \\
 &\quad (1.00 * 31.0250 - 1.0 * 19.3799) * (1 - 0.855) \\
 &= 0.007 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Available in Nozzle Projecting Outward [A2]:

$$\begin{aligned}
 &= (2 * tlnp) * (tn - trn) * fr2 \\
 &= (2 * 77.56) * (80.00 - 2.11) * 0.8550 \\
 &= 0.010 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Available in Inward Weld + Outward Weld [A41 + A43]:

$$\begin{aligned}
 &= Wo^2 * fr2 + (Wi-can/0.707)^2 * fr2 \\
 &= 50.0000^2 * 0.8550 + (0.0000)^2 * 0.8550 \\
 &= 0.002 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

UG-45 Minimum Nozzle Neck Thickness Requirement: [Int. Press.]

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet H2O2 Nozl: 15 3:38pm Aug 3,2021

Wall Thickness for Internal/External pressures ta = 22.1076 mm.
 Wall Thickness per UG16(b), tr16b = 21.5000 mm.
 Wall Thickness, shell/head, internal pressure trb1 = 9.1672 mm.
 Wall Thickness tb1 = max(trb1, tr16b) = 21.5000 mm.
 Wall Thickness, shell/head, external pressure trb2 = 6.1698 mm.
 Wall Thickness tb2 = max(trb2, tr16b) = 21.5000 mm.
 Wall Thickness per table UG-45 tb3 = 28.3312 mm.

Determine Nozzle Thickness candidate [tb]:

= min[tb3, max(tb1,tb2)]
 = min[28.331 , max(21.5000 , 21.5000)]
 = 21.5000 mm.

Minimum Wall Thickness of Nozzle Necks [tUG-45]:

= max(ta, tb)
 = max(22.1076 , 21.5000)
 = 22.1076 mm.

Available Nozzle Neck Thickness = 100.0000 mm. --> OK

Nozzle Junction Minimum Design Metal Temperature (MDMT) Calculations:

MDMT of the Nozzle Neck to Flange Weld, Curve: B

 Govern. thk, tg = 100.000 , tr = 0.559 , c = 20.0000 mm. , E* = 1.00
 Stress Ratio = tr * (E*)/(tg - c) = 0.007 , Temp. Reduction = 78 °C

 Min Metal Temp. w/o impact per UCS-66, Curve B 32 °C
 Min Metal Temp. at Required thickness (UCS 66.1) -46 °C

MDMT of Nozzle-Shell/Head Weld for the Nozzle (UCS-66(a)1(b)), Curve: B

 Govern. thk, tg = 34.200 , tr = 5.992 , c = 3.1750 mm. , E* = 1.00
 Stress Ratio = tr * (E*)/(tg - c) = 0.193 , Temp. Reduction = 78 °C

 Min Metal Temp. w/o impact per UCS-66, Curve B 7 °C
 Min Metal Temp per UCS-66 and UCS-68(c),PWHT credit -9 °C
 Min Metal Temp. at Required thickness (UCS 66.1) -87 °C

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet H2O2

Nozl: 15 3:38pm Aug 3,2021

Governing MDMT of all the sub-joints of this Junction : -46 °C

ANSI Flange MDMT including Temperature reduction per UCS-66.1:

Unadjusted MDMT of ANSI B16.5/47 flanges per UCS-66(c) -29 °C

Flange MDMT with Temp reduction per UCS-66(b) (1) (b) -104 °C

Flange MDMT with Temp reduction per UCS-66(b) (1) (c) -104 °C

Where the Stress Reduction Ratio per UCS-66(b) (1) (b) is :

Design Pressure/Ambient Rating = 0.20/1.96 = 0.103

*Note: Using the minimum value from (b) (1) (b) and (b) (1) (c) above
as the calculated nozzle flange MDMT.*

Nozzle Calculations per App. 1-10: Internal Pressure Case:

Thickness of Nozzle [tn]:

= thickness - corrosion allowance

= 100.000 - 20.000

= 80.000 mm.

Effective Pressure Radius [Reff]:

= Di/2 + corrosion allowance

= 8.142/2 + 3.175

= 4.074 m.

Effective Length of Vessel Wall [LR]:

= 8 * t

= 8 * 31.025

= 0.248 m.

Thickness Limit Candidate [LH1]:

= t + 0.78 * sqrt(Rn * tn)

= 31.025 + 0.78 * sqrt(0.325 * 80.000)

= 156.758 m.

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet H2O2

Nozl: 15 3:38pm Aug 3,2021

Thickness Limit Candidate [LH2]:

$$\begin{aligned}
 &= L_{pr1} + T \\
 &= 500.000 + 31.025 \\
 &= 531.025 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Thickness Limit Candidate [LH3]:

$$\begin{aligned}
 &= 8(t + t_e) \\
 &= 8(31.025 + 0.000) \\
 &= 248.200 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Effective Nozzle Wall Length Outside the Vessel [LH]:

$$\begin{aligned}
 &= \min[LH1, LH2, LH3] \\
 &= \min[156.758 , 531.025 , 248.200) \\
 &= 156.758 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Effective Vessel Thickness [teff]:

$$\begin{aligned}
 &= t \\
 &= 31.025 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Determine Parameter [Lamda]:

$$\begin{aligned}
 &= \min(10, (D_n + T_n) / (\text{sqrt}((D_i + t_{eff}) * t_{eff}))) \\
 &= \min(10, (649.60 + 80.000) / (\text{sqrt}((8.15 + 31.025) * 31.025))) \\
 &= 1.448
 \end{aligned}$$

Compute Areas A1-A43 (No Pad) or A1-A5 (With Pad) :

Area Contributed by the Vessel Wall [A1]:

$$\begin{aligned}
 &= t * LR * \max(\text{Lamda}/4, 1) \\
 &= 31.025 * 248.200 * \max(1.448/4, 1) \\
 &= 0.008 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Contributed by the Nozzle Outside the Vessel Wall [A2]:

$$\begin{aligned}
 &= t_n * LH \\
 &= 80.000 * 156.758 \\
 &= 0.013 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Contributed by the Outside Fillet Weld [A41]:

$$= 0.5 * \text{Leg41}^2$$

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet H2O2

Nozl: 15 3:38pm Aug 3,2021

$$= 0.5 * 50.000^2$$

$$= 0.001 \text{ m}^2$$

The total area contributed by A1 through A43 [AT]:

$$= A1 + \text{frn}(A2 + A3) + A41 + A42 + A43$$

$$= 0.008 + 1.000(0.013 + 0.000) + 0.001 + 0.000 + 0.000$$

$$= 0.021 \text{ m}^2$$

Allowable Local Primary Membrane Stress [Sallow]:

$$= 1.5 * S * E$$

$$= 1.5 * 137.900 * 1.000$$

$$= 206.9 \text{ N./mm}^2$$

Determine Force acting on the Nozzle [fN]:

$$= P * Rn(LH - t)$$

$$= 0.203 * 0.325 (156.758 - 31.025)$$

$$= 8275.1 \text{ N.}$$

Determine Force acting on the Shell [fS]:

$$= P * \text{Reff}(LR + tn)$$

$$= 0.203 * 4.074 (248.200 + 80.000)$$

$$= 270936.0 \text{ N.}$$

Discontinuity Force from Internal Pressure [fY]:

$$= P * \text{Reff} * Rnc$$

$$= 0.203 * 4.074 * 0.325$$

$$= 268129.2 \text{ N.}$$

Area Resisting Internal Pressure [Ap]:

$$= Rn(LH - t) + \text{Reff}(LR + tn + Rnc)$$

$$= 0.325 (0.157 - 31.025) + 4.074 (0.248 + 80.000 + 0.325)$$

$$= 2.7 \text{ m}^2$$

Maximum Allowable Working Pressure Candidate [Pmax1]:

$$= \text{Sallow} / (2 * Ap/AT - Rxs/teff)$$

$$= 206.850 / (2 * 2.700/0.021 - 4.074/31.025)$$

$$= 1.7 \text{ N./sq.mm.}$$

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet H2O2

Nozl: 15 3:38pm Aug 3,2021

Maximum Allowable Working Pressure Candidate [Pmax2]:

$$\begin{aligned}
 &= S[t/Reff] \\
 &= 137.900 [31.025/4.074] \\
 &= 1.1 \text{ N./sq.mm.}
 \end{aligned}$$

Maximum Allowable Working Pressure [Pmax]:

$$\begin{aligned}
 &= \min(Pmax1, Pmax2) \\
 &= \min(1.723 , 1.050) \\
 &= 1.050 \text{ N./sq.mm.}
 \end{aligned}$$

Average Primary Membrane Stress [SigmaAvg]:

$$\begin{aligned}
 &= (fN + fS + fY) / AT \\
 &= (8275.100 + 270935.969 + 268129.188)/0.021 \\
 &= 25.471 \text{ N./mm}^2
 \end{aligned}$$

General Primary Membrane Stress [SigmaCirc]:

$$\begin{aligned}
 &= P * Reff / teff \\
 &= 0.203 * 4.074/31.025 \\
 &= 26.6 \text{ N./mm}^2
 \end{aligned}$$

Maximum Local Primary Membrane Stress [PL]:

$$\begin{aligned}
 &= \max(2 * SigmaAvg - SigmaCirc, SigmaCirc) \\
 &= \max(2 * 25.471 - 26.611 , 26.611) \\
 &= 26.6 \text{ N./mm}^2
 \end{aligned}$$

Summary of Nozzle Pressure/Stress Results:

Allowed Local Primary Membrane Stress	Sallow	206.85	N./mm ²
Local Primary Membrane Stress	PL	26.61	N./mm ²
Maximum Allowable Working Pressure	Pmax	1.05	N./sq.mm.

Strength of Nozzle Attachment Welds per 1-10 and U-2(g)

Discontinuity Force Factor [ky]:

$$\begin{aligned}
 &= (Rnc + tn) / Rnc \\
 &= (324.800 + 80.000)/324.800 \\
 &= 1.246 \text{ For set-in Nozzles}
 \end{aligned}$$

Weld Length of Nozzle to Shell Weld [Ltau]:

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet H2O2 Nozl: 15 3:38pm Aug 3,2021

$$= \pi/2 * (Rn + tn)$$

$$= \pi/2 * (324.800 + 80.000)$$

$$= 635.858 \text{ mm.}$$

Weld Throat Dimensions, (0.7071*Leg Dimensions) [L41T, L42T, L43T]:

$$= 35.355, \quad 0.000, \quad 0.000, \text{ mm.}$$

Weld Load Value [fwelds]:

$$= \min(fy * ky, 1.5 * Sn(A2 + A3), \pi/4 * P * Rn^2 * ky^2)$$

$$= \min(268129 * 1.25, 1.5 * 117.9(0.013 + 0.000), \pi/4 * 0.2 * 0.32^2 * 1.25^2)$$

$$= 26078.379 \text{ N.}$$

Weld Stress Value [tau]:

$$= fwelds / (Ltau(0.49 * L41T + 0.6 * tw1 + 0.49 * L43T))$$

$$= 26078.379 / (635.858 (0.49 * 35.355 + 0.6 * 13.200 + 0.49 * 0.000))$$

$$= 1.625 < \text{ or } = \text{ to } 137.900 \text{ Weld Size is OK}$$

Weld Size Calculations, Description: Inlet H2O2

Intermediate Calc. for nozzle/shell Welds Tmin 19.0000 mm.

Results Per UW-16.1:

	Required Thickness	Actual Thickness
Nozzle Weld	6.0000 = Min per Code	35.3500 = 0.7 * Wo mm.

Maximum Allowable Pressure for this Nozzle at this Location:

Converged Max. Allow. Pressure in Operating case 1.0454 N./sq.mm.

Note: The MAWP of this junction was limited by the parent Shell/Head.

Nozzle is O.K. for the External Pressure 0.101 N./sq.mm.

The Drop for this Nozzle is : 20.1767 mm.

The Cut Length for this Nozzle is, Drop + Ho + H + T : 554.3765 mm.

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet Kapas Nozl: 16 3:38pm Aug 3,2021

INPUT VALUES, Nozzle Description: Inlet Kapas From : 40

Pressure for Reinforcement Calculations	P	0.2026	N./sq.mm.
Temperature for Internal Pressure	Temp	5	°C
Design External Pressure	Pext	0.10	N./sq.mm.
Temperature for External Pressure	Tempex	35	°C
Shell Material		SA-516	70
Shell Allowable Stress at Temperature	Sv	137.90	N./mm ²
Shell Allowable Stress At Ambient	Sva	137.90	N./mm ²
Inside Diameter of Cylindrical Shell	D	8.1416	m.
Design Length of Section	L	4.0000	m.
Shell Finished (Minimum) Thickness	t	34.2000	mm.
Shell Internal Corrosion Allowance	c	3.1750	mm.
Shell External Corrosion Allowance	co	0.0000	mm.
Distance from Bottom/Left Tangent		11.1450	m.
User Entered Minimum Design Metal Temperature		10.00	°C

Type of Element Connected to the Shell : Nozzle

Material		SA-106	B
Material UNS Number		K03006	
Material Specification/Type		Smls.	pipe
Allowable Stress at Temperature	Sn	117.90	N./mm ²
Allowable Stress At Ambient	Sna	117.90	N./mm ²
Diameter Basis (for tr calc only)		ID	
Layout Angle		55.00	deg
Diameter		24.0000	in.
Size and Thickness Basis		Actual	
Actual Thickness	tn	100.0000	mm.
Flange Material		SA-105	

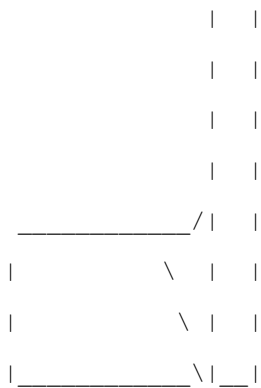
FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet Kapas Nozl: 16 3:38pm Aug 3,2021

Flange Type	Weld Neck Flange		
Corrosion Allowance	can	20.0000	mm.
Joint Efficiency of Shell Seam at Nozzle	E1	1.00	
Joint Efficiency of Nozzle Neck	En	1.00	
Outside Projection	ho	500.0000	mm.
Weld leg size between Nozzle and Pad/Shell	Wo	50.0000	mm.
Groove weld depth between Nozzle and Vessel	Wgnv	13.2000	mm.
Inside Projection	h	0.0000	mm.
Weld leg size, Inside Element to Shell	Wi	0.0000	mm.
ASME Code Weld Type per UW-16			A
Class of attached Flange		150	
Grade of attached Flange		GR 1.1	

The Pressure Design option was Design Pressure + static head.

Nozzle Sketch (may not represent actual weld type/configuration)



Insert/Set-in Nozzle No Pad, no Inside projection

Reinforcement CALCULATION, Description: Inlet Kapas

ASME Code, Section VIII, Div. 1, 2015, UG-37 to UG-45

Actual Inside Diameter Used in Calculation	24.000	in.
Actual Thickness Used in Calculation	3.937	in.

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet Kapas

Nozl: 16 3:38pm Aug 3,2021

Note: Post Weld Heat Treating is required for this Nozzle Geometry!

Nozzle input data check completed without errors.

Reqd thk per UG-37(a)of Cylindrical Shell, Tr [Int. Press]

$$= (P \cdot R) / (S_v \cdot E - 0.6 \cdot P) \text{ per UG-27 (c) (1)}$$

$$= (0.20 \cdot 4.0740) / (138 \cdot 1.00 - 0.6 \cdot 0.20)$$

$$= 5.9922 \text{ mm.}$$

Reqd thk per UG-37(a)of Nozzle Wall, Trn [Int. Press]

$$= (P \cdot R) / (S_n \cdot E - 0.6 \cdot P) \text{ per UG-27 (c) (1)}$$

$$= (0.20 \cdot 0.32) / (118 \cdot 1.00 - 0.6 \cdot 0.20)$$

$$= 0.5588 \text{ mm.}$$

Required Nozzle thickness under External Pressure per UG-28 : 2.1076 mm.

UG-40, Limits of Reinforcement : [External Pressure]

Parallel to Vessel Wall (Diameter Limit)	D1	1.2992 m.
Parallel to Vessel Wall, opening length	d	0.6496 m.
Normal to Vessel Wall (Thickness Limit), no pad	Tlnp	77.5625 mm.

Weld Strength Reduction Factor [fr1]:

$$= \min(1, S_n / S_v)$$

$$= \min(1, 117.9 / 137.9)$$

$$= 0.855$$

Weld Strength Reduction Factor [fr2]:

$$= \min(1, S_n / S_v)$$

$$= \min(1, 117.9 / 137.9)$$

$$= 0.855$$

Weld Strength Reduction Factor [fr3]:

$$= \min(fr2, fr4)$$

$$= \min(0.855, 1.000)$$

$$= 0.855$$

Results of Nozzle Reinforcement Area Calculations: (m²)

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet Kapas Nozl: 16 3:38pm Aug 3,2021

AREA AVAILABLE, A1 to A5	Design	External	Mapnc

Area Required Ar	NA	0.007	NA
Area in Shell A1	NA	0.007	NA
Area in Nozzle Wall A2	NA	0.010	NA
Area in Inward Nozzle A3	NA	0.000	NA
Area in Welds A41+A42+A43	NA	0.002	NA
Area in Element A5	NA	0.000	NA
TOTAL AREA AVAILABLE Atot	NA	0.020	NA

Nozzle Angle Used in Area Calculations 90.00 Degs.

The area available without a pad is Sufficient.

Area Required [A]:

$$\begin{aligned}
 &= 0.5(d * tr * F + 2 * tn * tr * F(1-fr1)) \text{ per UG-37(d)} \\
 &= 0.5(0.6496 * 19.3799 * 1 + 2 * 80.0000 * 19.3799 * 1(1-0.86)) \\
 &= 0.007 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Reinforcement Areas per Figure UG-37.1

Area Available in Shell [A1]:

$$\begin{aligned}
 &= d(E1 * t - F * tr) - 2 * tn(E1 * t - F * tr) * (1 - fr1) \\
 &= 0.650 (1.00 * 31.0250 - 1.0 * 19.380) - 2 * 80.000 \\
 &\quad (1.00 * 31.0250 - 1.0 * 19.3799) * (1 - 0.855) \\
 &= 0.007 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Available in Nozzle Projecting Outward [A2]:

$$\begin{aligned}
 &= (2 * tlnp) * (tn - trn) * fr2 \\
 &= (2 * 77.56) * (80.00 - 2.11) * 0.8550 \\
 &= 0.010 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Available in Inward Weld + Outward Weld [A41 + A43]:

$$\begin{aligned}
 &= Wo^2 * fr2 + (Wi-can/0.707)^2 * fr2 \\
 &= 50.0000^2 * 0.8550 + (0.0000)^2 * 0.8550 \\
 &= 0.002 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

UG-45 Minimum Nozzle Neck Thickness Requirement: [Int. Press.]

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet Kapas Nozl: 16 3:38pm Aug 3,2021

Wall Thickness for Internal/External pressures ta = 22.1076 mm.
 Wall Thickness per UG16(b), tr16b = 21.5000 mm.
 Wall Thickness, shell/head, internal pressure trb1 = 9.1672 mm.
 Wall Thickness tb1 = max(trb1, tr16b) = 21.5000 mm.
 Wall Thickness, shell/head, external pressure trb2 = 6.1698 mm.
 Wall Thickness tb2 = max(trb2, tr16b) = 21.5000 mm.
 Wall Thickness per table UG-45 tb3 = 28.3312 mm.

Determine Nozzle Thickness candidate [tb]:

= min[tb3, max(tb1,tb2)]
 = min[28.331 , max(21.5000 , 21.5000)]
 = 21.5000 mm.

Minimum Wall Thickness of Nozzle Necks [tUG-45]:

= max(ta, tb)
 = max(22.1076 , 21.5000)
 = 22.1076 mm.

Available Nozzle Neck Thickness = 100.0000 mm. --> OK

Nozzle Junction Minimum Design Metal Temperature (MDMT) Calculations:

MDMT of the Nozzle Neck to Flange Weld, Curve: B

 Govrn. thk, tg = 100.000 , tr = 0.559 , c = 20.0000 mm. , E* = 1.00
 Stress Ratio = tr * (E*)/(tg - c) = 0.007 , Temp. Reduction = 78 °C

 Min Metal Temp. w/o impact per UCS-66, Curve B 32 °C
 Min Metal Temp. at Required thickness (UCS 66.1) -46 °C

MDMT of Nozzle-Shell/Head Weld for the Nozzle (UCS-66(a)1(b)), Curve: B

 Govrn. thk, tg = 34.200 , tr = 5.992 , c = 3.1750 mm. , E* = 1.00
 Stress Ratio = tr * (E*)/(tg - c) = 0.193 , Temp. Reduction = 78 °C

 Min Metal Temp. w/o impact per UCS-66, Curve B 7 °C
 Min Metal Temp per UCS-66 and UCS-68(c),PWHT credit -9 °C
 Min Metal Temp. at Required thickness (UCS 66.1) -87 °C

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet Kapas

Nozl: 16 3:38pm Aug 3,2021

Governing MDMT of all the sub-joints of this Junction : -46 °C

ANSI Flange MDMT including Temperature reduction per UCS-66.1:

Unadjusted MDMT of ANSI B16.5/47 flanges per UCS-66(c) -29 °C

Flange MDMT with Temp reduction per UCS-66(b) (1) (b) -104 °C

Flange MDMT with Temp reduction per UCS-66(b) (1) (c) -104 °C

Where the Stress Reduction Ratio per UCS-66(b) (1) (b) is :

Design Pressure/Ambient Rating = 0.20/1.96 = 0.103

*Note: Using the minimum value from (b) (1) (b) and (b) (1) (c) above
as the calculated nozzle flange MDMT.*

Nozzle Calculations per App. 1-10: Internal Pressure Case:

Thickness of Nozzle [tn]:

= thickness - corrosion allowance
= 100.000 - 20.000
= 80.000 mm.

Effective Pressure Radius [Reff]:

= Di/2 + corrosion allowance
= 8.142/2 + 3.175
= 4.074 m.

Effective Length of Vessel Wall [LR]:

= 8 * t
= 8 * 31.025
= 0.248 m.

Thickness Limit Candidate [LH1]:

= t + 0.78 * sqrt(Rn * tn)
= 31.025 + 0.78 * sqrt(0.325 * 80.000)
= 156.758 m.

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet Kapas

Nozl: 16 3:38pm Aug 3,2021

Thickness Limit Candidate [LH2]:

$$\begin{aligned}
 &= L_{pr1} + T \\
 &= 500.000 + 31.025 \\
 &= 531.025 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Thickness Limit Candidate [LH3]:

$$\begin{aligned}
 &= 8(t + t_e) \\
 &= 8(31.025 + 0.000) \\
 &= 248.200 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Effective Nozzle Wall Length Outside the Vessel [LH]:

$$\begin{aligned}
 &= \min[LH1, LH2, LH3] \\
 &= \min[156.758 , 531.025 , 248.200] \\
 &= 156.758 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Effective Vessel Thickness [teff]:

$$\begin{aligned}
 &= t \\
 &= 31.025 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Determine Parameter [Lamda]:

$$\begin{aligned}
 &= \min(10, (D_n + T_n) / (\sqrt{ (D_i + t_{eff}) * t_{eff} })) \\
 &= \min(10, (649.60 + 80.000) / (\sqrt{ (8.15 + 31.025) * 31.025 })) \\
 &= 1.448
 \end{aligned}$$

Compute Areas A1-A43 (No Pad) or A1-A5 (With Pad) :

Area Contributed by the Vessel Wall [A1]:

$$\begin{aligned}
 &= t * LR * \max(\text{Lamda}/4, 1) \\
 &= 31.025 * 248.200 * \max(1.448/4, 1) \\
 &= 0.008 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Contributed by the Nozzle Outside the Vessel Wall [A2]:

$$\begin{aligned}
 &= t_n * LH \\
 &= 80.000 * 156.758 \\
 &= 0.013 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Contributed by the Outside Fillet Weld [A41]:

$$= 0.5 * \text{Leg}_{41}^2$$

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet Kapas Nozl: 16 3:38pm Aug 3,2021

$$= 0.5 * 50.000^2$$

$$= 0.001 \text{ m}^2$$

The total area contributed by A1 through A43 [AT]:

$$= A1 + \text{frn}(A2 + A3) + A41 + A42 + A43$$

$$= 0.008 + 1.000(0.013 + 0.000) + 0.001 + 0.000 + 0.000$$

$$= 0.021 \text{ m}^2$$

Allowable Local Primary Membrane Stress [Sallow]:

$$= 1.5 * S * E$$

$$= 1.5 * 137.900 * 1.000$$

$$= 206.9 \text{ N./mm}^2$$

Determine Force acting on the Nozzle [fN]:

$$= P * Rn(LH - t)$$

$$= 0.203 * 0.325 (156.758 - 31.025)$$

$$= 8275.1 \text{ N.}$$

Determine Force acting on the Shell [fS]:

$$= P * \text{Reff}(LR + tn)$$

$$= 0.203 * 4.074 (248.200 + 80.000)$$

$$= 270936.0 \text{ N.}$$

Discontinuity Force from Internal Pressure [fY]:

$$= P * \text{Reff} * Rnc$$

$$= 0.203 * 4.074 * 0.325$$

$$= 268129.2 \text{ N.}$$

Area Resisting Internal Pressure [Ap]:

$$= Rn(LH - t) + \text{Reff}(LR + tn + Rnc)$$

$$= 0.325 (0.157 - 31.025) + 4.074 (0.248 + 80.000 + 0.325)$$

$$= 2.7 \text{ m}^2$$

Maximum Allowable Working Pressure Candidate [Pmax1]:

$$= \text{Sallow} / (2 * Ap/AT - Rxs/teff)$$

$$= 206.850 / (2 * 2.700/0.021 - 4.074/31.025)$$

$$= 1.7 \text{ N./sq.mm.}$$

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet Kapas Nozl: 16 3:38pm Aug 3,2021

Maximum Allowable Working Pressure Candidate [Pmax2]:

$$\begin{aligned}
 &= S[t/Reff] \\
 &= 137.900 [31.025/4.074] \\
 &= 1.1 \text{ N./sq.mm.}
 \end{aligned}$$

Maximum Allowable Working Pressure [Pmax]:

$$\begin{aligned}
 &= \min(Pmax1, Pmax2) \\
 &= \min(1.723 , 1.050) \\
 &= 1.050 \text{ N./sq.mm.}
 \end{aligned}$$

Average Primary Membrane Stress [SigmaAvg]:

$$\begin{aligned}
 &= (fN + fS + fY) / AT \\
 &= (8275.100 + 270935.969 + 268129.188)/0.021 \\
 &= 25.471 \text{ N./mm}^2
 \end{aligned}$$

General Primary Membrane Stress [SigmaCirc]:

$$\begin{aligned}
 &= P * Reff / teff \\
 &= 0.203 * 4.074/31.025 \\
 &= 26.6 \text{ N./mm}^2
 \end{aligned}$$

Maximum Local Primary Membrane Stress [PL]:

$$\begin{aligned}
 &= \max(2 * \text{SigmaAvg} - \text{SigmaCirc}, \text{SigmaCirc}) \\
 &= \max(2 * 25.471 - 26.611 , 26.611) \\
 &= 26.6 \text{ N./mm}^2
 \end{aligned}$$

Summary of Nozzle Pressure/Stress Results:

Allowed Local Primary Membrane Stress	Sallow	206.85	N./mm ²
Local Primary Membrane Stress	PL	26.61	N./mm ²
Maximum Allowable Working Pressure	Pmax	1.05	N./sq.mm.

Strength of Nozzle Attachment Welds per 1-10 and U-2(g)

Discontinuity Force Factor [ky]:

$$\begin{aligned}
 &= (Rnc + tn) / Rnc \\
 &= (324.800 + 80.000)/324.800 \\
 &= 1.246 \text{ For set-in Nozzles}
 \end{aligned}$$

Weld Length of Nozzle to Shell Weld [Ltau]:

FileName : MIXER 4

Nozzle Calcs. : Inlet Kapas Nozl: 16 3:38pm Aug 3,2021

$$= \pi/2 * (Rn + tn)$$

$$= \pi/2 * (324.800 + 80.000)$$

$$= 635.858 \text{ mm.}$$

Weld Throat Dimensions, (0.7071*Leg Dimensions) [L41T, L42T, L43T]:

$$= 35.355, \quad 0.000, \quad 0.000, \text{ mm.}$$

Weld Load Value [fwelds]:

$$= \min(fy * ky, 1.5 * Sn(A2 + A3), \pi/4 * P * Rn^2 * ky^2)$$

$$= \min(268129 * 1.25, 1.5 * 117.9(0.013 + 0.000), \pi/4 * 0.2 * 0.32^2 * 1.25^2)$$

$$= 26078.379 \text{ N.}$$

Weld Stress Value [tau]:

$$= fwelds / (Ltau(0.49 * L41T + 0.6 * tw1 + 0.49 * L43T))$$

$$= 26078.379 / (635.858 (0.49 * 35.355 + 0.6 * 13.200 + 0.49 * 0.000))$$

$$= 1.625 < \text{ or } = \text{ to } 137.900 \text{ Weld Size is OK}$$

Weld Size Calculations, Description: Inlet Kapas

Intermediate Calc. for nozzle/shell Welds Tmin 19.0000 mm.

Results Per UW-16.1:

	Required Thickness	Actual Thickness
Nozzle Weld	6.0000 = Min per Code	35.3500 = 0.7 * Wo mm.

Maximum Allowable Pressure for this Nozzle at this Location:

Converged Max. Allow. Pressure in Operating case 1.0454 N./sq.mm.

Note: The MAWP of this junction was limited by the parent Shell/Head.

Nozzle is O.K. for the External Pressure 0.101 N./sq.mm.

The Drop for this Nozzle is : 20.1767 mm.

The Cut Length for this Nozzle is, Drop + Ho + H + T : 554.3765 mm.

FileName : MIXER 4

Nozzle Schedule :

Step: 26 3:38pm Aug 3,2021

Nozzle Schedule:

Description	Nominal Flange		Noz. O/Dia	Wall Thk	Re-Pad		Cut Length
	Size	Sch/Type			ODia	Thick	
	in.	Cls			mm.	mm.	
Inlet mixer 1	10.000	150 WNF	13.93750	0.000	-	-	538.05
inlet mixer 2	10.000	150 WNF	13.93750	0.000	-	-	538.05
Inlet mixer 3	10.000	150 WNF	13.93750	0.000	-	-	538.05
Inlet mixer 5	10.000	150 WNF	13.93750	0.000	-	-	538.05
Noozle outlet	14.000	150 WNF	24.236	*****	-	-	645.05
man hole	24.000	150 WNF	31.874	*****	-	-	554.38
Inlet H2O2	24.000	150 WNF	31.874	*****	-	-	554.38
Inlet Kapas	24.000	150 WNF	31.874	*****	-	-	554.38

General Notes for the above table:

The Cut Length is the Outside Projection + Inside Projection + Drop + In Plane Shell Thickness. This value does not include weld gaps, nor does it account for shrinkage.

In the case of Oblique Nozzles, the Outside Diameter must be increased. The Re-Pad WIDTH around the nozzle is calculated as follows:
 Width of Pad = (Pad Outside Dia. (per above) - Nozzle Outside Dia.)/2

For hub nozzles, the thickness and diameter shown are those of the smaller and thinner section.

Nozzle Material and Weld Fillet Leg Size Details:

Nozzle	Material	Shl Grve Weld	Noz Shl/Pad Weld	Pad OD Weld	Pad Grve Weld	Inside Weld
		mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
Inlet m	SA-106 B	13.200	50.000	-	-	-
inlet m	SA-106 B	13.200	50.000	-	-	-
Inlet m	SA-106 B	13.200	50.000	-	-	-
Inlet m	SA-106 B	13.200	50.000	-	-	-

FileName : MIXER 4

Nozzle Schedule : Step: 26 3:38pm Aug 3,2021

Noozle	SA-106 B	49.000	50.000	-	-	-
man hol	SA-106 B	13.200	50.000	-	-	-
Inlet H	SA-106 B	13.200	50.000	-	-	-
Inlet K	SA-106 B	13.200	50.000	-	-	-

Note: The Outside projections below do not include the flange thickness.

Nozzle Miscellaneous Data:

Nozzle	Elevation/Distance	Layout	Projection		Installed In
	From Datum	Angle	Outside	Inside	Component
	m.	deg.	mm.	mm.	

Inlet mixer 1	11.645	0.00	500.00	0.00	silinder 3
inlet mixer 2	11.645	70.00	500.00	0.00	silinder 3
Inlet mixer 3	11.645	40.00	500.00	0.00	silinder 3
Inlet mixer 5	11.645	90.00	500.00	0.00	silinder 3
Noozle outlet		0.00	500.00	0.00	Tutup Bawah
man hole	1.145	45.00	500.00	0.00	Silinder 1
Inlet H2O2	11.445	120.00	500.00	0.00	silinder 3
Inlet Kapas	11.145	55.00	500.00	0.00	silinder 3

FileName : MIXER 4

Nozzle Summary :

Step: 27 3:38pm Aug 3,2021

Nozzle Calculation Summary:

Description	MAWP N./sq.mm.	Ext	MAPNC N./sq.mm.	UG45 [tr]	Weld Path	Areas or Stresses
Noozle outlet	0.2058	...	...	OK 28.33	OK	Passed
man hole	1.0454	OK	...	OK 22.11	OK	Passed
Inlet mixer 1	1.0454	OK	...	OK 21.50	OK	Passed
inlet mixer 2	1.0454	OK	...	OK 21.50	OK	Passed
Inlet mixer 3	1.0454	OK	...	OK 21.50	OK	Passed
Inlet mixer 5	1.0454	OK	...	OK 21.50	OK	Passed
Inlet H2O2	1.0454	OK	...	OK 22.11	OK	Passed
Inlet Kapas	1.0454	OK	...	OK 22.11	OK	Passed

Min. - Nozzles 0.2058 Noozle out
 Min. Shell&Flgs 0.2029 60 70 0.212
 Computed Vessel M.A.W.P. 0.203 N./sq.mm.

Note: MAWPs (Internal Case) shown above are at the High Point.

Check the Spatial Relationship between the Nozzles

From Node	Nozzle Description	Y Coordinate,	Layout Angle,	Dia. Limit
10	Noozle outlet	0.000	0.000	0.899
20	man hole	1.145	45.000	1.306
40	Inlet mixer 1	11.645	0.000	0.850
40	inlet mixer 2	11.645	70.000	0.850
40	Inlet mixer 3	11.645	40.000	0.850
40	Inlet mixer 5	11.645	90.000	0.850
40	Inlet H2O2	11.445	120.000	1.306
40	Inlet Kapas	11.145	55.000	1.306

The nozzle spacing is computed by the following:

= Sqrt($l_1^2 + l_c^2$) where

l_1 - Arc length along the inside vessel surface in the long. direction.

FileName : MIXER 4

Nozzle Summary : Step: 27 3:38pm Aug 3,2021

lc - Arc length along the inside vessel surface in the circ. direction

If any interferences/violations are found, they will be noted below.

No interference violations have been detected !

Checking Multiple Nozzles on Flat Head per ASME Sec. VIII Div. 1 UG-39

Comparing Nozzles on Element: Tutup Bawah

Note: No Nozzle pairs found on this element.

UG-39 Nozzle Diameter and Distance to Edge Checks :

Nozzle Description	Nozzle dia. m.	Head Dia. /2 m.	Distance from Edge m.	Nozzle dia./4 m.

Noozle outlet	0.3956	4.1050	3.7972	0.09890

No Multiple Nozzle spacing violations have been detected !

Minimum Design Metal Temperature Results Summary :

Description	Notes	Curve	Basic MDMT °C	Reduced MDMT °C	UG-20 (f) MDMT °C	Thickness ratio	Gov Thk mm.	E*
Tutup Bawah	[12]	B	9	9		0.993	36.250	1.000
Silinder 1	[8]	B	-9	-87		0.195	34.200	1.000
silinder 2	[8]	B	-9	-87		0.195	34.200	1.000
silinder 3	[8]	B	-9	-87		0.195	34.200	1.000
Silinder 4	[8]	B	-9	-87		0.195	34.200	1.000
Tutup Atas	[12]	B	9	9		1.000	36.000	1.000
Nozzle Flg	[4]		-29					
man hole	[1]	B	32	-46		0.007	100.000	1.000
Nozzle Flg	[4]		-29	-104		0.007		
Inlet mixer 1	[1]	B	17	-61		0.008	50.000	1.000
Nozzle Flg	[4]		-29	-104		0.008		
inlet mixer 2	[1]	B	17	-61		0.008	50.000	1.000
Nozzle Flg	[4]		-29	-104		0.008		
Inlet mixer 3	[1]	B	17	-61		0.008	50.000	1.000
Nozzle Flg	[4]		-29	-104		0.008		
Inlet mixer 5	[1]	B	17	-61		0.008	50.000	1.000
Nozzle Flg	[4]		-29	-104		0.008		
Inlet H2O2	[1]	B	32	-46		0.007	100.000	1.000
Nozzle Flg	[4]		-29	-104		0.007		
Inlet Kapas	[1]	B	32	-46		0.007	100.000	1.000
Nozzle Flg	[4]		-29	-104		0.007		

Required Minimum Design Metal Temperature 10 °C

Warmest Computed Minimum Design Metal Temperature 9 °C

Notes:

- [!] - This was an impact tested material.
- [1] - Governing Nozzle Weld.
- [4] - ANSI Flange MDMT Calcs; Thickness ratio per UCS-66(b) (1) (c).
- [5] - ANSI Flange MDMT Calcs; Thickness ratio per UCS-66(b) (1) (b).
- [6] - MDMT Calculations at the Shell/Head Joint.

- [7] - MDMT Calculations for the Straight Flange.
- [8] - Cylinder/Cone/Flange Junction MDMT.
- [9] - Calculations in the Spherical Portion of the Head.
- [10] - Calculations in the Knuckle Portion of the Head.
- [11] - Calculated (Body Flange) Flange MDMT.
- [12] - Calculated Flat Head MDMT per UCS-66.3
- [13] - Tubesheet MDMT, shell side, if applicable
- [14] - Tubesheet MDMT, tube side, if applicable
- [15] - Nozzle Material
- [16] - Shell or Head Material
- [17] - Impact Testing required

UG-84(b) (2) was not considered.

UCS-66(g) was not considered.

UCS-66(i) was not considered.

Notes:

Impact test temps were not entered in and not considered in the analysis.

UCS-66(i) applies to impact tested materials not by specification and

UCS-66(g) applies to materials impact tested per UG-84.1 General Note (c).

The Basic MDMT includes the (30F) PWHT credit if applicable.

FileName : MIXER 4

Vessel Design Summary : Step: 29 3:38pm Aug 3,2021

ASME Code, Section VIII, Division 1, 2015

Diameter Spec : 8.210 m. OD

Vessel Design Length, Tangent to Tangent 12.66 m.

Distance of Bottom Tangent above Grade 0.00 m.

Specified Datum Line Distance 0.00 m.

Shell Material SA-516 70

Stiffening Ring Material SA-516 70

Nozzle Material SA-106 B

Internal Design Temperature 5 °C

Internal Design Pressure 0.203 N./sq.mm.

External Design Temperature 35 °C

External Design Pressure 0.101 N./sq.mm.

Maximum Allowable Working Pressure 0.203 N./sq.mm.

External Max. Allowable Working Pressure 0.332 N./sq.mm.

Hydrostatic Test Pressure 0.000 N./sq.mm.

Required Minimum Design Metal Temperature 10 °C

Warmest Computed Minimum Design Metal Temperature 9 °C

Wind Design Code ASCE-93

Earthquake Design Code UBC-94

Element Pressures and MAWP: N./sq.mm.

Element Desc	Design Pres. |	External |	M.A.W.P |	Corrosion |
	+ Stat. head |	Pressure |		Allowance |
Tutup Bawah	0.203|	0.101|	0.206|	3.1750|
Silinder 1	0.203|	0.101|	1.045|	3.1750|
silinder 2	0.203|	0.101|	1.045|	3.1750|
silinder 3	0.203|	0.101|	1.045|	3.1750|
Silinder 4	0.203|	0.101|	1.045|	3.1750|

FileName : MIXER 4

Vessel Design Summary : Step: 29 3:38pm Aug 3,2021

Tutup Atas | 0.203 | 0.101 | 0.203 | 3.1750 |

Stiffener Ring Specifications:

Elevation m.	Selected Type	User Description
4.14	Bar 0.1 x1000.	Ring:1
8.15	Bar 0.1 x1000.	Ring:2
12.15	Bar 0.1 x 600.	Ring 3

Element Type	"To" Elev m.	Length m.	Element Thk mm.	Req d Int.	Thk Ext.	Joint Eff Long	Eff Circ
Wld Flat	0.1	0.1	145.0	143.9	...	1.00	1.00
Cylinder	4.1	4.0	34.2	9.2	...	1.00	1.00
Cylinder	8.1	4.0	34.2	9.2	...	1.00	1.00
Cylinder	12.1	4.0	34.2	9.2	...	1.00	1.00
Cylinder	12.5	0.4	34.2	9.2	...	1.00	1.00
Wld Flat	12.7	0.1	144.0	143.9	...	1.00	1.00

Element thicknesses are shown as Nominal if specified, otherwise are Minimum

External Pressure Calculations

From	To	External Actual T. mm.	External Required T. mm.	External Des. Press. N./sq.mm.	External M.A.W.P. N./sq.mm.
10	20	145.000	No Calc	0.10132	No Calc
20	30	34.2000	22.5549	0.10132	0.33190
30	Ring	34.2000	22.5549	0.10132	0.33190
Ring	40	34.2000	22.5549	0.10132	0.33190
40	Ring	34.2000	22.5549	0.10132	0.33190
Ring	50	34.2000	22.5549	0.10132	0.33190
50	Ring	34.2000	22.5549	0.10132	0.33190
Ring	60	34.2000	10.5833	0.10132	0.61839
60	70	144.000	No Calc	0.10132	No Calc

External Pressure Calculations

FileName : MIXER 4

Vessel Design Summary : Step: 29 3:38pm Aug 3,2021

From	To	Actual Len. Bet. Stiff.	Allow. Len. Bet. Stiff.	Ring Inertia Required	Ring Inertia Available
		m.	m.	mm**4	mm**4
10	20	No Calc	No Calc	No Calc	No Calc
20	30	4.00000	12.4182	No Calc	No Calc
30	Ring	4.00000	12.4182	No Calc	No Calc
Ring	40	4.00000	12.4182	154.4E+06	342.2E+06
40	Ring	4.00000	12.4182	No Calc	No Calc
Ring	50	4.00000	12.4182	154.4E+06	342.2E+06
50	Ring	4.00000	12.4182	No Calc	No Calc
Ring	60	0.37000	7.79681	84.48E+06	243.1E+06
60	70	No Calc	No Calc	No Calc	No Calc

Support Loads for Foundation Design:

Total Wind Shear on top of all Legs	42143.	N.
Total Wind Moment at top of all Legs	241476000.	N.mm.
Max. Wind Shear on one Leg (top & bottom)	19093.	N.
Max. Wind Moment at base of one Leg	38201416.	N.mm.
Max. Vertical Load (Wt. + Wind) on one Leg	717032.	N.
Max. Vertical Load (Wt. + Eq.) on one Leg	689910.	N.

Note: Wind and Earthquake moments include the effects of user defined forces and moments if any exist in the job and were specified to act (compute loads and stresses) during these cases. Also included are moment effects due to eccentric weights if any are present in the input.

Weights:

Fabricated - Bare W/O Removable Internals	286154.8	kg.
Shop Test - Fabricated + Water (Full)	929867.1	kg.
Shipping - Fab. + Rem. Intls.+ Shipping App.	286154.8	kg.
Erected - Fab. + Rem. Intls.+ Insul. (etc)	286154.8	kg.
Empty - Fab. + Intls. + Details + Wghts.	286154.8	kg.
Operating - Empty + Operating Liquid (No CA)	286154.8	kg.
Field Test - Empty Weight + Water (Full)	929867.1	kg.

PV Elite 2016 Licensee: SPLM Licensed User

158

FileName : MIXER 4

Vessel Design Summary :

Step: 29 3:38pm Aug 3,2021

PV Elite is a trademark of Intergraph CADWorx & Analysis Solutions, Inc. 2016

LEMBAR SPESIFIKASI ALAT

Nomor alat	J-220
Nama Unit	Roll Heater
Jumlah	1
Fungsi	Tempat Terjadinya reaksi pembentukan TIO ₂
Material	Tungsten Carbide

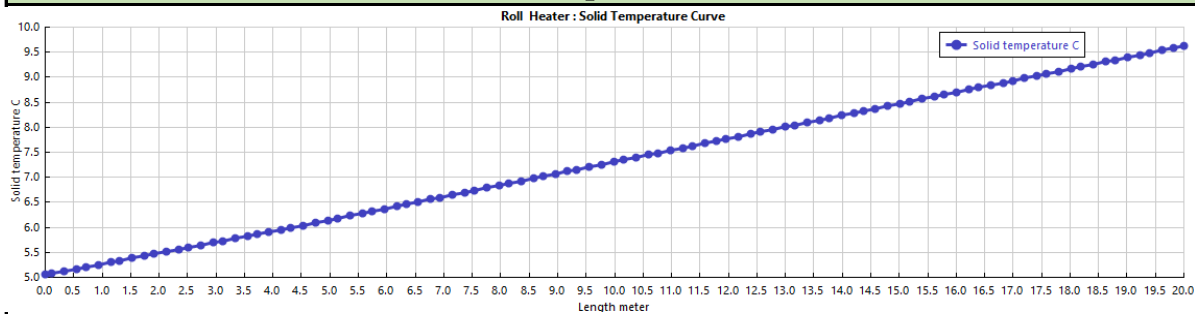
KONDISI OPERASI

Temperatur (°C)	470
solid residence time (Menit)	2
Critical Solid Moisture Content	0,05%
Exhaust gas Temperature (Celcius)	124,627678
Solids Velocity (Meter/detik)	0,16
Initial solid moisture content	49,0163304
Outlet solid moisture content	49,011355
Evaporation rate (kg/jam)	0,22
Vapor Temperature at adiabatic sat	87

GEOMETRY

Gass Flow Direction	Cross flow
Panjang Roll Heater (m)	20
Panjang membran (m)	20
Lebar Membran (m)	1
Panjang roll (m)	1
Diameter roll (m)	0,08
Jumlah roll yang dibutuhkan	33
Faktor korosi	0,0625
Luas permukaan membran (m ²)	20
Roll Heater type	Convective Dryer

Solids Temperature Curve

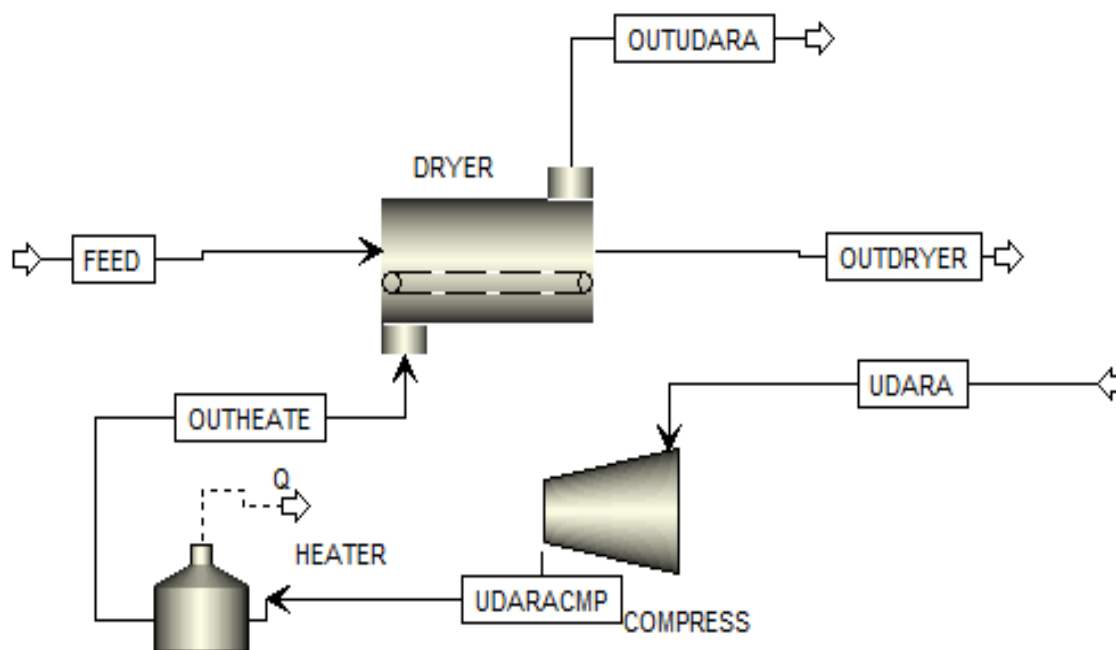


LEMBAR SPESIFIKASI ALAT PENDUKUNG

Nomor alat	E-222
------------	-------

Nama Unit	Heater
KONDISI OPERASI	
Outlet temperature (°C)	470
Outlet Pressure (Bar)	1,01325
Vapor Fraction	1
Heat duty (kj/hr)	499553,6903
GEOMETRI	
Type Heater	Coil Heater

LEMBAR SPESIFIKASI ALAT PENDUKUNG	
Nomor alat	
Nama Unit	Compressor
KONDISI OPERASI	
Discharge Pressure (bar)	6
Efficiency isentropic	0,7
Vapor Fraction	1
Heat duty (kj/hr)	499553,6903
Type Heater	Coil Heater
Net work required (KW)	240
Brake Horse Power (KW)	240
Mechanical Efficiency	1
Outlet Pressure (Bar)	6
Outlet temperature (°C)	313,213
Inlet temperature (°C)	30



LEMBAR SPESIFIKASI ALAT

Nomor alat	J-230
Nama Unit	Roll Cooler
Jumlah	1
Fungsi	Untuk mendinginkan membran
Material	Tungsten Carbide

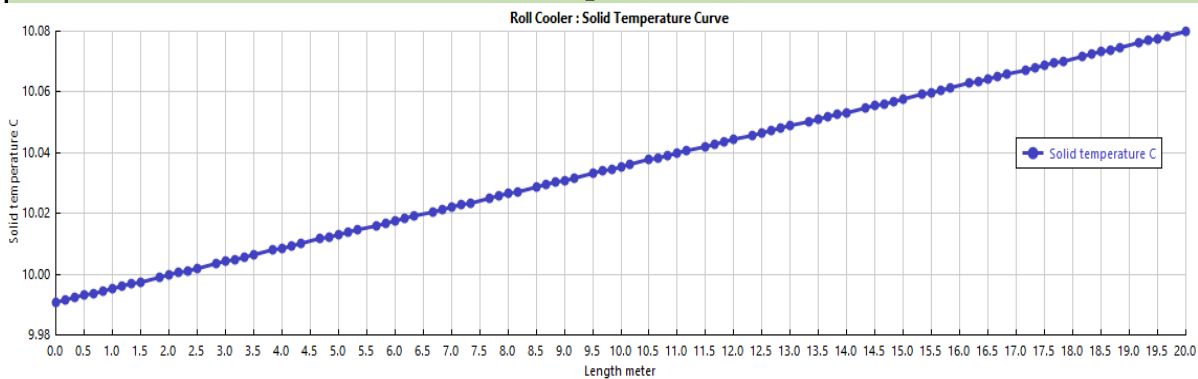
KONDISI OPERASI

Exhaust gas Temperature (Celcius)	14,4774271
solid residence time (Menit)	2
Critical Solid Moisture Content (dr	1,5
Temperatur (°C)	30
Solids Velocity (Meter/detik)	0,16
Initial solid moisture content	49,449921
Outlet solid moisture content	49,4453993
Evaporation rate (kg/jam)	10,3100931
Vapor Temperature at adiabatic sat	16,8701146

GEOMETRY

Gass Flow Direction	Cross flow
Panjang Roll Heater (m)	20
Panjang membran (m)	20
Lebar Membran (m)	1
Panjang roll (m)	1
Diameter roll (m)	0,08
Jumlah roll yang dibutuhkan	250
Inside diameter (m)	0,04
Faktor korosi	0,0625
Luas permukaan membran (m ²)	20
Roll Heater type	Convective Dryer

Solids Temperature Curve



LEMBAR SPESIFIKASI ALAT PENDUKUNG

Nomor alat	E-232
Nama Unit	Cooler
KONDISI OPERASI	
Outlet temperature (°C)	30
Outlet Pressure (atm)	1
Vapor Fraction	1
Heat duty (kj/hr)	-864594,4618
GEOMETRI	
Type Heater	Coil cooler + water spray

LEMBAR SPESIFIKASI ALAT PENDUKUNG	
Nomor alat	
Nama Unit	Compressor
Type Compressor	Isentropic
KONDISI OPERASI	
Discharge Pressure (bar)	6
Efficiency isentropic	0,7
Vapor Fraction	1
Heat duty (kj/hr)	499553,6903
Net work required (KW)	240,165128
Brake Horse Power (KW)	240,165128
Mechanical Efficiency	1
Outlet Pressure (Bar)	6
Outlet temperature (°C)	313,213149
Inlet temperature (°C)	30

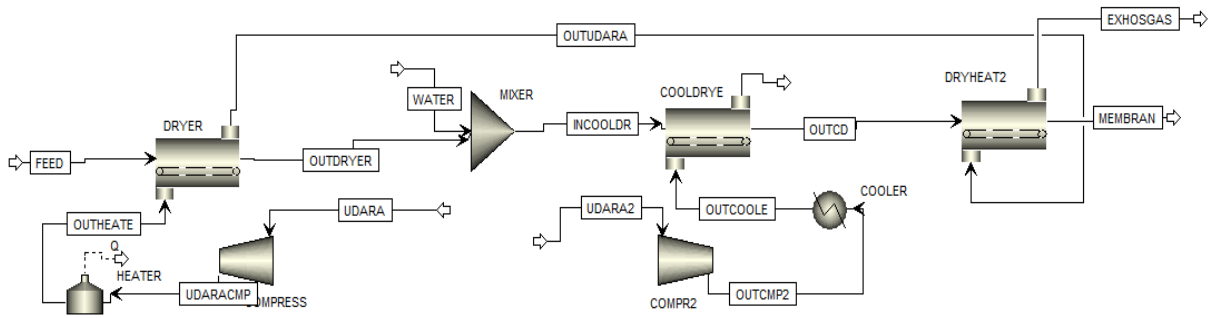
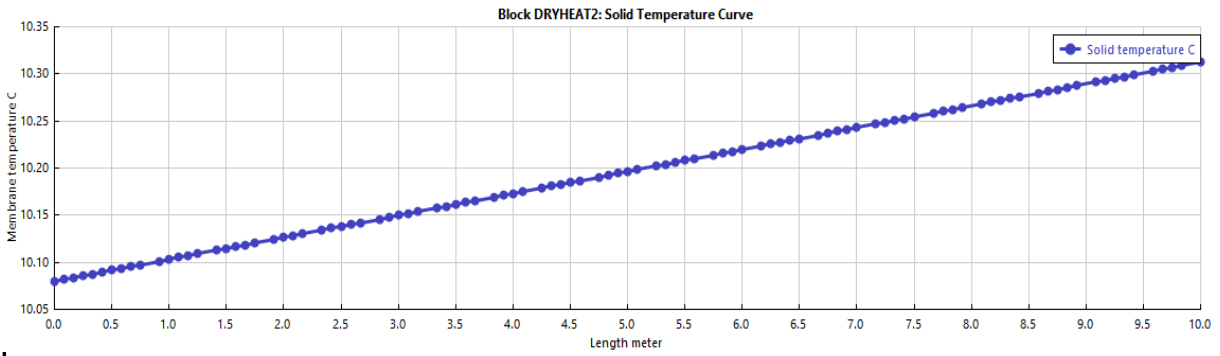
LEMBAR SPESIFIKASI ALAT	
Nomor alat	J-230
Nama Unit	Roll Heater
Jumlah	1
Fungsi	Untuk mendinginkan membran
Material	Tungsten Carbide
KONDISI OPERASI	
Exhaust gas Temperature (Celcius)	54,2558086
solid residence time (Menit)	2
Critical Solid Moisture Content	0,03%
Temperatur (°C)	30
Solids Velocity (Meter/detik)	0,16
Initial solid moisture content	49,4453993
Outlet solid moisture content	49,418241

Overall Evaporation rate (kg/min)	61,9252884
Vapor Temperature at adiabatic sat	48,0662423

GEOMETRY

Gass Flow Direction	Cross flow
Panjang Roll Heater (m)	20
Panjang membran (m)	20
Lebar Membran (m)	1
Panjang roll (m)	1
Diameter roll (m)	0,08
Jumlah roll yang dibutuhkan	154
Inside diameter (m)	0,04
Faktor korosi	0,0625
Luas permukaan membran (m ²)	20
Roll Heater type	Convective Dryer

Solids Temperature Curve





LAMPIRAN I
PERHITUNGAN UNIT PENGALIHAN BAHAN

1. Pompa NaOH (L-112)

Fungsi = Untuk mengalirkan larutan NaOH menuju ke tangki pencampur (M-140).

Type = *Centrifugal pump*

Dasar perhitungan =

Rate masuk = 136416,7 kg/jam
= 300116,8 lb/jam
= 83,36577 lb/s

ρ NaOH = 58,53123 lb/ft³
= 937,7 kg/m³ HYSIS (Temperatur 10 Celcius)

μ NaOH = 0,9334 cp HYSIS
= 0,000933 Pa.s

P1 = 1 atm = 2166,2168 lb/ft²

P2 = 1 atm = 2166,2168 lb/ft²

Z1 = 0 ft

Z2 = 11,483 ft

Gravitasi = 9,8

Menghitung rate volumetrik =

Q = rate masuk / ρ NaOH
= 300116,789 / 58,5
= 5127,463894 ft³/jam
= 1,424295526 ft³/s
= 0,039880275 m³/s

Asumsi = aliran *turbulent*

ID optimal = $3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13}$

(Peter and Timmerhauss pers. 15 hal 496)

= 7,76148916 in

= 0,197142 m

Standarisasi ID = 12 in sch 40

(Geankoplis, App A.5-1 hal 996)

sehingga dari Geankoplis, App A.5-1 hal 996 diperoleh harga =

OD = 12,75 in = 0,3239 m = 1,0625 ft

ID = 11,94 in = 0,3033 m = 0,995 ft

A = 0,08233 ft² = 0,8862 m²

L/D = 16,4 / 1 = 16,5 ft

V2 = Q / A

$$\begin{aligned}
&= \frac{1,4243}{0,08233} \\
&= 17,2999 \quad \text{ft/s} \\
\Delta V &= 17,2999 \quad \text{ft/s} \\
\text{Cek aliran } N_{Re} &= \frac{\rho D v}{\mu} \\
&= \frac{58,5 \times 0,995 \times 17,2999}{0,9334} \\
&= 1079,4 \quad (\text{aliran turbulen } > 2100)
\end{aligned}$$

Perhitungan friksi =

1. Contraction loss pada tangki keluar

Diketahui luas A1 sangat besar dibandingkan dengan luas pipa maka =

$$A2/A1 = 0$$

$$\alpha = 1 \quad (\text{Turbulen} = 1, \text{Laminer} = 0.5)$$

$$k_c = 0,55 (1 - (A2/A1)) \quad (\text{Geankoplis edisi 4th, hal 93})$$

$$k_c = 0,55$$

$$h_c = k_c (v^2/2\alpha) \quad (\text{Geankoplis edisi 4th, hal 93})$$

$$= 82,3 \quad \text{ft.lbf/lbm}$$

2. Friksi pada pipa lurus

$$\text{Panjang ekivalen} =$$

$$2 \text{ elbow } 90^\circ (L/D) = 16,482$$

$$L_{eq} = 2 \times 16,5 \times 0,995$$

$$= 32,8 \quad \text{ft}$$

$$1 \text{ gate valve } (L/D) = 16,48241$$

$$L_{eq} = 1 \times 16,482 \times 0,995$$

$$= 16,4 \quad \text{ft}$$

$$\text{Panjang pipa lurus} = 16,4 \quad \text{ft}$$

$$= 4,9987 \quad \text{m}$$

$$L_{total} = 65,6 \quad \text{ft}$$

Untuk *commercial steel* didapatkan =

$$e = 0,000046 \quad \text{m}$$

$$= 0,00015092 \quad \text{ft}$$

$$e/D = \frac{0,00015092}{0,995}$$

$$= 0,0001517$$

$$f = 0,05 \quad (\text{Figure 2.10-3, Geankoplis 4th edition, hal 94})$$

$$F_f = \frac{4f}{D} \times L \times v^2$$

$$= 15,332078 \quad \text{ft.lbf/lbm}$$

3. Friksi karena *fitting* dan *valve*

Jenis	Kf	Jumlah	$\sum K_f$
<i>elbow</i> , 90°	0,75	2	1,5

gate valve (Wide open)		6	1	6
Total			7,5	

Ket : cek spesifikasi valve

(Tabel 2.10-1, Geankoplis Hal 98)

$$h_f = \frac{\sum K_f \times v^2}{2 \times g_c}$$

$$= 34,8828 \quad \text{ft.lbf/lbm}$$

4. Expansion pipa akhir ke reaktor

$$k_{ex} = (1 - A_2/A_3)$$

$$= 1$$

karena $A_2 < A_3$, maka $\frac{A_2}{A_3} = 0$

$$h_{ex} = \frac{k_{ex} \times v^2}{2 g_c}$$

$$= \frac{1 \times 17,29986^2}{2 \times 32,174}$$

$$= 4,6510419 \quad \text{ft.lbf/lbm}$$

Total friksi pompa = $h_c + F_f + h_f + h_{ex}$

$$= 82,3 + 15,3321 + 34,8828 + 4,651042$$

$$= 137,1694 \quad \text{ft.lbf/lbm}$$

Perhitungan differensial pressure =

$$P_1 = 2166,2168 \quad \text{lb/ft}^2$$

$$P_2 = 2166,2168 \quad \text{lb/ft}^2$$

$$\Delta p = 0 \quad \text{lb/ft}^2$$

Perhitungan head pompa =

Persamaan Bernoulli

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho} + \frac{Z_2 - Z_1 \cdot g}{g_c} + \frac{(V_2 - V_1)^2}{2 \alpha g_c} + S_f + W_s = 0$$

(Geankoplis, pers 2.7-28 hal 68)

$$DP = 0 \quad \text{lb/ft}^2$$

$$DZ = 11 \quad \text{ft}$$

$$\Delta V = 17,3 \quad \text{ft/s}$$

$$\frac{0}{58,53} + 11 + \frac{299}{64,3} + 7,5 = - W_s$$

$$- W_s = 23,64 \quad \text{ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Head pompa} = \frac{- W_s \times g_c}{g}$$

$$= 23,6 \quad \text{ft.lbf/lbm} = 7,206 \quad \text{m}$$

Efisiensi pompa (η) = 0,8 (Geankoplis edisi 4th, hal 148)

$$Bhp = \frac{W \times m}{\eta}$$

$$\begin{aligned}
 & h \times 550 \\
 & = \frac{24 \times 83,366}{0,8 \times 550} \\
 & = 4,478608 \text{ hp} \\
 \text{Efisiensi motor} & = 0,8 \\
 & = \frac{4,4786}{0,8} \\
 & = 5,6 \text{ hp} \sim \# \text{ hp} \\
 & = 4,1 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

SPEKIFIKASI ALAT	
Nama	= Pompa NaOH (L-112)
Fungsi	= Untuk mengalirkan NaOH menuju ke Tangki pencampur 4
Type	= <i>Centrifugal pump</i>
Kapasitas	= 136416,7 kg/jam
Daya pompa	= 12 hp
Bahan konstruksi	= <i>Carbon Steel SA 240 Grade M type 316</i>
Jumlah	= 1 buah
NPSH Available (Meter)	= 10,2095
NPSH Required (Meter)	= 3,4998
Electricity (KW)	= 8.39112941 (Aspen Plus)

2 Pompa Urea (L-152)

Fungsi = Untuk mengalirkan larutan Urea menuju ke tangki pencampur (M-140).

Type = *Centrifugal pump*

Dasar perhitungan =

$$\begin{aligned}
 \text{Rate masuk} & = 96628,51 \text{ kg/jam} \\
 & = 212582,7 \text{ lb/jam} \\
 & = 59,05076 \text{ lb/s} \\
 \rho \text{ Urea} & = 66,35246 \text{ lb/ft}^3 \\
 & = 1063 \text{ kg/m}^3 \text{ HYSIS (Temperatur 10 Celcius)} \\
 \mu \text{ Urea} & = 0,836703 \text{ cp HYSIS} \\
 & = 0,000837 \text{ Pa.s} \\
 P1 & = 1 \text{ atm} = 2166,2168 \text{ lb/ft}^2 \\
 P2 & = 1 \text{ atm} = 2166,2168 \text{ lb/ft}^2 \\
 Z1 & = 0 \text{ ft} \\
 Z2 & = 11,483 \text{ ft} \\
 \text{Gravitasi} & = 9,8
 \end{aligned}$$

Menghitung rate volumetrik =

$$Q = \text{rate masuk} / \rho \text{ Urea}$$

$$\begin{aligned}
&= 212582,7255 / 66,4 \\
&= 3203,840906 \text{ ft}^3/\text{jam} \\
&= 0,889955807 \text{ ft}^3/\text{s} \\
&= 0,024918763 \text{ m}^3/\text{s}
\end{aligned}$$

Asumsi = aliran *turbulent*

$$\text{ID optimal} = 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

(Peter and Timmerhauss pers. 15 hal 496)

$$= 6,38442544 \text{ in}$$

$$= 0,162165 \text{ m}$$

$$\text{Standarisasi ID} = 10 \text{ in sch 40}$$

(Geankoplis, App A.5-1 hal 996)

sehingga dari Geankoplis, App A.5-1 hal 996 diperoleh harga =

$$\text{OD} = 10,75 \text{ in} = 0,2731 \text{ m} = 0,89583 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 10,02 \text{ in} = 0,2545 \text{ m} = 0,835 \text{ ft}$$

$$\text{A} = 0,05853 \text{ ft}^2 = 0,63 \text{ m}^2$$

$$\text{L/D} = 16,4 / 0,84 = 19,6 \text{ ft}$$

$$V_2 = Q / A$$

$$= \frac{0,88996}{0,05853}$$

$$= 15,206 \text{ ft/s}$$

$$\Delta V = 15,206 \text{ ft/s}$$

$$\text{Cek aliran } N_{Re} = \frac{\rho D v}{\mu}$$

$$= \frac{66,4 \times 0,835 \times 15,206}{0,8367}$$

$$= 1006,9 \text{ (aliran turbulen } > 2100)$$

Perhitungan friksi =

1. *Contraction loss* pada tangki keluar

Diketahui luas A1 sangat besar dibandingkan dengan luas pipa maka =

$$A_2/A_1 = 0$$

$$\alpha = 1 \quad (\text{Turbulen} = 1, \text{Laminer} = 0.5)$$

$$k_c = 0,55 (1 - (A_2/A_1)) \quad (\text{Geankoplis edisi 4th, hal 93})$$

$$k_c = 0,55$$

$$h_c = k_c (v^2/2\alpha) \quad (\text{Geankoplis edisi 4th, hal 93})$$

$$= 63,59 \text{ ft.lbf/lbm}$$

2. *Friksi pada pipa lurus*

$$\text{Panjang ekivalen} =$$

$$2 \text{ elbow } 90^\circ (\text{L/D}) = 19,641$$

$$\text{L eq} = 2 \times 19,6 \times 0,835$$

$$= 32,8 \text{ ft}$$

$$1 \text{ gate valve } (\text{L/D}) = 19,64072$$

$$L_{eq} = 1 \times 19,641 \times 0,835$$

$$= 16,4 \text{ ft}$$

$$\text{Panjang pipa lurus} = 16,4 \text{ ft}$$

$$= 4,9987 \text{ m}$$

$$L_{total} = 65,6 \text{ ft}$$

Untuk *commercial steel* didapatkan =

$$e = 0,000046 \text{ m}$$

$$= 0,00015092 \text{ ft}$$

$$e / D = \frac{0,00015092}{0,835}$$

$$= 0,0001807$$

$$f = 0,05 \quad (\text{Figure 2.10-3, Geankoplis 4th edition, hal 94})$$

$$F_f = \frac{4f}{D} \times L \times v^2$$

$$= 14,115009 \text{ ft.lbf/lbm}$$

3. Friksi karena *fitting* dan *valve*

Jenis	Kf	Jumlah	$\sum K_f$
<i>elbow</i> , 90°	0,75	2	1,5
<i>gate valve</i> (<i>Wide open</i>)	6	1	6
Total			7,5

Ket : cek spesifikasi valve

(Tabel 2.10-1, Geankoplis Hal 98)

$$h_f = \frac{\sum K_f \times v^2}{2 \times gc}$$

$$= 26,9498 \text{ ft.lbf/lbm}$$

4. *Expansion* pipa akhir ke reaktor

$$k_{ex} = (1 - A_2/A_3)$$

$$= 1$$

karena $A_2 < A_3$, maka $\frac{A_2}{A_3} = 0$

$$h_{ex} = \frac{k_{ex} \times v^2}{2 \times gc}$$

$$= \frac{1 \times 15,20598^2}{2 \times 32,174}$$

$$= 3,5933026 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Total friksi pompa} = h_c + F_f + h_f + h_{ex}$$

$$= 63,6 + 14,115 + 26,9498 + 3,593303$$

$$= 108,2441 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Perhitungan *differensial pressure* =

$$P_1 = 2166,2168 \text{ lb/ft}^2$$

$$P_2 = 2166,2168 \text{ lb/ft}^2$$

$$\Delta p = 0 \text{ lb/ft}^2$$

Perhitungan head pompa =

Persamaan Bernoulli

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho} + \frac{Z_2 - Z_1 \cdot g}{g_c} + \frac{(V_2 - V_1)^2}{2 \alpha g_c} + SF + W_s = 0$$

(Geankoplis, pers 2.7-28 hal 68)

$$DP = 0 \quad \text{lb/ft}^2$$

$$DZ = 11 \quad \text{ft}$$

$$\Delta V = 15,21 \quad \text{ft/s}$$

$$\frac{0}{66,35} + 11 + \frac{231}{64,3} + 7,5 = - W_s$$

$$- W_s = 22,58 \quad \text{ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Head pompa} = \frac{- W_s \times g_c}{g}$$

$$= \frac{22,6 \text{ ft.lbf/lbm} \times 32,2 \text{ ft/s}^2}{32,2 \text{ ft/s}^2} = 22,6 \text{ ft} = 6,88328 \text{ m}$$

$$\text{Efisiensi pompa } (\eta) = 0,8 \quad (\text{Geankoplis edisi 4th, hal 148})$$

$$\text{Bhp} = \frac{W \times m}{h \times 550}$$

$$= \frac{23 \times 59,051}{0,8 \times 550}$$

$$= 3,0302729 \text{ hp}$$

$$\text{Efisiensi motor} = 0,8$$

$$= \frac{3,0303}{0,8}$$

$$= 3,8 \text{ hp} \sim \# \text{ hp}$$

$$= 2,8 \text{ kW}$$

SPEKIFIKASI ALAT	
Nama	= Pompa Urea (L-152)
Fungsi	= Untuk mengalirkan Urea menuju ke Tangki pencampur 4
Type	= <i>Centrifugal pump</i>
Kapasitas	= 96628,51 kg/jam
Daya pompa	= 12 hp
Bahan konstruksi	= <i>Carbon Steel SA 240 Grade M type 316</i>
Jumlah	= 1 buah
NPSH Available (Meter)	10.2095276 (Aspen Plus)
NPSH Required (Meter)	= 3,4998
Electricity (KW)	= 5.64653083 (Aspen Plus)

3 Pompa Asam sitrat (L-122)

Fungsi = Untuk mengalirkan larutan asam sitrat menuju ke tangki

pencampur 4.
 Type = Centrifugal pump

Dasar perhitungan =
 Rate masuk = 51629,02 kg/jam
 = 113583,8 lb/jam
 = 31,55107 lb/s
 ρ Asam sitrat = 64,2926 lb/ft³
 = 1030 kg/m³ HYSIS (Temperatur 10 Celcius)
 μ Urea = 1,232 cp HYSIS
 = 0,001232 Pa.s
 P1 = 1 atm = 2166,2168 lb/ft²
 P2 = 1 atm = 2166,2168 lb/ft²
 Z1 = 0 ft
 Z2 = 11,483 ft
 Gravitasi = 9,8 m/s

Menghitung rate volumetrik =
 Q = rate masuk / ρ Urea
 = 113583,8444 / 64,3
 = 1766,670572 ft³/jam
 = 0,490741826 ft³/s
 = 0,013740771 m³/s
 Asumsi = aliran *turbulent*
 ID optimal = 3,9 x Q^{0,45} x ρ^{0,13}
 (Peter and Timmerhaus pers. 15 hal 496)
 = 4,86417755 in
 = 0,12355 m

Standarisasi ID = 10 in sch 40
 (Geankoplis, App A.5-1 hal 996)

sehingga dari Geankoplis, App A.5-1 hal 996 diperoleh harga =

OD = 3,5 in = 0,0889 m = 0,29167 ft
 ID = 3,07 in = 0,078 m = 0,25583 ft
 A = 0,0062 ft² = 0,0668 m²
 L/D = 16,4 / 0,26 = 64,1 ft

V2 = Q / A
 = $\frac{0,49074}{0,0062}$
 = 79,1006 ft/s
 ΔV = 79,1006 ft/s
 Cek aliran N_{Re} = $\frac{\rho D v}{\mu} * 928$
 = $\frac{64,3 \times 0,2558 \times 79,1006}{0,001232} * 928$

$$= 1,232$$

$$= 980021 \text{ (aliran turbulen } > 2100)$$

Perhitungan friksi =

1. Contraction loss pada tangki keluar

Diketahui luas A1 sangat besar dibandingkan dengan luas pipa maka =
 $A2/A1 = 0$

$$\alpha = 1 \quad (\text{Turbulen} = 1, \text{ Laminer} = 0.5)$$

$$k_c = 0,55 (1 - (A2/A1)) \quad (\text{Geankoplis edisi 4th, hal 93})$$

$$k_c = 0,55$$

$$h_c = k_c (v^2/2\alpha) \quad (\text{Geankoplis edisi 4th, hal 93})$$

$$= 1721 \text{ ft.lbf/lbm}$$

2. Friksi pada pipa lurus

Panjang ekuivalen =

$$2 \text{ elbow } 90^\circ (L/D) = 64,104$$

$$L_{eq} = 2 \times 64,1 \times 0,256$$

$$= 32,8 \text{ ft}$$

$$1 \text{ gate valve } (L/D) = 64,10423$$

$$L_{eq} = 1 \times 64,104 \times 0,256$$

$$= 16,4 \text{ ft}$$

$$\text{Panjang pipa lurus} = 16,4 \text{ ft}$$

$$= 4,9987 \text{ m}$$

$$L_{total} = 65,6 \text{ ft}$$

Untuk *commercial steel* didapatkan =

$$e = 0,000046 \text{ m}$$

$$= 0,00015092 \text{ ft}$$

$$e/D = \frac{0,00015092}{0,25583333}$$

$$= 0,0005899$$

$$f = 0,07 \quad (\text{Figure 2.10-3, Geankoplis 4th edition, hal 94})$$

$$F_f = \frac{4f}{D} \times L \times v^2$$

$$= 1745,2976 \text{ ft.lbf/lbm}$$

3. Friksi karena fitting dan valve

Jenis	Kf	Jumlah	$\sum Kf$
<i>elbow</i> , 90°	0,75	2	1,5
<i>gate valve</i> (<i>Wide open</i>)	6	1	6
Total			7,5

Ket : cek spesifikasi valve

(Tabel 2.10-1, Geankoplis Hal 98)

$$h_f = \frac{\sum Kf \times v^2}{2 \times g_c}$$

$$= 729,266 \text{ ft.lbf/lbm}$$

4. Expansion pipa akhir ke reaktor

$$k_{ex} = (1 - A_2/A_3) \\ = 1$$

karena $A_2 < A_3$, maka $\frac{A_2}{A_3} = 0$

$$h_{ex} = \frac{k_{ex} \times v^2}{2 g_c} \\ = \frac{1 \times 79,10062^2}{2 \times 32,174} \\ = 97,235474 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\begin{aligned} \text{Total friksi pompa} &= h_c + F_f + h_f + h_{ex} \\ &= 1721 + 1745,3 + 729,266 + 97,23547 \\ &= 4292,4489 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

Perhitungan differential pressure =

$$\begin{aligned} P_1 &= 2166,2168 \text{ lb/ft}^2 \\ P_2 &= 2166,2168 \text{ lb/ft}^2 \\ \Delta p &= 0 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan head pompa =

Persamaan Bernoulli

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho} + \frac{Z_2 - Z_1 \cdot g}{g_c} + \frac{(V_2 - V_1)^2}{2 \alpha g_c} + SF + W_s = 0$$

(Geankoplis, pers 2.7-28 hal 68)

$$DP = 0 \text{ lb/ft}^2$$

$$DZ = 11 \text{ ft}$$

$$\Delta V = 79,1 \text{ ft/s}$$

$$\frac{0}{64,29} + 11 + \frac{6257}{64,3} + 7,5 = - W_s$$

$$- W_s = 116,3 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Head pompa} = \frac{- W_s \times g_c}{g}$$

$$= 116 \text{ ft.lbf/lbm} = 35,4541 \text{ m}$$

$$\text{Efisiensi pompa } (\eta) = 0,8 \text{ (Geankoplis edisi 4th, hal 148)}$$

$$\begin{aligned} \text{Bhp} &= \frac{W \times m}{h \times 550} \\ &= \frac{116 \times 31,551}{0,8 \times 550} \\ &= 8,3395239 \text{ hp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi motor} &= 0,8 \\ &= \frac{8,3395}{0,8} \end{aligned}$$

$$= 10,4 \text{ hp} \sim \# \text{ hp}$$

$$= \underline{7,7} \text{ kW}$$

SPESIFIKASI ALAT	
Nama	= Pompa Asam sitrat (L-122)
Fungsi	= Untuk mengalirkan asam sitrat menuju ke Tangki pencampur 4
Type	= <i>Centrifugal pump</i>
Kapasitas	= 51629,02 kg/jam
Daya pompa	= 12 hp
Bahan konstruksi	= <i>Carbon Steel SA 240 Grade M type 316</i>
Jumlah	= 1 buah
NPSH Available (Meter)	10.2095276 (Aspen Plus)
NPSH Required (Meter)	= 3,4998
Electricity (KW)	= 0.557975679 (Aspen Plus)

4 Pompa Larutan PTO (L-132)

Fungsi = Untuk mengalirkan larutan PTO menuju ke tangki pencampur 4.

Type = *Centrifugal pump*

Dasar perhitungan =

$$\begin{aligned} \text{Rate masuk} &= 9,082794 \text{ kg/jam} \\ &= 19,98215 \text{ lb/jam} \\ &= 0,005551 \text{ lb/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ PTO} &= 64,2926 \text{ lb/ft}^3 \\ &= 1030 \text{ kg/m}^3 \text{ HYSIS (Temperatur 10 Celcius)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu \text{ PTO} &= 0,646507 \text{ cp HYSIS} \\ &= 0,000647 \text{ Pa.s} \end{aligned}$$

$$P1 = 1 \text{ atm} = 2166,2168 \text{ lb/ft}^2$$

$$P2 = 1 \text{ atm} = 2166,2168 \text{ lb/ft}^2$$

$$Z1 = 0 \text{ ft}$$

$$Z2 = 11,483 \text{ ft}$$

$$\text{Gravitasi} = 9,8 \text{ m/s}$$

Menghitung rate volumetrik =

$$\begin{aligned} Q &= \text{rate masuk} / \rho \text{ Urea} \\ &= 19,98214705 / 64,3 \\ &= 0,310800108 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 8,63334\text{E-}05 \text{ ft}^3/\text{s} \\ &= 2,41733\text{E-}06 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Asumsi = aliran *turbulent*

$$\begin{aligned} \text{ID optimal} &= 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &= 0,09940447 \text{ in} \\ &= 0,002525 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Standarisasi ID} &= 10 \text{ in sch 40} \\ &\text{(Geankoplis, App A.5-1 hal 996)} \end{aligned}$$

sehingga dari Geankoplis, App A.5-1 hal 996 diperoleh harga =

$$\begin{aligned} \text{OD} &= 0,405 \text{ in} = 0,0103 \text{ m} = 0,03375 \text{ ft} \\ \text{ID} &= 0,269 \text{ in} = 0,0068 \text{ m} = 0,02242 \text{ ft} \\ \text{A} &= 8,3\text{E-}05 \text{ ft}^2 = 0,0009 \text{ m}^2 \\ \text{L/D} &= 16,4 / 0,02 = 732 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_2 &= Q / A \\ &= \frac{8,6\text{E-}05}{8,3\text{E-}05} \end{aligned}$$

$$= 1,03928 \text{ ft/s}$$

$$\Delta V = 1,03928 \text{ ft/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek aliran } N_{Re} &= \frac{\rho D v}{\mu} * 928 \\ &= \frac{64,3 \times 0,0224 \times 1,03928}{0,6465} * 928 \\ &= 2150 \text{ (aliran turbulen } > 2100) \end{aligned}$$

Perhitungan friksi =

1. *Contraction loss* pada tangki keluar

Diketahui luas A1 sangat besar dibandingkan dengan luas pipa maka =

$$A_2/A_1 = 0$$

$$\alpha = 1 \quad \text{(Turbulen = 1, Laminer = 0.5)}$$

$$k_c = 0,55 (1 - (A_2/A_1)) \quad \text{(Geankoplis edisi 4th, hal 93)}$$

$$k_c = 0,55$$

$$h_c = k_c (v^2/2\alpha) \quad \text{(Geankoplis edisi 4th, hal 93)}$$

$$= 0,297 \text{ ft.lbf/lbm}$$

2. Friksi pada pipa lurus

$$\text{Panjang ekivalen} =$$

$$2 \text{ elbow } 90^\circ \text{ (L/D)} = 731,6$$

$$\text{L eq} = 2 \times 732 \times 0,022$$

$$= 32,8 \text{ ft}$$

$$1 \text{ gate valve (L/D)} = 731,5985$$

$$\text{L eq} = 1 \times 731,6 \times 0,022$$

$$= 16,4 \text{ ft}$$

$$\text{Panjang pipa lurus} = 16,4 \text{ ft}$$

$$= 4,9987 \text{ m}$$

$$\text{L total} = 65,6 \text{ ft}$$

Untuk *commercial steel* didapatkan =

$$e = 0,000046 \text{ m}$$

$$= 0,00015092 \text{ ft}$$

$$e / D = \frac{0,00015092}{0,02241667}$$

$$= 0,0067324$$

$$f = 0,08 \quad (\text{Figure 2.10-3, Geankoplis 4th edition, hal 94})$$

$$Ff = \frac{4f}{D} \times L \times v^2$$

$$= 3,9296221 \text{ ft.lbf/lbm}$$

3. Friksi karena *fitting* dan *valve*

Jenis	Kf	Jumlah	$\sum Kf$
<i>elbow</i> , 90°	0,75	2	1,5
<i>gate valve</i> (<i>Wide open</i>)	6	1	6
Total			7,5

Ket : cek spesifikasi valve

(Tabel 2.10-1, Geankoplis Hal 98)

$$hf = \frac{\sum Kf \times v^2}{2 \times gc}$$

$$= 0,12589 \text{ ft.lbf/lbm}$$

4. *Expansion* pipa akhir ke reaktor

$$k_{ex} = (1 - A_2/A_3)$$

$$= 1$$

$$\text{karena } A_2 < A_3, \text{ maka } \frac{A_2}{A_3} = 0$$

$$h_{ex} = \frac{k_{ex} \times v^2}{2 \times gc}$$

$$= \frac{1 \times 1,039277^2}{2 \times 32,174}$$

$$= 0,0167853 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Total friksi pompa} = hc + Ff + hf + h_{ex}$$

$$= 0,3 + 3,92962 + 0,12589 + 0,016785$$

$$= 4,3693 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Perhitungan *differensial pressure* =

$$P_1 = 2166,2168 \text{ lb/ft}^2$$

$$P_2 = 2166,2168 \text{ lb/ft}^2$$

$$\Delta p = 0 \text{ lb/ft}^2$$

Perhitungan *head pompa* =

Persamaan Bernoulli

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho} + \frac{Z_2 - Z_1 \cdot g}{g_c} + \frac{(V_2 - V_1)^2}{2 \alpha g_c} + SF + W_s = 0$$

(Geankoplis, pers 2.7-28 hal 68)

$$\begin{aligned}
 DP &= 0 \quad \text{lb/ft}^2 \\
 DZ &= 11 \quad \text{ft} \\
 \Delta V &= 1,039 \quad \text{ft/s} \\
 \frac{0}{64,29} + 11 + \frac{1,08}{64,3} + 7,5 &= - W_s \\
 - W_s &= 19 \quad \text{ft.lbf/lbm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Head pompa} &= \frac{- W_s \times g_c}{g} \\
 &= 19 \quad \text{ft.lbf/lbm} = 5,79206 \quad \text{m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi pompa } (\eta) = 0,8 \quad (\text{Geankoplis edisi 4th, hal 148})$$

$$\begin{aligned}
 \text{Bhp} &= \frac{W \times m}{h \times 550} \\
 &= \frac{19 \times 0,0056}{0,8 \times 550} \\
 &= 0,0002397 \quad \text{hp}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi motor} &= 0,8 \\
 &= \frac{0,0002}{0,8} \\
 &= 0,00030 \quad \text{hp} \sim \# \text{ hp} \\
 &= 0,00022 \quad \text{kW}
 \end{aligned}$$

SPEKIFIKASI ALAT	
Nama	= Pompa Larutan PTO (L-132)
Fungsi	= Untuk mengalirkan asam sitrat menuju ke Tangki pencampur 4
Type	= <i>Centrifugal pump</i>
Kapasitas	= 9,082794 kg/jam
Daya pompa	= 12 hp
Bahan konstruksi	= <i>Carbon Steel SA 240 Grade M type 316</i>
Jumlah	= 1 buah
NPSH Available	= 10.2095276 (Aspen Plus)
NPSH Required	= 3,4998
Electricity (W)	= 0.27 (Aspen Plus)

5 Pompa Larutan Menuju Roller

$$\text{Fungsi} = \text{Untuk mengalirkan larutan mixer 4 menuju ke roller}$$

$$\text{Type} = \textit{Centrifugal pump}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dasar perhitungan} &= \\
 \text{Rate masuk} &= 285158,4 \quad \text{kg/jam} \\
 &= 627348,4 \quad \text{lb/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 174,2634 \text{ lb/s} \\
\rho \text{ PTO} &= 64,2926 \text{ lb/ft}^3 \\
&= 1030 \text{ kg/m}^3 \text{ HYSIS (Temperatur 10 Celcius)} \\
\mu \text{ PTO} &= 4,3 \text{ cp HYSIS} \\
&= 0,0043 \text{ Pa.s} \\
P1 &= 1 \text{ atm} = 2166,2168 \text{ lb/ft}^2 \\
P2 &= 1 \text{ atm} = 2166,2168 \text{ lb/ft}^2 \\
Z1 &= 0 \text{ ft} \\
Z2 &= 11,483 \text{ ft} \\
\text{Gravitasi} &= 9,8 \text{ m/s}
\end{aligned}$$

Menghitung rate volumetrik =

$$\begin{aligned}
Q &= \text{rate masuk} / \rho \text{ Urea} \\
&= 627348,3773 / 64,3 \\
&= 9757,707377 \text{ ft}^3/\text{jam} \\
&= 2,710474271 \text{ ft}^3/\text{s} \\
&= 0,07589328 \text{ m}^3/\text{s}
\end{aligned}$$

Asumsi = aliran *turbulent*

$$\begin{aligned}
\text{ID optimal} &= 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13} \\
&\quad \text{(Peter and Timmerhauss pers. 15 hal 496)} \\
&= 10,4953256 \text{ in} \\
&= 0,266582 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\text{Standarisasi ID} = 14 \text{ in sch 40}$$

(Geankoplis, App A.5-1 hal 996)

sehingga dari Geankoplis, App A.5-1 hal 996 diperoleh harga =

$$\begin{aligned}
\text{OD} &= 14 \text{ in} = 0,3556 \text{ m} = 1,16667 \text{ ft} \\
\text{ID} &= 13,13 \text{ in} = 0,3335 \text{ m} = 1,09417 \text{ ft} \\
A &= 0,09926 \text{ ft}^2 = 1,0685 \text{ m}^2 \\
L/D &= 16,4 / 1,09 = 15 \text{ ft}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V2 &= Q / A \\
&= \frac{2,71047}{0,09926}
\end{aligned}$$

$$= 27,3056 \text{ ft/s}$$

$$\Delta V = 27,3056 \text{ ft/s}$$

$$\begin{aligned}
\text{Cek aliran } N_{Re} &= \frac{\rho D v}{\mu} * 928 \\
&= \frac{64,3 \times 1,0942 \times 27,3056}{4,3} * 928 \\
&= 414549 \text{ (aliran turbulen } > 2100)
\end{aligned}$$

Perhitungan friksi =

1. *Contraction loss* pada tangki keluar

Diketahui luas A1 sangat besar dibandingkan dengan luas pipa maka =

$$\begin{aligned}
A_2/A_1 &= 0 \\
\alpha &= 1 && \text{(Turbulen = 1, Laminer = 0.5)} \\
k_c &= 0,55 (1-(A_2/A_1)) && \text{(Geankoplis edisi 4th, hal 93)} \\
k_c &= 0,55 \\
h_c &= k_c (v^2/2\alpha) && \text{(Geankoplis edisi 4th, hal 93)} \\
&= 205 \quad \text{ft.lbf/lbm}
\end{aligned}$$

2. Friksi pada pipa lurus

$$\begin{aligned}
\text{Panjang ekivalen} &= \\
2 \text{ elbow } 90^\circ (L/D) &= 14,989 \\
L_{eq} &= 2 \times 15 \times 1,094 \\
&= 32,8 \quad \text{ft} \\
1 \text{ gate valve } (L/D) &= 14,98858 \\
L_{eq} &= 1 \times 14,989 \times 1,094 \\
&= 16,4 \quad \text{ft} \\
\text{Panjang pipa lurus} &= 16,4 \quad \text{ft} \\
&= 4,9987 \quad \text{m} \\
L_{total} &= 65,6 \quad \text{ft} \\
\text{Untuk commercial steel didapatkan} &= \\
e &= 0,000046 \quad \text{m} \\
&= 0,00015092 \quad \text{ft} \\
e / D &= \frac{0,00015092}{1,09416667} \\
&= 0,0001379 \\
f &= 0,0035 \quad \text{(Figure 2.10-3, Geankoplis 4th edition, hal 94)} \\
F_f &= \frac{4f}{D} \times L \times \frac{v^2}{2g_c} \\
&= 2,4314067 \quad \text{ft.lbf/lbm}
\end{aligned}$$

3. Friksi karena fitting dan valve

Jenis	Kf	Jumlah	$\sum K_f$
<i>elbow</i> , 90°	0,75	2	1,5
<i>gate valve</i> (<i>Wide open</i>)	6	1	6
Total			7,5

Ket : cek spesifikasi valve

(Tabel 2.10-1, Geankoplis Hal 98)

$$\begin{aligned}
h_f &= \frac{\sum K_f \times v^2}{2 \times g_c} \\
&= 86,9021 \quad \text{ft.lbf/lbm}
\end{aligned}$$

4. Expansion pipa akhir ke reaktor

$$\begin{aligned}
k_{ex} &= (1-A_2/A_3) \\
&= 1 \\
\text{karena } A_2 < A_3, \text{ maka } \frac{A_2}{A_3} &= 0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_{ex} &= \frac{k_{ex} \times v^2}{2 g_c} \\
 &= \frac{1 \times 27,30563^2}{2 \times 32,174} \\
 &= 11,586952 \text{ ft.lbf/lbm} \\
 \text{Total friksi pompa} &= h_c + F_f + h_f + h_{ex} \\
 &= 205 + 2,43141 + 86,9021 + 11,58695 \\
 &= 305,9597 \text{ ft.lbf/lbm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan *differensial pressure* =

$$\begin{aligned}
 P_1 &= 2166,2168 \text{ lb/ft}^2 \\
 P_2 &= 2166,2168 \text{ lb/ft}^2 \\
 \Delta p &= 0 \text{ lb/ft}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan *head pompa* =

Persamaan Bernoulli

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho} + \frac{Z_2 - Z_1 \cdot g}{g_c} + \frac{(V_2 - V_1)^2}{2 \alpha g_c} + SF + W_s = 0$$

(Geankoplis, pers 2.7-28 hal 68)

$$DP = 0 \text{ lb/ft}^2$$

$$DZ = 11 \text{ ft}$$

$$\Delta V = 27,31 \text{ ft/s}$$

$$\frac{0}{64,29} + 11 + \frac{746}{64,3} + 7,5 = - W_s$$

$$- W_s = 30,58 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Head pompa} = \frac{- W_s \times g_c}{g}$$

$$= 30,6 \text{ ft.lbf/lbm} = 9,32219 \text{ m}$$

$$\text{Efisiensi pompa } (\eta) = 0,8 \text{ (Geankoplis edisi 4th, hal 148)}$$

$$B_{hp} = \frac{W \times m}{h \times 550}$$

$$= \frac{31 \times 174,26}{0,8 \times 550}$$

$$= 12,111144 \text{ hp}$$

$$\text{Efisiensi motor} = 0,8$$

$$= \frac{12,111}{0,8}$$

$$= 15,13893 \text{ hp} \sim \# \text{ hp}$$

$$= 11,12711 \text{ kW}$$

SPEKIFIKASI ALAT	
Nama	= Pompa Larutan Menuju Roller (L-142)
Fungsi	= Untuk mengalirkan larutan mixer 4 menuju ke roller

Type	=	<i>Centrifugal pump</i>
Kapasitas	=	285158,4 kg/jam
Daya pompa	=	12 hp
Bahan konstruksi	=	<i>Carbon Steel SA 240 Grade M type 316</i>
Jumlah	=	1 buah
NPSH Available (Meter)		10.2302381 (Aspen Plus)
NPSH Required (Meter)	=	3,4998
Electricity (KW)	=	14.5741047 (Aspen Plus)

Belt Conveyor (J-111)

	Mengangkut NaOH padat dari storage (F-
Fungsi	= 114) menuju mixer 1 (M-110)
Jenis	= horizontal belt conveyor
Bahan Konstruksi	= carbon steel
Jumlah	= 1 unit

Kondisi Operasi

Temperatur	= 30 C
Tekanan	= 1 atm
Laju Alir (W)	= 27283,3445 kg/jam 27,2833445 ton/jam
Densitas	= 119 lb/ft ³

Direncanakan (Walas, 1988) :

Jarak Angkut	= 50 ft 15,24 m
Lebar Belt	= 18 in
Angle	= 20 derajat
Inklinasi	= 5 derajat
Slope	= 69 untuk 100 ft/min bahan
Kecepatan	= 300 rpm

- Ukuran Conveyor

Velocity (v)	= $\frac{27,28 \text{ ton/jam} \times 100}{69 \text{ ton/jam}}$ = 40 ft/min
Panjang conveyor desain (L)	= $\frac{50 \text{ ft}}{\cos 5}$ = ft
Ketinggian conveyor (H)	= 50 ft x tan 5 = 50 ft

- Daya Conveyor

P	= P horizontal + P vertikal + P empty
	= $(0,4 + L/300) \cdot (W/100) + 0,001 HW + (vk/100)$
Faktor Koreksi (k)	= 0,5
P	= P horizontal + P vertikal + P empty
	= 0,15477932 + 1,3694 +
	= 1,72186283 HP
	= 2,29581711 kW

Belt Conveyor (J-121)

		Mengangkut asam sitrat padat dari storage (F-124)
Fungsi	=	menuju mixer 2 (M-120)
Jenis	=	horizontal belt conveyor
Bahan Konstruksi	=	carbon steel
Jumlah	=	1 unit

Kondisi Operasi

Temperatur	=	30 C
Tekanan	=	1 atm
Laju Alir (W)	=	1446,19866 kg/jam 1,44619866 ton/jam
Densitas	=	70,1 lb/ft ³

Direncanakan (Walas, 1988) :

Jarak Angkut	=	50 ft 15,24 m
Lebar Belt	=	18 in
Angle	=	20 derajat
Inklinasi	=	5 derajat
Slope	=	69 untuk 100 ft/min bahan
Kecepatan	=	300 rpm

- Ukuran Conveyor

Velocity (v)	=	$\frac{1,45 \text{ ton/jam} \times 100}{69 \text{ ton/jam}}$	=	2 ft/min
Panjang conveyor desain	=	$\frac{50 \text{ ft}}{\cos 5}$	=	ft
Ketinggian conveyor (H)	=	$50 \text{ ft} \times \tan 5$	=	50 ft

- Daya Conveyor

P	=	P horizontal + P vertikal + P empty
	=	$(0,4 + L/300) \cdot (W/100) + 0,001 HW + (vk/100)$
Faktor Koreksi (k)	=	0,5

P	=	P horizontal + P vertikal + P empty
	=	0,00820433 + 0,0726 +
	=	0,09127018 HP
	=	0,12169357 kW

Belt Conveyor (J-131)

Fungsi	=	Mengangkut PTO padat dari storage (F-134)
Jenis	=	menuju mixer 3 (M-130)
Bahan Konstruksi	=	horizontal belt conveyor
Jumlah	=	carbon steel
	=	1 unit

Kondisi Operasi

Temperatur	=	30 C
Tekanan	=	1 atm
Laju Alir (W)	=	1,24559369 kg/jam
	=	0,001246 ton/jam
Densitas	=	81,9 lb/ft ³

Direncanakan (Walas, 1988) :

Jarak Angkut	=	50 ft
	=	15,24 m
Lebar Belt	=	18 in
Angle	=	20 derajat
Inklinasi	=	5 derajat
Slope	=	69 untuk 100 ft/min bahan
Kecepatan	=	300 rpm

- Ukuran Conveyor

Velocity (v)	=	$\frac{0,001246 \text{ ton/jam} \times 100}{69 \text{ ton/jam}}$	=	0 ft/min
Panjang conveyor desain	=	$\frac{50 \text{ ft}}{\cos 5}$	=	ft
Ketinggian conveyor (H)	=	$50 \text{ ft} \times \tan 5$	=	50 ft

- Daya Conveyor

P	=	P horizontal + P vertikal + P empty
	=	$(0,4 + L/300) \cdot (W/100) + 0,001 HW + (vk/100)$
Faktor Koreksi (k)	=	0,5
P	=	P horizontal + P vertikal + P empty
	=	$7,0663E-06 + 6E-05 +$
	=	$7,861E-05 \text{ HP}$
	=	$0,00010481 \text{ kW}$

Belt Conveyor (J-151)

Fungsi	=	Mengangkut urea padat dari storage (F-154) menuju mixer 5 (M-150)
Jenis	=	horizontal belt conveyer
Bahan Konstruksi	=	carbon steel
Jumlah	=	1 unit

Kondisi Operasi

Temperatur	=	30 C
Tekanan	=	1 atm
Laju Alir (W)	=	23190,8428 kg/jam 23,190843 ton/jam
Densitas	=	76,8 lb/ft ³

Direncanakan (Walas, 1988) :

Jarak Angkut	=	50 ft 15,24 m
Lebar Belt	=	18 in
Angle	=	20 derajat
Inklinasi	=	5 derajat
Slope	=	69 untuk 100 ft/min bahan
Kecepatan	=	300 rpm

- Ukuran Conveyer

Velocity (v)	=	$\frac{23,190843 \text{ ton/jam} \times 100}{69 \text{ ton/jam}}$	=	34 ft/min
Panjang conveyer desain	=	$\frac{50 \text{ ft}}{\cos 5}$	=	ft
Ketinggian conveyer (H)	=	50 ft	x	tan 5 = 50 ft

- Daya Conveyer

P	=	P horizontal + P vertikal + P empty
	=	$(0,4 + L/300) \cdot (W/100) + 0,001 HW + (vk/100)$
Faktor Koreksi (k)	=	0,5
P	=	P horizontal + P vertikal + P empty
	=	0,13156242 + 1,164 +
	=	1,46358341 HP
	=	1,95144454 kW

Belt Conveyer (J-145)

Fungsi	=	Mengangkut kapas dari storage (F-146) menuju mixer 4 (M-140)
Jenis	=	horizontal belt conveyor
Bahan Konstruksi	=	carbon steel
Jumlah	=	1 unit

Kondisi Operasi

Temperatur	=	30 C
Tekanan	=	1 atm
Laju Alir (W)	=	463,816856 kg/jam 0,463817 ton/jam
Densitas	=	50 lb/ft ³

Direncanakan (Walas, 1988) :

Jarak Angkut	=	50 ft 15,24 m
Lebar Belt	=	18 in
Angle	=	20 derajat
Inklinasi	=	5 derajat
Slope	=	69 untuk 100 ft/min bahan
Kecepatan	=	300 rpm

- Ukuran Conveyor

Velocity (v)	=	$\frac{0,463817 \text{ ton/jam} \times 100}{69 \text{ ton/jam}}$	=	1 ft/min		
Panjang conveyor desa:	=	$\frac{50 \text{ ft}}{\cos 5}$	=	ft		
Ketinggian conveyor (H)	=	50 ft	x	tan 5	=	50 ft

- Daya Conveyor

P	=	P horizontal + P vertikal + P empty
	=	$(0,4 + L/300) \cdot (W/100) + 0,001 HW + (vk/100)$
Faktor Koreksi (k)	=	0,5
P	=	P horizontal + P vertikal + P empty
	=	0,00263125 + 0,0233 +
	=	0,02927167 HP
	=	0,03902889 kW

Belt Conveyor (J-211)

Fungsi	=	Mengangkut produk dari roll coating (J-210) menuju roll heater (J-220)
--------	---	--

Jenis = horizontal belt conveyor
 Bahan Konstruksi = carbon steel
 Jumlah = 1 unit

Kondisi Operasi

Temperatur = 30 C
 Tekanan = 1 atm
 Laju Alir (W) = 54676,9475 kg/jam
 = 54,676947 ton/jam
 Densitas = 1507,58 lb/ft³ 1500

Direncanakan (Walas, 1988) :

Jarak Angkut = 50 ft
 = 15,24 m
 Lebar Belt = 18 in
 Angle = 20 derajat
 Inklinasi = 5 derajat
 Slope = 69 untuk 100 ft/min bahan
 Kecepatan = 300 rpm

- Ukuran Conveyor

Velocity (v) = $\frac{54,676947 \text{ ton/jam} \times 100}{69 \text{ ton/jam}}$ = 79 ft/min
 Panjang conveyor dasar = $\frac{50 \text{ ft}}{\cos 5}$ = ft
 Ketinggian conveyor (H) = 50 ft x tan 5 = 50 ft

- Daya Conveyor

P = P horizontal + P vertikal + P empty
 = $(0,4 + L/300) \cdot (W/100) + 0,001 HW + (vk/100)$
 Faktor Koreksi (k) = 0,5

P = P horizontal + P vertikal + P empty
 = 0,31018413 + 2,7443 +
 = 3,45068412 HP
 = 4,60091216 kW

Belt Conveyor (J-221)

Fungsi = Mengangkut produk dari roll heater (J-220) menuju roll cooler (J-230)

Jenis = horizontal belt conveyor
 Bahan Konstruksi = carbon steel
 Jumlah = 1 unit

Kondisi Operasi

Temperatur = 30 C
 Tekanan = 1 atm
 Laju Alir (W) = 54676,7006 kg/jam
 = 54,676701 ton/jam
 Densitas = 1506,97 lb/ft³

Direncanakan (Walas, 1988) :

Jarak Angkut = 50 ft
 = 15,24 m
 Lebar Belt = 18 in
 Angle = 20 derajat
 Inklinasi = 5 derajat
 Slope = 69 untuk 100 ft/min bahan
 Kecepatan = 300 rpm

- Ukuran Conveyor

Velocity (v) = $\frac{54,676701 \text{ ton/jam} \times 100}{69 \text{ ton/jam}}$ = 79 ft/min
 Panjang conveyor desain = $\frac{50 \text{ ft}}{\cos 5}$ = ft
 Ketinggian conveyor (H) = 50 ft x tan 5 = 50 ft

- Daya Conveyor

P = P horizontal + P vertikal + P empty
 = (0,4 + L/300).(W/100) + 0,001 HW + (vk/100)
 Faktor Koreksi (k) = 0,5

P = P horizontal + P vertikal + P empty
 = 0,31018273 + 2,7443 +
 = 3,45066854 HP
 = 4,60089139 kW

Belt Conveyor (J-231)

Fungsi = Mengangkut produk dari roll cooler (J-230) menuju roll heater (J-240)

Jenis = horizontal belt conveyor
 Bahan Konstruksi = carbon steel
 Jumlah = 1 unit

Kondisi Operasi

Temperatur = 30 C
 Tekanan = 1 atm
 Laju Alir (W) = 54452,3192 kg/jam
 = 54,452319 ton/jam
 Densitas = 1500,22 lb/ft³

Direncanakan (Walas, 1988) :

Jarak Angkut = 50 ft
 = 15,24 m
 Lebar Belt = 18 in
 Angle = 20 derajat
 Inklinasi = 5 derajat
 Slope = 69 untuk 100 ft/min bahan
 Kecepatan = 300 rpm

- Ukuran Conveyor

Velocity (v) = $\frac{54,452319 \text{ ton/jam} \times 100}{69 \text{ ton/jam}}$ = 79 ft/min
 Panjang conveyor desain (L) = $\frac{50 \text{ ft}}{\cos 5}$ = ft
 Ketinggian conveyor (H) = $50 \text{ ft} \times \tan 5$ = 50 ft

- Daya Conveyor

P = P horizontal + P vertikal + P empty
 = $(0,4 + L/300) \cdot (W/100) + 0,001 HW + (vk/100)$
 Faktor Koreksi (k) = 0,5

P = P horizontal + P vertikal + P empty
 = 0,30890981 + 2,733 +
 = 3,43650774 HP
 = 4,58201032 kW

Belt Conveyor (J-212)

Fungsi = Mengangkut kain dari storage (F-146) menuju roll coating (J-210)
 Jenis = horizontal belt conveyor

Bahan Konstruksi = carbon steel
 Jumlah = 1 unit

Kondisi Operasi

Temperatur = 30 C
 Tekanan = 1 atm
 Laju Alir (W) = 2280,15845 kg/jam
 2,280158 ton/jam
 Densitas = 7113,5 kg/cum
 = 444,081298 lb/ft³

Direncanakan (Walas, 1988) :

Jarak Angkut = 50 ft
 15,24 m
 Lebar Belt = 18 in
 Angle = 20 derajat
 Inklinasi = 5 derajat
 Slope = 69 untuk 100 ft/min bahan
 Kecepatan = 300 rpm

- Ukuran Conveyor

Velocity (v) = $\frac{2,280158 \text{ ton/jam} \times 100}{69 \text{ ton/jam}}$ = 3 ft/min
 Panjang conveyor desain (L) = $\frac{50 \text{ ft}}{\cos 5}$ = ft
 Ketinggian conveyor (H) = $50 \text{ ft} \times \tan 5$ = 50 ft

- Daya Conveyor

P = P horizontal + P vertikal + P empty
 = (0,4 + L/300).(W/100) + 0,001 HW + (vk/100)
 Faktor Koreksi (k) = 0,5

P = P horizontal + P vertikal + P empty
 = 0,01293541 + 0,1144 +
 = 0,14390172 HP
 = 0,19186895 kW

TABLE 5.5. Belt Conveyor Data^a

(a) Capacity (tons/hr) at 100 ft/min, 100 lb/cuft, and Indicated Slope Angle

45° Troughed Belt				
Belt Width (inch)	0°	10°	20°	30°
14	27.99	33.00	38.40	43.80
16	38.70	45.60	52.50	60.00
18	51.00	60.00	69.00	78.60
20	65.10	76.20	87.90	100.0
24	98.10	114.9	132.0	149.7
30	160.8	187.5	214.8	243.6
36	238.5	277.8	318.0	360.3
42	331.8	385.8	441.3	499.5
48	440.1	511.5	584.4	661.2
54	563.1	654.6	747.9	845.7
60	702.0	815.4	931.2	1053.0
66	856.5	994.2	1134.9	1282.8
72	1026.0	1190.1	1358.4	1535.4

Flat Belt				
Belt width (inches)	5°	10°	20°	30°
14	2.85	6.69	14.01	21.42
16	3.87	9.18	19.05	29.16
18	5.07	11.88	24.90	38.10
20	6.39	15.06	31.50	48.24
24	9.57	22.47	47.10	72.06
30	13.51	36.45	76.32	116.8
36	22.86	53.73	112.6	172.3
42	31.65	74.37	155.9	238.5
48	39.84	90.15	196.2	300.0
54	53.49	125.7	263.4	403.2
60	66.60	156.5	327.9	501.9
66	81.12	190.5	399.6	611.1
72	96.99	238.0	477.9	731.1

^aExample 5.4 utilizes these data. Power = $P_{\text{horizontal}} + P_{\text{vertical}} + P_{\text{empty}}$ (HP), where $P_{\text{horizontal}} = (0.4 + L/300)(W/100)$, $P_{\text{vertical}} = 0.001 HW$, and P_{empty} obtained from part (c), with H = lift (ft), L = horizontal travel (ft), and W = tons/hr.

(a) From Conveyor Equipment Manufacturers Association, 1979; (b) from Stephens-Adamson Mfg. Co., 1954; (c) (Hudson, 1954).

SPEKIFIKASI STORAGE H2O2 (F-144)

Fungsi : untuk menampung bahan baku H2O2 dengan laju alir 11.1996 kg/jam untuk kapasitas penyimpanan selama 2 hari
 Bentuk : Tangki storage dengan tutup bawah dan atas tipe welded flat
 Bahan : Carbon Steel SA - 516 70
 Konstruksi :
 Kondisi : Temperatur 30°C, Pressure 1 atm
 Operasi :
 Komposisi Storage H2O2

Komponen	m (kg/jam)	m (lb/jam)	ρ (lb/ft³)	V (ft³/jam)	BM	kmol/jam	V 2 hari (ft³/jam)
H2O2	11,1996	24,6951	89,7086	0,275282	34	0,3294	13,2135
Total	11,1996	24,6951	89,7086	0,275282		0,3294	13,2135

Perhitungan dimensi storage :

Kapasitas untuk waktu tinggal = 2 hari

$W = wa * 2 \text{ hari}$

$W = 11.1996 * 24 \text{ Jam} * 2 \text{ hari}$

$W = 537,5809 \text{ kg}$

Perancangan Storage NaOH

Volume Bahan = 80% volume total

Volume Ruang Kosong = 20% volume total

Double Welded butt Join

Carbon Steel SA 285 Grade M type C

E = 0,8

C = 1/16 = 0,063 in

Allowable Stress = 13750

$V \text{ total tangki} = Vm/0,8$
 $= 16,51689 \text{ ft}^3$

tinggi silinder tangki = 1,5 * do

Menghitung diameter dan tinggi tangki penampung

$V \text{ silinder} = 0.25 * \pi * d^2 * Ls$

$V \text{ total} = V \text{ silinder}$

$16,51689266 = 1,1775 d^3$

$d^3 = 14,0271$

$do = 2,4117 \text{ ft} = 28,9403 \text{ in}$

$= 0,73509 \text{ m}$

Tinggi silinder tangki = 1.5 * do

tinggi silinder tangki = 1.5 * 0.73

tinggi silinder tangki = 1,102629398 m

Menghitung Tebal bagian tutup bawah

ASME Code, Section VIII, Division 1, 2015

(Pv Elite, 2016)

Required Thickness due to Internal Pressure [tr]:

$$\begin{aligned} &= d \cdot \sqrt{Z \cdot C \cdot P / (S \cdot E)} \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= 0.7351 \cdot \sqrt{1.00 \cdot 0.20 \cdot 0.101 / (137.90 \cdot 1.00)} \\ &= 8.9111 + 3.1750 = 12.0861 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Max. Allowable Working Pressure at given Thickness, corroded [MAWP]:

$$\begin{aligned} &= (t/d)^2 \cdot ((S \cdot E) / (C \cdot Z)) \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= ((8.9250) / 0.7351)^2 \cdot ((137.90 \cdot 1.00) / (0.20 \cdot 1.00)) \\ &= 0.102 \text{ N./sq.mm.} \end{aligned}$$

Maximum Allowable Pressure, New and Cold [MAPNC]:

$$\begin{aligned} &= (t/d)^2 \cdot ((S \cdot E) / (C \cdot Z)) \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= (12.1000 / 0.7351)^2 \cdot ((137.90 \cdot 1.00) / (0.20 \cdot 1.00)) \\ &= 0.187 \text{ N./sq.mm.} \end{aligned}$$

Actual stress at given pressure and thickness, corroded [Sact]:

$$\begin{aligned} &= (Z \cdot C \cdot P) / (((t/d)^2) \cdot E) \\ &= (1.00 \cdot 0.20 \cdot 0.101) / (((8.9250) / 0.7351)^2 \cdot 1.00) \\ &= 137.470 \text{ N./mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi Tebal tebal tutup atas yang dibutuhkan untuk internal pressure yaitu :

12,0861 mm

Menghitung Tebal bagian tutup atas

Allowable stress bahan Carbon Steel SA - 516 70 = 137.9 N/mm²

(Pv Elite, 2016)

Required Thickness due to Internal Pressure [tr]:

$$\begin{aligned} &= d \cdot \sqrt{Z \cdot C \cdot P / (S \cdot E)} \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= 0.7351 \cdot \sqrt{1.00 \cdot 0.20 \cdot 0.101 / (137.90 \cdot 1.00)} \\ &= 8.9111 + 3.1750 = 12.0861 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Max. Allowable Working Pressure at given Thickness, corroded [MAWP]:

$$\begin{aligned} &= (t/d)^2 \cdot ((S \cdot E) / (C \cdot Z)) \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= ((8.9250) / 0.7351)^2 \cdot ((137.90 \cdot 1.00) / (0.20 \cdot 1.00)) \\ &= 0.102 \text{ N./sq.mm.} \end{aligned}$$

Maximum Allowable Pressure, New and Cold [MAPNC]:

$$\begin{aligned} &= (t/d)^2 \cdot ((S \cdot E) / (C \cdot Z)) \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= (12.1000 / 0.7351)^2 \cdot ((137.90 \cdot 1.00) / (0.20 \cdot 1.00)) \\ &= 0.187 \text{ N./sq.mm.} \end{aligned}$$

Actual stress at given pressure and thickness, corroded [Sact]:

$$\begin{aligned} &= (Z \cdot C \cdot P) / (((t/d)^2) \cdot E) \\ &= (1.00 \cdot 0.20 \cdot 0.101) / (((8.9250) / 0.7351)^2 \cdot 1.00) \\ &= 137.470 \text{ N./mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi Tebal tebal tutup atas yang dibutuhkan untuk internal pressure yaitu :

12,0861 mm

Menghitung Tebal silinder

(Pv Elite, 2016)

Required Thickness due to Internal Pressure [tr]:

$$= (P \cdot Ro) / (S \cdot E + 0.4 \cdot P) \text{ per Appendix 1-1 (a)(1)}$$

$$= (0.101 \cdot 0.3675) / (137.90 \cdot 1.00 + 0.4 \cdot 0.101)$$

$$= 0.2700 + 3.1750 = 3.4450 \text{ mm.}$$

Note: The thickness required was less than the Code Minimum, therefore the Code Minimum value of 1.5000 mm. per UG-16 will be used.

Max. Allowable Working Pressure at given Thickness, corroded [MAWP]:

$$= (S \cdot E \cdot t) / (Ro - 0.4 \cdot t) \text{ per Appendix 1-1 (a)(1)}$$

$$= (137.90 \cdot 1.00 \cdot 3.1750) / (0.3675 - 0.4 \cdot 3.1750)$$

$$= 1.195 \text{ N./sq.mm.}$$

Maximum Allowable Pressure, New and Cold [MAPNC]:

$$= (S \cdot E \cdot t) / (Ro - 0.4 \cdot t) \text{ per Appendix 1-1 (a)(1)}$$

$$= (137.90 \cdot 1.00 \cdot 6.3500) / (0.3675 - 0.4 \cdot 6.3500)$$

$$= 2.399 \text{ N./sq.mm.}$$

Actual stress at given pressure and thickness, corroded [Sact]:

$$= (P \cdot (Ro - 0.4 \cdot t)) / (E \cdot t)$$

$$= (0.101 \cdot ((0.3675 - 0.4 \cdot 3.1750))) / (1.00 \cdot 3.1750)$$

$$= 11.689 \text{ N./mm}^2$$

External Pressure Calculations

From	To	Actual T.	Required T.	Des. Press.	M.A.W.P.
		mm.	mm.	N./sq.mm.	N./sq.mm.

Nama
Alat

10	20	12.1000	No Calc	0.10132	No Calc
20	30	6.35000	5.94219	0.10132	0.14350
30	40	12.1000	No Calc	0.10132	No Calc

Tutup Bawah
silinder 1
Tutup Atas

Minimum 0.143

Jadi Tebal Silinder yang dibutuhkan untuk internal pressure yaitu : 3,445 mm

Jadi Tebal Silinder yang dibutuhkan untuk external pressure yaitu : 5,94 mm

Perhitungan Spesifikasi Nozzle Inlet dan Outlet

Pressure for Reinforcement Calculations	P	0.1013 N./sq.mm.
Temperature for Internal Pressure	Temp	40 °C
Design External Pressure	Pext	0.10 N./sq.mm.
Temperature for External Pressure	Tempex	40 °C

Shell Material	SA-516 70
Shell Allowable Stress at Temperature	Sv 137.90 N./mm ²
Shell Allowable Stress At Ambient	Sva 137.90 N./mm ²

Inside Diameter of Cylindrical Shell	D 27.5222 m.
--------------------------------------	--------------

Design Length of Section L 41.6076 m.
 Shell Finished (Minimum) Thickness t 108.1000 mm.
 Shell Internal Corrosion Allowance c 3.1750 mm.
 Shell External Corrosion Allowance co 0.0000 mm.

 Distance from Bottom/Left Tangent 1.3396 m.

 User Entered Minimum Design Metal Temperature 10.00 °C

Type of Element Connected to the Shell : Nozzle

Material SA-106 B
 Material UNS Number K03006
 Material Specification/Type Smls. pipe
 Allowable Stress at Temperature Sn 117.90 N./mm²
 Allowable Stress At Ambient Sna 117.90 N./mm²

Diameter Basis (for tr calc only) OD
 Layout Angle 0.00 deg
 Diameter 10.0000 in.

Size and Thickness Basis Actual
 Actual Thickness tn 100.0000 mm.

Flange Material SA-105
 Flange Type Weld Neck Flange

Corrosion Allowance can 4.0000 mm.
 Joint Efficiency of Shell Seam at Nozzle E1 1.00
 Joint Efficiency of Nozzle Neck En 1.00

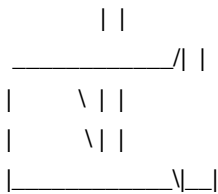
Outside Projection ho 500.0000 mm.
 Weld leg size between Nozzle and Pad/Shell Wo 9.5250 mm.
 Groove weld depth between Nozzle and Vessel Wg_{nv} 108.1000 mm.
 Inside Projection h 0.0000 mm.
 Weld leg size, Inside Element to Shell Wi 0.0000 mm.
 ASME Code Weld Type per UW-16 None

Class of attached Flange 150
 Grade of attached Flange GR 1.1

The Pressure Design option was Design Pressure + static head.

Nozzle Sketch (may not represent actual weld type/configuration)

| |
 | |
 | |



Insert/Set-in Nozzle No Pad, no Inside projection

Reinforcement CALCULATION, Description: Outlet Storage

ASME Code, Section VIII, Div. 1, 2015, UG-37 to UG-45

Actual Outside Diameter Used in Calculation 10.000 in.
 Actual Thickness Used in Calculation 3.937 in.

Note: Post Weld Heat Treating is required for this Nozzle Geometry!

Nozzle input data check completed without errors.

Reqd thk per UG-37(a) of Cylindrical Shell, Tr [Int. Press]
 = $(P \cdot R) / (S_v \cdot E - 0.6 \cdot P)$ per UG-27 (c)(1)
 = $(0.10 \cdot 13.7643) / (138 \cdot 1.00 - 0.6 \cdot 0.10)$
 = 10.1181 mm.

Reqd thk per App. 1 of Nozzle Wall, Trn [Int. Press]
 = $R_o(1 - \exp(-P / (S_n \cdot E)))$ per Appendix 1-2 (a)(1)
 = $0.127(1 - \exp(-0.10 / (117.90 \cdot 1.00)))$
 = 0.1091 mm.

Required Nozzle thickness under External Pressure per UG-28 : 1.0698 mm.

UG-40, Limits of Reinforcement : [External Pressure]

Parallel to Vessel Wall (Diameter Limit) DI 0.4638 m.
 Parallel to Vessel Wall Rn+tn+t 0.2319 m.
 Normal to Vessel Wall (Thickness Limit), no pad Tlnp 240.0000 mm.

Weld Strength Reduction Factor [fr1]:
 = $\min(1, S_n / S_v)$
 = $\min(1, 117.9 / 137.9)$
 = 0.855

Weld Strength Reduction Factor [fr2]:
 = $\min(1, S_n / S_v)$
 = $\min(1, 117.9 / 137.9)$
 = 0.855

Weld Strength Reduction Factor [fr3]:
 = $\min(fr2, fr4)$

$$= \min(0.855, 1.000)$$

$$= 0.855$$

Results of Nozzle Reinforcement Area Calculations: (m²)

AREA AVAILABLE, A1 to A5	Design	External	Mapnc

Area Required	Ar	NA	0.005
Area in Shell	A1	NA	0.000
Area in Nozzle Wall	A2	NA	0.039
Area in Inward Nozzle	A3	NA	0.000
Area in Welds	A41+A42+A43	NA	0.000
Area in Element	A5	NA	0.000
TOTAL AREA AVAILABLE	Atot	NA	0.039

Nozzle Angle Used in Area Calculations 90.00 Degs.

The area available without a pad is Sufficient.

Area Required [A]:

$$= 0.5(d \cdot tr \cdot F + 2 \cdot tn \cdot tr \cdot F(1 - fr1)) \text{ per UG-37(d)}$$

$$= 0.5(0.0620 \cdot 104.4186 \cdot 1 + 2 \cdot 96.0000 \cdot 104.4186 \cdot 1(1 - 0.86))$$

$$= 0.005 \text{ m}^2$$

Reinforcement Areas per Figure UG-37.1

Area Available in Shell [A1]:

$$= d(E1 \cdot t - F \cdot tr) - 2 \cdot tn(E1 \cdot t - F \cdot tr) \cdot (1 - fr1)$$

$$= 0.402(1.00 \cdot 104.9250 - 1.0 \cdot 104.419) - 2 \cdot 96.000$$

$$(1.00 \cdot 104.9250 - 1.0 \cdot 104.4186) \cdot (1 - 0.855)$$

$$= 0.000 \text{ m}^2$$

Area Available in Nozzle Projecting Outward [A2]:

$$= (2 \cdot tlnp) \cdot (tn - trn) \cdot fr2$$

$$= (2 \cdot 240.00) \cdot (96.00 - 1.07) \cdot 0.8550$$

$$= 0.039 \text{ m}^2$$

Area Available in Inward Weld + Outward Weld [A41 + A43]:

$$= Wo^2 \cdot fr2 + (Wi - can/0.707)^2 \cdot fr2$$

$$= 9.5250^2 \cdot 0.8550 + (0.0000)^2 \cdot 0.8550$$

$$= 0.000 \text{ m}^2$$

UG-45 Minimum Nozzle Neck Thickness Requirement: [Int. Press.]

Wall Thickness for Internal/External pressures $t_a = 5.0698 \text{ mm}$.

Wall Thickness per UG16(b), $tr_{16b} = 5.5000 \text{ mm}$.

Wall Thickness, shell/head, internal pressure $tr_{b1} = 13.2931 \text{ mm}$.

Wall Thickness $tb1 = \max(tr_{b1}, tr_{16b}) = 13.2931 \text{ mm}$.

Wall Thickness, shell/head, external pressure $tr_{b2} = 13.2931 \text{ mm}$.

Wall Thickness $tb2 = \max(trb2, tr16b) = 13.2931$ mm.
Wall Thickness per table UG-45 $tb3 = 12.1026$ mm.

Determine Nozzle Thickness candidate [tb]:
= $\min[tb3, \max(tb1, tb2)]$
= $\min[12.103, \max(13.2931, 13.2931)]$
= 12.1026 mm.

Minimum Wall Thickness of Nozzle Necks [tUG-45]:
= $\max(ta, tb)$
= $\max(5.0698, 12.1026)$
= 12.1026 mm.

Available Nozzle Neck Thickness = 100.0000 mm. --> OK

Nozzle Junction Minimum Design Metal Temperature (MDMT) Calculations:

MDMT of the Nozzle Neck to Flange Weld, Curve: B

Govrn. thk, $tg = 100.000$, $tr = 0.109$, $c = 4.0000$ mm. , $E^* = 1.00$
Stress Ratio = $tr * (E^*) / (tg - c) = 0.001$, Temp. Reduction = 78 °C

Min Metal Temp. w/o impact per UCS-66, Curve B 32 °C
Min Metal Temp. at Required thickness (UCS 66.1) -46 °C

MDMT of Nozzle-Shell/Head Weld for the Nozzle (UCS-66(a)1(b)), Curve: B

Govrn. thk, $tg = 100.000$, $tr = 0.109$, $c = 4.0000$ mm. , $E^* = 1.00$
Stress Ratio = $tr * (E^*) / (tg - c) = 0.001$, Temp. Reduction = 78 °C

Min Metal Temp. w/o impact per UCS-66, Curve B 32 °C
Min Metal Temp. at Required thickness (UCS 66.1) -46 °C

Governing MDMT of all the sub-joints of this Junction : -46 °C

ANSI Flange MDMT including Temperature reduction per UCS-66.1:

Unadjusted MDMT of ANSI B16.5/47 flanges per UCS-66(c) -29 °C
Flange MDMT with Temp reduction per UCS-66(b)(1)(b) -104 °C
Flange MDMT with Temp reduction per UCS-66(b)(1)(c) -104 °C

Where the Stress Reduction Ratio per UCS-66(b)(1)(b) is :
Design Pressure/Ambient Rating = $0.10/1.96 = 0.052$

Note: Using the minimum value from (b)(1)(b) and (b)(1)(c) above
as the calculated nozzle flange MDMT.

Nozzle Calculations per App. 1-10: Internal Pressure Case:

Thickness of Nozzle [tn]:

$$\begin{aligned} &= \text{thickness} - \text{corrosion allowance} \\ &= 100.000 - 4.000 \\ &= 96.000 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Effective Pressure Radius [Reff]:

$$\begin{aligned} &= Di/2 + \text{corrosion allowance} \\ &= 27.522/2 + 3.175 \\ &= 13.764 \text{ m.} \end{aligned}$$

Effective Length of Vessel Wall [LR]:

$$\begin{aligned} &= 8 * t \\ &= 8 * 104.925 \\ &= 0.839 \text{ m.} \end{aligned}$$

Thickness Limit Candidate [LH1]:

$$\begin{aligned} &= t + 0.78 * \text{sqrt}(Rn * tn) \\ &= 104.925 + 0.78 * \text{sqrt}(0.031 * 96.000) \\ &= 147.476 \text{ m.} \end{aligned}$$

Thickness Limit Candidate [LH2]:

$$\begin{aligned} &= Lpr1 + T \\ &= 500.000 + 104.925 \\ &= 604.925 \text{ m.} \end{aligned}$$

Thickness Limit Candidate [LH3]:

$$\begin{aligned} &= 8(t + te) \\ &= 8(104.925 + 0.000) \\ &= 839.400 \text{ m.} \end{aligned}$$

Effective Nozzle Wall Length Outside the Vessel [LH]:

$$\begin{aligned} &= \text{min}[LH1, LH2, LH3] \\ &= \text{min}[147.476 , 604.925 , 839.400) \\ &= 147.476 \text{ m.} \end{aligned}$$

Effective Vessel Thickness [teff]:

$$\begin{aligned} &= t \\ &= 104.925 \text{ m.} \end{aligned}$$

Determine Parameter [Lamda]:

$$\begin{aligned} &= \text{min}(10, (Dn + Tn) / (\text{sqrt}((Di + teff) * teff))) \\ &= \text{min}(10, (62.00 + 96.000) / (\text{sqrt}((27.53 + 104.925) * 104.925))) \\ &= 0.093 \end{aligned}$$

Compute Areas A1-A43 (No Pad) or A1-A5 (With Pad) :

Area Contributed by the Vessel Wall [A1]:

$$\begin{aligned} &= t * LR * \max(\text{Lamda}/4, 1) \\ &= 104.925 * 839.400 * \max(0.093/4, 1) \\ &= 0.088 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Area Contributed by the Nozzle Outside the Vessel Wall [A2]:

$$\begin{aligned} &= t_n * LH \\ &= 96.000 * 147.476 \\ &= 0.014 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Area Contributed by the Outside Fillet Weld [A41]:

$$\begin{aligned} &= 0.5 * \text{Leg}^2 \\ &= 0.5 * 9.525^2 \\ &= 0.000 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

The total area contributed by A1 through A43 [AT]:

$$\begin{aligned} &= A1 + \text{frn}(A2 + A3) + A41 + A42 + A43 \\ &= 0.088 + 1.000(0.014 + 0.000) + 0.000 + 0.000 + 0.000 \\ &= 0.102 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Allowable Local Primary Membrane Stress [Sallow]:

$$\begin{aligned} &= 1.5 * S * E \\ &= 1.5 * 137.900 * 1.000 \\ &= 206.9 \text{ N./mm}^2 \end{aligned}$$

Determine Force acting on the Nozzle [fN]:

$$\begin{aligned} &= P * R_n(LH - t) \\ &= 0.101 * 0.031 (147.476 - 104.925) \\ &= 133.6 \text{ N.} \end{aligned}$$

Determine Force acting on the Shell [fS]:

$$\begin{aligned} &= P * R_{eff}(LR + t_n) \\ &= 0.101 * 13.764 (839.400 + 96.000) \\ &= 1304458.9 \text{ N.} \end{aligned}$$

Discontinuity Force from Internal Pressure [fY]:

$$\begin{aligned} &= P * R_{eff} * R_{nc} \\ &= 0.101 * 13.764 * 0.031 \\ &= 43230.9 \text{ N.} \end{aligned}$$

Area Resisting Internal Pressure [Ap]:

$$\begin{aligned} &= R_n(LH - t) + R_{eff}(LR + t_n + R_{nc}) \\ &= 0.031 (0.147 - 104.925) + 13.764 (0.839 + 96.000 + 0.031) \\ &= 13.3 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Maximum Allowable Working Pressure Candidate [Pmax1]:

$$\begin{aligned}
&= Sallow / (2 * Ap/AT - Rxs/teff) \\
&= 206.850 / (2 * 13.300 / 0.102 - 13.764 / 104.925) \\
&= 1.6 \text{ N./sq.mm.}
\end{aligned}$$

Maximum Allowable Working Pressure Candidate [Pmax2]:

$$\begin{aligned}
&= S[t/Reff] \\
&= 137.900 [104.925/13.764] \\
&= 1.1 \text{ N./sq.mm.}
\end{aligned}$$

Maximum Allowable Working Pressure [Pmax]:

$$\begin{aligned}
&= \min(Pmax1, Pmax2) \\
&= \min(1.604 , 1.051) \\
&= 1.051 \text{ N./sq.mm.}
\end{aligned}$$

Average Primary Membrane Stress [SigmaAvg]:

$$\begin{aligned}
&= (fN + fS + fY) / AT \\
&= (133.645 + 1304459 + 43230.941) / 0.102 \\
&= 13.179 \text{ N./mm}^2
\end{aligned}$$

General Primary Membrane Stress [SigmaCirc]:

$$\begin{aligned}
&= P * Reff / teff \\
&= 0.101 * 13.764 / 104.925 \\
&= 13.3 \text{ N./mm}^2
\end{aligned}$$

Maximum Local Primary Membrane Stress [PL]:

$$\begin{aligned}
&= \max(2 * SigmaAvg - SigmaCirc, SigmaCirc) \\
&= \max(2 * 13.179 - 13.292 , 13.292) \\
&= 13.3 \text{ N./mm}^2
\end{aligned}$$

Summary of Nozzle Pressure/Stress Results:

Allowed Local Primary Membrane Stress	Sallow	206.85	N./mm ²
Local Primary Membrane Stress	PL	13.29	N./mm ²
Maximum Allowable Working Pressure	Pmax	1.05	N./sq.mm.

Strength of Nozzle Attachment Welds per 1-10 and U-2(g)

Discontinuity Force Factor [ky]:

$$\begin{aligned}
&= (Rnc + tn) / Rnc \\
&= (31.000 + 96.000) / 31.000 \\
&= 4.097 \text{ For set-in Nozzles}
\end{aligned}$$

Weld Length of Nozzle to Shell Weld [Ltau]:

$$\begin{aligned}
&= \pi / 2 * (Rn + tn) \\
&= \pi / 2 * (31.000 + 96.000) \\
&= 199.491 \text{ mm.}
\end{aligned}$$

Weld Throat Dimensions, (0.7071*Leg Dimensions) [L41T, L42T, L43T]:

$$= 6.735, 0.000, 0.000, \text{ mm.}$$

Weld Load Value [fwelds]:

$$\begin{aligned} &= \min(f_y * k_y, 1.5 * S_n(A_2 + A_3), \pi/4 * P * R_n^2 * k_y^2) \\ &= \min(43231 * 4.10, 1.5 * 117.9(0.014 + 0.000), \pi/4 * 0.1 * 0.03^2 * 4.10^2) \\ &= 1283.444 \text{ N.} \end{aligned}$$

Weld Stress Value [tau]:

$$\begin{aligned} &= \text{fwelds} / (L_{\text{tau}}(0.49 * L_{41T} + 0.6 * t_{w1} + 0.49 * L_{43T})) \\ &= 1283.444 / (199.491 (0.49 * 6.735 + 0.6 * 104.925 + 0.49 * 0.000)) \\ &= 0.097 < \text{or} = \text{to } 137.900 \text{ Weld Size is OK} \end{aligned}$$

Weld Size Calculations, Description: Outlet Storage

Intermediate Calc. for nozzle/shell Welds $T_{\text{min}} = 19.0000 \text{ mm.}$

Results Per UW-16.1:

	Required Thickness	Actual Thickness
Nozzle Weld	6.0000 = Min per Code 6.7342 = 0.7 * W_o	mm.

Maximum Allowable Pressure for this Nozzle at this Location:

Converged Max. Allow. Pressure in Operating case 1.0464 N./sq.mm.

Note: The MAWP of this junction was limited by the parent Shell/Head.

Nozzle is O.K. for the External Pressure 0.101 N./sq.mm.

The Drop for this Nozzle is : 0.5860 mm.

The Cut Length for this Nozzle is, Drop + $H_o + H + T$: 608.6864 mm.

PV Elite is a trademark of Intergraph CADWorx & Analysis Solutions, Inc. 2016

Perhitungan Nozzle Inlet

Pressure for Reinforcement Calculations $P = 0.1013 \text{ N./sq.mm.}$

Temperature for Internal Pressure $\text{Temp} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$

Design External Pressure $P_{\text{ext}} = 0.10 \text{ N./sq.mm.}$

Temperature for External Pressure $\text{Tempex} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$

Shell Material SA-516 70

Shell Allowable Stress at Temperature $S_v = 137.90 \text{ N./mm}^2$

Shell Allowable Stress At Ambient $S_{va} = 137.90 \text{ N./mm}^2$

Inside Diameter of Cylindrical Shell $D = 0.7224 \text{ m.}$

Design Length of Section $L = 1.1026 \text{ m.}$

Shell Finished (Minimum) Thickness $t = 6.3500 \text{ mm.}$

Shell Internal Corrosion Allowance $c = 3.1750 \text{ mm.}$

Shell External Corrosion Allowance $c_o = 0.0000 \text{ mm.}$

Distance from Bottom/Left Tangent 1.0121 m.

User Entered Minimum Design Metal Temperature 10.00 °C

Type of Element Connected to the Shell : Nozzle

Material SA-106 B
Material UNS Number K03006
Material Specification/Type Smls. pipe
Allowable Stress at Temperature Sn 117.90 N./mm²
Allowable Stress At Ambient Sna 117.90 N./mm²

Diameter Basis (for tr calc only) ID
Layout Angle 180.00 deg
Diameter 6.0000 in.

Size and Thickness Basis Actual
Actual Thickness tn 10.0000 mm.

Flange Material SA-105
Flange Type Weld Neck Flange

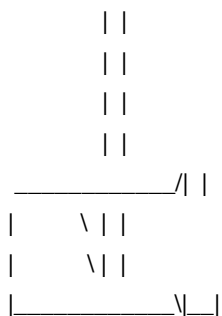
Corrosion Allowance can 3.1750 mm.
Joint Efficiency of Shell Seam at Nozzle E1 1.00
Joint Efficiency of Nozzle Neck En 1.00

Outside Projection ho 152.4000 mm.
Weld leg size between Nozzle and Pad/Shell Wo 9.5250 mm.
Groove weld depth between Nozzle and Vessel Wgnv 6.3500 mm.
Inside Projection h 0.0000 mm.
Weld leg size, Inside Element to Shell Wi 0.0000 mm.
ASME Code Weld Type per UW-16 None

Class of attached Flange 150
Grade of attached Flange GR 1.1

The Pressure Design option was Design Pressure + static head.

Nozzle Sketch (may not represent actual weld type/configuration)



Insert/Set-in Nozzle No Pad, no Inside projection

Reinforcement CALCULATION, Description: Nozzle Inlet

ASME Code, Section VIII, Div. 1, 2015, UG-37 to UG-45

Actual Inside Diameter Used in Calculation 6.000 in.
Actual Thickness Used in Calculation 0.394 in.

Nozzle input data check completed without errors.

Reqd thk per UG-37(a) of Cylindrical Shell, Tr [Int. Press]
= $(P \cdot R) / (S_v \cdot E - 0.6 \cdot P)$ per UG-27 (c)(1)
= $(0.10 \cdot 0.3644) / (138 \cdot 1.00 - 0.6 \cdot 0.10)$
= 0.2678 mm.

Reqd thk per UG-37(a) of Nozzle Wall, Trn [Int. Press]
= $(P \cdot R) / (S_n \cdot E - 0.6 \cdot P)$ per UG-27 (c)(1)
= $(0.10 \cdot 0.08) / (118 \cdot 1.00 - 0.6 \cdot 0.10)$
= 0.0682 mm.

Required Nozzle thickness under External Pressure per UG-28 : 0.5194 mm.

UG-40, Limits of Reinforcement : [External Pressure]

Parallel to Vessel Wall (Diameter Limit) DI 0.3175 m.
Parallel to Vessel Wall, opening length d 0.1587 m.
Normal to Vessel Wall (Thickness Limit), no pad T_{inp} 7.9375 mm.

Weld Strength Reduction Factor [fr1]:
= $\min(1, S_n / S_v)$
= $\min(1, 117.9 / 137.9)$
= 0.855

Weld Strength Reduction Factor [fr2]:
= $\min(1, S_n / S_v)$
= $\min(1, 117.9 / 137.9)$
= 0.855

Weld Strength Reduction Factor [fr3]:
= $\min(fr2, fr4)$
= $\min(0.855, 1.000)$
= 0.855

Results of Nozzle Reinforcement Area Calculations: (m²)

AREA AVAILABLE, A1 to A5	|	Design|	External|	Mapnc|

Area Required	Ar |	NA|	0.000|	NA|

Area in Shell	A1 |	NA|	0.000|	NA|
Area in Nozzle Wall	A2 |	NA|	0.000|	NA|
Area in Inward Nozzle	A3 |	NA|	0.000|	NA|
Area in Welds	A41+A42+A43 |	NA|	0.000|	NA|
Area in Element	A5 |	NA|	0.000|	NA|
TOTAL AREA AVAILABLE	Atot |	NA|	0.000|	NA|

Nozzle Angle Used in Area Calculations 90.00 Degs.

The area available without a pad is Sufficient.

Area Required [A]:

$$\begin{aligned}
 &= 0.5(d * tr * F + 2 * tn * tr * F(1-fr1)) \text{ per UG-37(d)} \\
 &= 0.5(0.1587 * 2.7672 * 1 + 2 * 6.8250 * 2.7672 * 1(1-0.86)) \\
 &= 0.000 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Reinforcement Areas per Figure UG-37.1

Area Available in Shell [A1]:

$$\begin{aligned}
 &= d(E1 * t - F * tr) - 2 * tn(E1 * t - F * tr) * (1 - fr1) \\
 &= 0.159 (1.00 * 3.1750 - 1.0 * 2.767) - 2 * 6.825 \\
 &\quad (1.00 * 3.1750 - 1.0 * 2.7672) * (1 - 0.855) \\
 &= 0.000 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Available in Nozzle Projecting Outward [A2]:

$$\begin{aligned}
 &= (2 * tlnp) * (tn - trn) * fr2 \\
 &= (2 * 7.94) * (6.82 - 0.52) * 0.8550 \\
 &= 0.000 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Area Available in Inward Weld + Outward Weld [A41 + A43]:

$$\begin{aligned}
 &= (Wo^2 - \text{Area Lost}) * fr2 + ((Wi-\text{can}/0.707)^2 - \text{Area Lost}) * fr2 \\
 &= (9.5250^2 - 0.0000) * 0.8550 + (0.0000^2 - 0.0000) * 0.8550 \\
 &= 0.000 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

UG-45 Minimum Nozzle Neck Thickness Requirement: [Int. Press.]

Wall Thickness for Internal/External pressures $t_a = 3.6944 \text{ mm}$.

Wall Thickness per UG16(b), $tr_{16b} = 4.6750 \text{ mm}$.

Wall Thickness, shell/head, internal pressure $tr_{b1} = 3.4428 \text{ mm}$.

Wall Thickness $tb_1 = \max(tr_{b1}, tr_{16b}) = 4.6750 \text{ mm}$.

Wall Thickness, shell/head, external pressure $tr_{b2} = 3.4428 \text{ mm}$.

Wall Thickness $tb_2 = \max(tr_{b2}, tr_{16b}) = 4.6750 \text{ mm}$.

Wall Thickness per table UG-45 $tb_3 = 10.3350 \text{ mm}$.

Determine Nozzle Thickness candidate [tb]:

$$\begin{aligned}
 &= \min[tb_3, \max(tb_1, tb_2)] \\
 &= \min[10.335 , \max(4.6750 , 4.6750)] \\
 &= 4.6750 \text{ mm}.
 \end{aligned}$$

Minimum Wall Thickness of Nozzle Necks [tUG-45]:

$$\begin{aligned} &= \max(t_a, t_b) \\ &= \max(3.6944 , 4.6750) \\ &= 4.6750 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Available Nozzle Neck Thickness = 10.0000 mm. --> OK

Nozzle Junction Minimum Design Metal Temperature (MDMT) Calculations:

MDMT of the Nozzle Neck to Flange Weld, Curve: B

Govrn. thk, $t_g = 10.000$, $t_r = 0.068$, $c = 3.1750$ mm. , $E^* = 1.00$
Stress Ratio = $t_r * (E^*) / (t_g - c) = 0.010$, Temp. Reduction = 78 °C

Min Metal Temp. w/o impact per UCS-66, Curve B -29 °C
Min Metal Temp. at Required thickness (UCS 66.1) -104 °C

MDMT of Nozzle-Shell/Head Weld for the Nozzle (UCS-66(a)1(b)), Curve: B

Govrn. thk, $t_g = 6.350$, $t_r = 0.268$, $c = 3.1750$ mm. , $E^* = 1.00$
Stress Ratio = $t_r * (E^*) / (t_g - c) = 0.084$, Temp. Reduction = 78 °C

Min Metal Temp. w/o impact per UCS-66, Curve B -29 °C
Min Metal Temp. at Required thickness (UCS 66.1) -104 °C

Governing MDMT of all the sub-joints of this Junction : -104 °C

ANSI Flange MDMT including Temperature reduction per UCS-66.1:

Unadjusted MDMT of ANSI B16.5/47 flanges per UCS-66(c) -29 °C
Flange MDMT with Temp reduction per UCS-66(b)(1)(b) -104 °C
Flange MDMT with Temp reduction per UCS-66(b)(1)(c) -104 °C

Where the Stress Reduction Ratio per UCS-66(b)(1)(b) is :

$$\text{Design Pressure/Ambient Rating} = 0.10/1.96 = 0.052$$

*Note: Using the minimum value from (b)(1)(b) and (b)(1)(c) above
as the calculated nozzle flange MDMT.*

Nozzle Calculations per App. 1-10: Internal Pressure Case:

Thickness of Nozzle [tn]:

$$\begin{aligned} &= \text{thickness} - \text{corrosion allowance} \\ &= 10.000 - 3.175 \\ &= 6.825 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Effective Pressure Radius [Reff]:

$$\begin{aligned}
&= D_i/2 + \text{corrosion allowance} \\
&= 0.722/2 + 3.175 \\
&= 0.364 \text{ m.}
\end{aligned}$$

Effective Length of Vessel Wall [LR]:

$$\begin{aligned}
&= 8 * t \\
&= 8 * 3.175 \\
&= 0.025 \text{ m.}
\end{aligned}$$

Thickness Limit Candidate [LH1]:

$$\begin{aligned}
&= t + 0.78 * \text{sqrt}(R_n * t_n) \\
&= 3.175 + 0.78 * \text{sqrt}(0.079 * 6.825) \\
&= 21.330 \text{ m.}
\end{aligned}$$

Thickness Limit Candidate [LH2]:

$$\begin{aligned}
&= L_{pr1} + T \\
&= 152.400 + 3.175 \\
&= 155.575 \text{ m.}
\end{aligned}$$

Thickness Limit Candidate [LH3]:

$$\begin{aligned}
&= 8(t + t_e) \\
&= 8(3.175 + 0.000) \\
&= 25.400 \text{ m.}
\end{aligned}$$

Effective Nozzle Wall Length Outside the Vessel [LH]:

$$\begin{aligned}
&= \text{min}[LH1, LH2, LH3] \\
&= \text{min}[21.330 , 155.575 , 25.400) \\
&= 21.330 \text{ m.}
\end{aligned}$$

Effective Vessel Thickness [teff]:

$$\begin{aligned}
&= t \\
&= 3.175 \text{ m.}
\end{aligned}$$

Determine Parameter [Lamda]:

$$\begin{aligned}
&= \text{min}(10, (D_n + T_n) / (\text{sqrt}((D_i + t_{eff}) * t_{eff}))) \\
&= \text{min}(10, (158.75 + 6.825) / (\text{sqrt}((0.73 + 3.175) * 3.175))) \\
&= 3.435
\end{aligned}$$

Compute Areas A1-A43 (No Pad) or A1-A5 (With Pad) :

Area Contributed by the Vessel Wall [A1]:

$$\begin{aligned}
&= t * LR * \text{max}(\text{Lamda}/4, 1) \\
&= 3.175 * 25.400 * \text{max}(3.435/4, 1) \\
&= 0.000 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

Area Contributed by the Nozzle Outside the Vessel Wall [A2]:

$$\begin{aligned}
&= t_n * LH \\
&= 6.825 * 21.330
\end{aligned}$$

$$= 0.000 \text{ m}^2$$

Area Contributed by the Outside Fillet Weld [A41]:

$$= 0.5 * \text{Leg}^2$$

$$= 0.5 * 9.525^2$$

$$= 0.000 \text{ m}^2$$

The total area contributed by A1 through A43 [AT]:

$$= A1 + \text{fn}(A2 + A3) + A41 + A42 + A43$$

$$= 0.000 + 1.000(0.000 + 0.000) + 0.000 + 0.000 + 0.000$$

$$= 0.000 \text{ m}^2$$

Allowable Local Primary Membrane Stress [Sallow]:

$$= 1.5 * S * E$$

$$= 1.5 * 137.900 * 1.000$$

$$= 206.9 \text{ N./mm}^2$$

Determine Force acting on the Nozzle [fN]:

$$= P * Rn(LH - t)$$

$$= 0.101 * 0.079 (21.330 - 3.175)$$

$$= 146.0 \text{ N.}$$

Determine Force acting on the Shell [fS]:

$$= P * \text{Reff}(LR + tn)$$

$$= 0.101 * 0.364 (25.400 + 6.825)$$

$$= 1189.6 \text{ N.}$$

Discontinuity Force from Internal Pressure [fY]:

$$= P * \text{Reff} * Rnc$$

$$= 0.101 * 0.364 * 0.079$$

$$= 2930.2 \text{ N.}$$

Area Resisting Internal Pressure [Ap]:

$$= Rn(LH - t) + \text{Reff}(LR + tn + Rnc)$$

$$= 0.079 (0.021 - 3.175) + 0.364 (0.025 + 6.825 + 0.079)$$

$$= 0.0 \text{ m}^2$$

Maximum Allowable Working Pressure Candidate [Pmax1]:

$$= \text{Sallow} / (2 * Ap/AT - Rxs/\text{teff})$$

$$= 206.850 / (2 * 0.042/0.000 - 0.364/3.175)$$

$$= 1.1 \text{ N./sq.mm.}$$

Maximum Allowable Working Pressure Candidate [Pmax2]:

$$= S[\text{t}/\text{Reff}]$$

$$= 137.900 [3.175/0.364]$$

$$= 1.2 \text{ N./sq.mm.}$$

Maximum Allowable Working Pressure [Pmax]:

$$\begin{aligned}
&= \min(P_{\max 1}, P_{\max 2}) \\
&= \min(1.059 , 1.202) \\
&= 1.059 \text{ N./sq.mm.}
\end{aligned}$$

Average Primary Membrane Stress [σ_{Avg}]:

$$\begin{aligned}
&= (f_N + f_S + f_Y) / A_T \\
&= (145.999 + 1189.632 + 2930.243) / 0.000 \\
&= 15.709 \text{ N./mm}^2
\end{aligned}$$

General Primary Membrane Stress [σ_{Circ}]:

$$\begin{aligned}
&= P * R_{\text{eff}} / t_{\text{eff}} \\
&= 0.101 * 0.364 / 3.175 \\
&= 11.6 \text{ N./mm}^2
\end{aligned}$$

Maximum Local Primary Membrane Stress [PL]:

$$\begin{aligned}
&= \max(2 * \sigma_{\text{Avg}} - \sigma_{\text{Circ}}, \sigma_{\text{Circ}}) \\
&= \max(2 * 15.709 - 11.628 , 11.628) \\
&= 19.8 \text{ N./mm}^2
\end{aligned}$$

Summary of Nozzle Pressure/Stress Results:

Allowed Local Primary Membrane Stress	Sallow	206.85 N./mm ²
Local Primary Membrane Stress	PL	19.79 N./mm ²
Maximum Allowable Working Pressure	Pmax	1.06 N./sq.mm.

Strength of Nozzle Attachment Welds per 1-10 and U-2(g)

Discontinuity Force Factor [ky]:

$$\begin{aligned}
&= (R_{nc} + t_n) / R_{nc} \\
&= (79.375 + 6.825) / 79.375 \\
&= 1.086 \text{ For set-in Nozzles}
\end{aligned}$$

Weld Length of Nozzle to Shell Weld [Ltau]:

$$\begin{aligned}
&= \pi / 2 * (R_n + t_n) \\
&= \pi / 2 * (79.375 + 6.825) \\
&= 135.403 \text{ mm.}
\end{aligned}$$

Weld Throat Dimensions, (0.7071*Leg Dimensions) [L41T, L42T, L43T]:

$$= 6.735, 0.000, 0.000, \text{ mm.}$$

Weld Load Value [fwelds]:

$$\begin{aligned}
&= \min(f_y * k_y, 1.5 * S_n(A_2 + A_3), \pi / 4 * P * R_n^2 * k_y^2) \\
&= \min(2930 * 1.09, 1.5 * 117.9(0.000 + 0.000), \pi / 4 * 0.1 * 0.08^2 * 1.09^2) \\
&= 591.268 \text{ N.}
\end{aligned}$$

Weld Stress Value [tau]:

$$\begin{aligned}
&= f_{\text{welds}} / (L_{\text{tau}}(0.49 * L_{41T} + 0.6 * t_{w1} + 0.49 * L_{43T})) \\
&= 591.268 / (135.403(0.49 * 6.735 + 0.6 * 3.175 + 0.49 * 0.000)) \\
&= 0.839 < \text{ or } = \text{ to } 137.900 \text{ Weld Size is OK}
\end{aligned}$$

Weld Size Calculations, Description: Nozzle Inlet

Intermediate Calc. for nozzle/shell Welds $t_{min} = 3.1750 \text{ mm.}$

Results Per UW-16.1:

Required Thickness Actual Thickness

Nozzle Weld $2.2225 = 0.7 * t_{min}.$ $6.7342 = 0.7 * W_o \text{ mm.}$

Maximum Allowable Pressure for this Nozzle at this Location:

Converged Max. Allow. Pressure in Operating case 1.0590 N./sq.mm.

Nozzle is O.K. for the External Pressure 0.101 N./sq.mm.

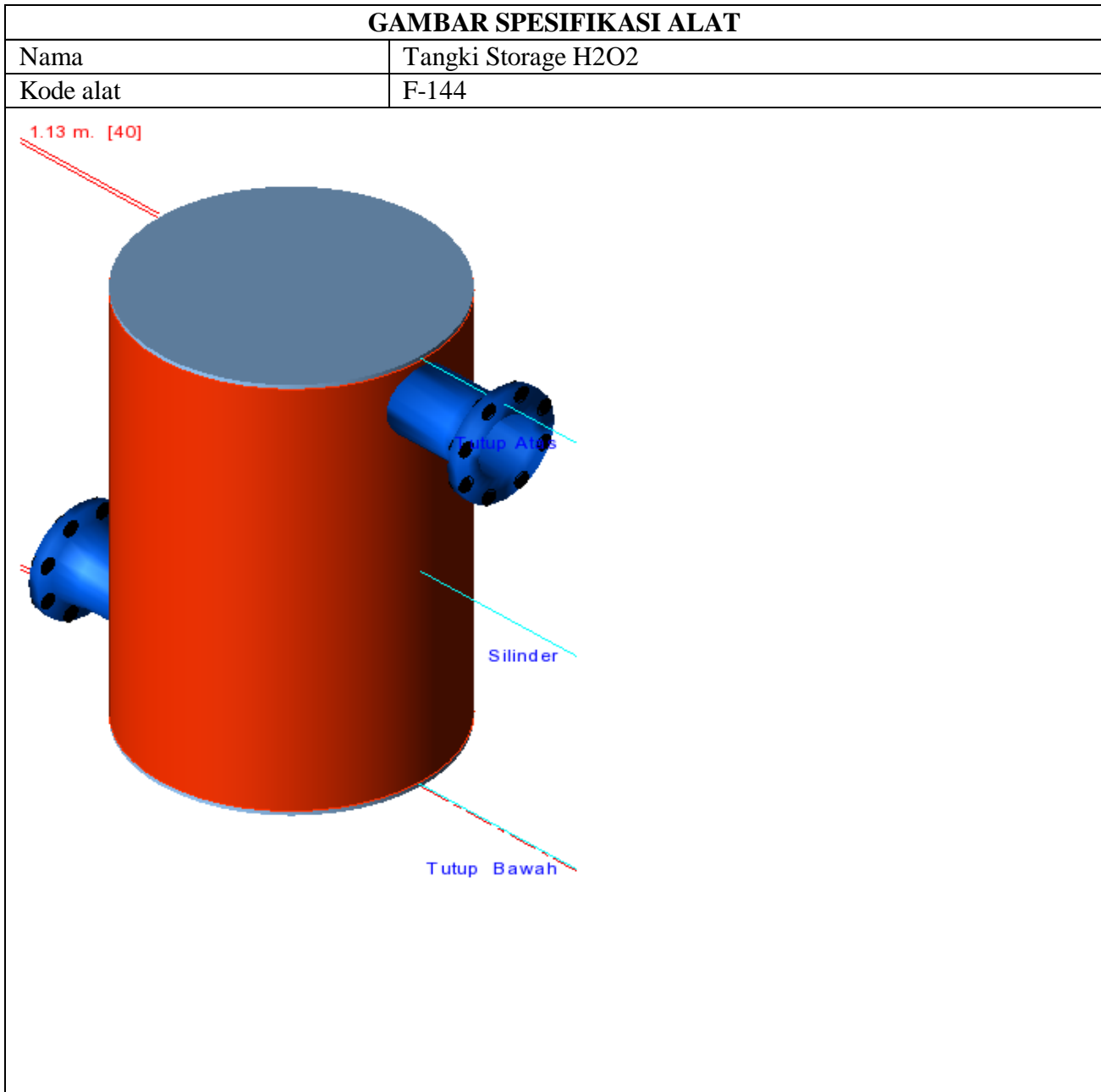
The Drop for this Nozzle is : 10.4368 mm.

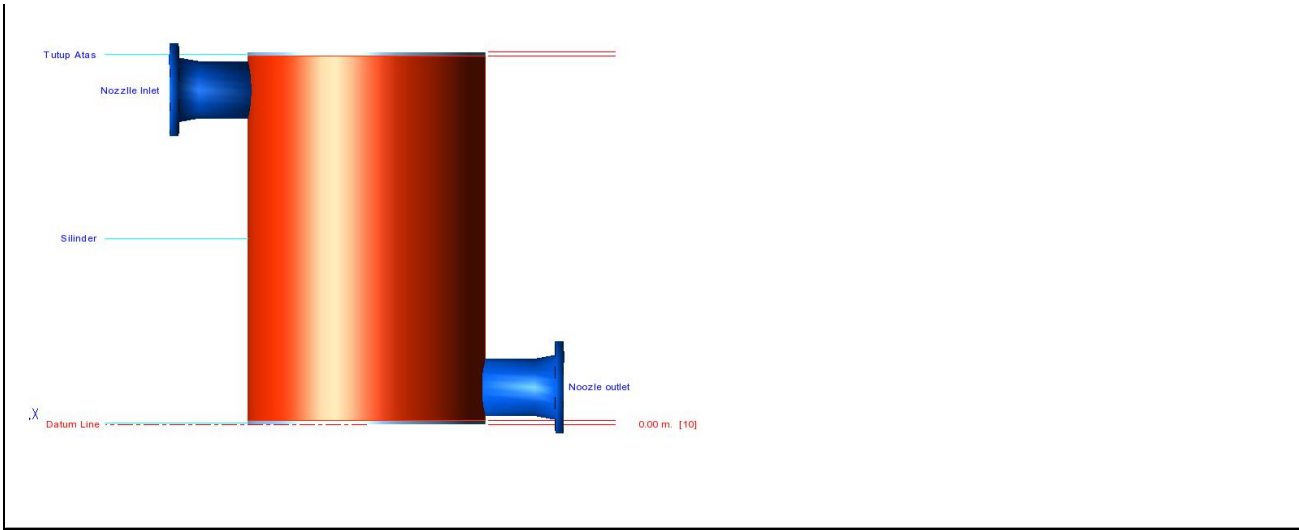
The Cut Length for this Nozzle is, $Drop + H_o + H + T : 169.1868 \text{ mm.}$

PV Elite is a trademark of Intergraph CADWorx & Analysis Solutions, Inc. 2016

LEMBAR SPESIFIKASI ALAT			
Nama	Storage H2O2		
Kode alat	F-164		
Fungsi	untuk menampung bahan baku H2O2 dengan laju alir 11.1996 kg/jam untuk kapasitas penyimpanan selama 2 hari		
Kapasitas total tangki (ft3)	16,5		
Bentuk	Silinder dengan tutup atas flat dan bawah bentuk flat		
Diameter luar (m)	0,74		
Tinggi Tangki (m)	1,10		
Bahan	Carbon Steel SA 516-70		
KONDISI OPERASI		SILINDER	
Temperatur Operasi (C)	40	Outside Diameter (m)	0,735086
Tekanan Operasi (atm)	1	Cylinder length (m)	1,102629398
Laju alir H2O (kg/jam)	11,1996	Finished Thickness (mm)	6,35
PENUTUP		Internal Corrosion allowance	3.175 mm
Penutup bagian atas	welded flat	Material	SA-516 70
Tebal penutup bagian atas	12.1 mm	NOZZLE Inlet	
Penutup bagian bawah	welded flat	Noozle Material :	SA-106 B
Tebal penutup bagian bawah	12.1 mm	Schedule :	10
Internal Corrosion allowance	3.175 mm	Diameter (in) :	6
Temperatur external pressure	40C	Actual thickness (mm) :	10
External Pressure	1 atm	Layout angle :	0
Internal Pressure (atm)	1	Projection Outside (m) :	0,1524
welded flat attachment factor	0,2	Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0,009525

	Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0,00635
NOZZLE Outlet		
	Nozzle Material :	SA-106 B
	Schedule :	10
	Diameter (in) :	6
	Actual thickness (mm) :	10
	Layout angle :	180
	Projection Outside (m) :	0,1524
	Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0,009525
	Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0,00635





SPEKIFIKASI STORAGE H2O (F-164)

Fungsi : untuk menampung bahan baku H2O dengan laju alir 415767.1839 kg/jam untuk kapasitas penyimpanan selama 2 hari
 Bentuk : Tangki storage dengan tutup bawah dan atas tipe welded flat
 Bahan : Carbon Steel SA - 516 70
 Konstruksi :
 Kondisi : Temperatur 30°C, Pressure 1 atm
 Operasi :
 Komposisi Storage H2O

Komponen	m (kg/jam)	m (lb/jam)	ρ (lb/ft ³)	V (ft ³ /jam)	BM	kmol/jam	V 2 hari (ft ³ /jam)
H2O	233761,7054	515445	61,98014	8316,286	18	12986,76	399182
Total	233761,7054	515445	61,98014	8316,286		12986,76	399182

Perhitungan dimensi storage :

Kapasitas untuk waktu tinggal = 2 hari

$$W = w_a * 2 \text{ hari}$$

$$W = 415767.1839 * 24 \text{ Jam} * 2 \text{ hari}$$

$$W = 11220561,8580 \text{ kg}$$

Perancangan Storage NaOH

Volume Bahan = 80% volume total

Volume Ruang Kosong = 20% volume total

Double Welded butt Join

Carbon Steel SA 285 Grade M type C

E = 0,8

C = 1/16 0,063 in

Allowable Stress = 13750

$$V \text{ total tangki} = V_m / 0,8 = 498977,2 \text{ ft}^3$$

$$\text{tinggi silinder tangki} = 1,5 * d_o$$

Menghitung diameter dan tinggi tangki penampung

$$V \text{ silinder} = 0.25 * \pi * d^2 * L_s$$

$$V \text{ total} = V \text{ silinder}$$

$$498977,1501 = 1,1775 d^3$$

$$d^3 = 423760$$

$$d_o = 75,1115 \text{ ft} = 901,338 \text{ in}$$

$$= 22,894 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi silinder tangki} = 1.5 * d_o$$

$$\text{tinggi silinder tangki} = 1.5 * 11.6809$$

$$\text{tinggi silinder tangki} = 34,34105801 \text{ m}$$

$$\text{tangki} =$$

Menghitung Tebal bagian tutup bawah

ASME Code, Section VIII, Division 1, 2015

(Pv Elite, 2016)

Required Thickness due to Internal Pressure [tr]:

$$\begin{aligned} &= d \cdot \sqrt{Z \cdot C \cdot P / (S \cdot E)} \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= 27.7384 \cdot \sqrt{1.00 \cdot 0.20 \cdot 0.101 / (137.90 \cdot 1.00)} \\ &= 336.2579 + 3.1750 = 339.4329 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Max. Allowable Working Pressure at given Thickness, corroded [MAWP]:

$$\begin{aligned} &= (t/d)^2 \cdot ((S \cdot E) / (C \cdot Z)) \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= ((336.4250) / 27.7384)^2 \cdot ((137.90 \cdot 1.00) / (0.20 \cdot 1.00)) \\ &= 0.101 \text{ N./sq.mm.} \end{aligned}$$

Maximum Allowable Pressure, New and Cold [MAPNC]:

$$\begin{aligned} &= (t/d)^2 \cdot ((S \cdot E) / (C \cdot Z)) \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= (339.6000 / 27.7384)^2 \cdot ((137.90 \cdot 1.00) / (0.20 \cdot 1.00)) \\ &= 0.103 \text{ N./sq.mm.} \end{aligned}$$

Actual stress at given pressure and thickness, corroded [Sact]:

$$\begin{aligned} &= (Z \cdot C \cdot P) / (((t/d)^2) \cdot E) \\ &= (1.00 \cdot 0.20 \cdot 0.101) / (((336.4250) / 27.7384)^2 \cdot 1.00) \\ &= 137.763 \text{ N./mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi Tebal tebal tutup atas yang dibutuhkan untuk internal pressure yaitu : 339,4329 mm

Menghitung Tebal bagian tutup atas

Allowable stress bahan Carbon Steel SA - 516 70 = 137.9 N/mm²

(Pv Elite, 2016)

Required Thickness due to Internal Pressure [tr]:

$$\begin{aligned} &= d \cdot \sqrt{Z \cdot C \cdot P / (S \cdot E)} \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= 27.7384 \cdot \sqrt{1.00 \cdot 0.20 \cdot 0.101 / (137.90 \cdot 1.00)} \\ &= 336.2579 + 3.1750 = 339.4329 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Max. Allowable Working Pressure at given Thickness, corroded [MAWP]:

$$\begin{aligned} &= (t/d)^2 \cdot ((S \cdot E) / (C \cdot Z)) \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= ((336.4250) / 27.7384)^2 \cdot ((137.90 \cdot 1.00) / (0.20 \cdot 1.00)) \\ &= 0.101 \text{ N./sq.mm.} \end{aligned}$$

Maximum Allowable Pressure, New and Cold [MAPNC]:

$$\begin{aligned} &= (t/d)^2 \cdot ((S \cdot E) / (C \cdot Z)) \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= (339.6000 / 27.7384)^2 \cdot ((137.90 \cdot 1.00) / (0.20 \cdot 1.00)) \\ &= 0.103 \text{ N./sq.mm.} \end{aligned}$$

Actual stress at given pressure and thickness, corroded [Sact]:

$$\begin{aligned} &= (Z \cdot C \cdot P) / (((t/d)^2) \cdot E) \\ &= (1.00 \cdot 0.20 \cdot 0.101) / (((336.4250) / 27.7384)^2 \cdot 1.00) \\ &= 137.763 \text{ N./mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi Tebal tebal tutup atas yang dibutuhkan untuk internal pressure yaitu : 339,4329 mm

Menghitung Tebal silinder

(Pv Elite, 2016)

Required Thickness due to Internal Pressure [tr]:

$$= (P \cdot Ro) / (S \cdot E + 0.4 \cdot P) \text{ per Appendix 1-1 (a)(1)}$$

$$= (0.101 \cdot 13.8692) / (137.90 \cdot 1.00 + 0.4 \cdot 0.101)$$

$$= 10.1877 + 3.1750 = 13.3627 \text{ mm.}$$

Max. Allowable Working Pressure at given Thickness, corroded [MAWP]:

$$= (S \cdot E \cdot t) / (Ro - 0.4 \cdot t) \text{ per Appendix 1-1 (a)(1)}$$

$$= (137.90 \cdot 1.00 \cdot 104.9250) / (13.8692 - 0.4 \cdot 104.9250)$$

$$= 1.046 \text{ N./sq.mm.}$$

Maximum Allowable Pressure, New and Cold [MAPNC]:

$$= (S \cdot E \cdot t) / (Ro - 0.4 \cdot t) \text{ per Appendix 1-1 (a)(1)}$$

$$= (137.90 \cdot 1.00 \cdot 108.1000) / (13.8692 - 0.4 \cdot 108.1000)$$

$$= 1.078 \text{ N./sq.mm.}$$

Actual stress at given pressure and thickness, corroded [Sact]:

$$= (P \cdot (Ro - 0.4 \cdot t)) / (E \cdot t)$$

$$= (0.101 \cdot ((13.8692 - 0.4 \cdot 104.9250))) / (1.00 \cdot 104.9250)$$

$$= 13.353 \text{ N./mm}^2$$

External Pressure Calculations

From	To	Actual T.	Required T.	Des. Press.	M.A.W.P.	Nama Alat
		mm.	mm.	N./sq.mm.	N./sq.mm.	
10	20	339.600	No Calc	0.10132	No Calc	Tutup Bawah
20	30	108.100	107.594	0.10132	0.10253	silinder 1
30	40	108.100	107.594	0.10132	0.10253	silinder 2
40	50	108.100	107.594	0.10132	0.10253	silinder 3
50	60	108.100	107.594	0.10132	0.10253	silinder 4
60	70	108.100	107.594	0.10132	0.10253	silinder 5
70	80	108.100	107.594	0.10132	0.10253	silinder 6
80	90	108.100	107.594	0.10132	0.10253	silinder 7
90	100	108.100	107.594	0.10132	0.10253	silinder 8
100	110	108.100	107.594	0.10132	0.10253	silinder 9
110	120	108.100	107.594	0.10132	0.10253	silinder 10
120	130	108.100	107.594	0.10132	0.10253	silinder 11
130	140	339.600	No Calc	0.10132	No Calc	Tutup Atas
Minimum				0.103		

Jadi Tebal Silinder yang dibutuhkan untuk internal pressure yaitu : 13,3627 mm

Jadi Tebal Silinder yang dibutuhkan untuk external pressure yaitu : 107,594 mm

Perhitungan Spesifikasi Nozzle outlet

INPUT VALUES, Nozzle Description: Outlet Storage From : 20

Pressure for Reinforcement Calculations P 0.1013 N./sq.mm.
 Temperature for Internal Pressure Temp 40 °C

Design External Pressure Pext 0.10 N./sq.mm.
Temperature for External Pressure Tempex 40 °C

Shell Material SA-516 70
Shell Allowable Stress at Temperature Sv 137.90 N./mm²
Shell Allowable Stress At Ambient Sva 137.90 N./mm²

Inside Diameter of Cylindrical Shell D 27.5222 m.
Design Length of Section L 41.6076 m.
Shell Finished (Minimum) Thickness t 108.1000 mm.
Shell Internal Corrosion Allowance c 3.1750 mm.
Shell External Corrosion Allowance co 0.0000 mm.

Distance from Bottom/Left Tangent 1.3396 m.

User Entered Minimum Design Metal Temperature 10.00 °C

Type of Element Connected to the Shell : Nozzle

Material SA-106 B
Material UNS Number K03006
Material Specification/Type Smls. pipe
Allowable Stress at Temperature Sn 117.90 N./mm²
Allowable Stress At Ambient Sna 117.90 N./mm²

Diameter Basis (for tr calc only) OD
Layout Angle 0.00 deg
Diameter 10.0000 in.

Size and Thickness Basis Actual
Actual Thickness tn 100.0000 mm.

Flange Material SA-105
Flange Type Weld Neck Flange

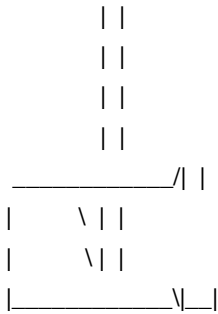
Corrosion Allowance can 4.0000 mm.
Joint Efficiency of Shell Seam at Nozzle E1 1.00
Joint Efficiency of Nozzle Neck En 1.00

Outside Projection ho 500.0000 mm.
Weld leg size between Nozzle and Pad/Shell Wo 9.5250 mm.
Groove weld depth between Nozzle and Vessel Wgnv 108.1000 mm.
Inside Projection h 0.0000 mm.
Weld leg size, Inside Element to Shell Wi 0.0000 mm.
ASME Code Weld Type per UW-16 None

Class of attached Flange 150
Grade of attached Flange GR 1.1

The Pressure Design option was Design Pressure + static head.

Nozzle Sketch (may not represent actual weld type/configuration)



Insert/Set-in Nozzle No Pad, no Inside projection

Reinforcement CALCULATION, Description: Outlet Storage

ASME Code, Section VIII, Div. 1, 2015, UG-37 to UG-45

Actual Outside Diameter Used in Calculation 10.000 in.
Actual Thickness Used in Calculation 3.937 in.

Note: Post Weld Heat Treating is required for this Nozzle Geometry!

Nozzle input data check completed without errors.

Reqd thk per UG-37(a) of Cylindrical Shell, Tr [Int. Press]

$$\begin{aligned} &= (P \cdot R) / (S_v \cdot E - 0.6 \cdot P) \text{ per UG-27 (c)(1)} \\ &= (0.10 \cdot 13.7643) / (138 \cdot 1.00 - 0.6 \cdot 0.10) \\ &= 10.1181 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Reqd thk per App. 1 of Nozzle Wall, Trn [Int. Press]

$$\begin{aligned} &= R_o (1 - \exp(-P / (S_n \cdot E))) \text{ per Appendix 1-2 (a)(1)} \\ &= 0.127 (1 - \exp(-0.10 / (117.90 \cdot 1.00))) \\ &= 0.1091 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Required Nozzle thickness under External Pressure per UG-28 : 1.0698 mm.

UG-40, Limits of Reinforcement : [External Pressure]

Parallel to Vessel Wall (Diameter Limit) DI 0.4638 m.
Parallel to Vessel Wall Rn+tn+t 0.2319 m.
Normal to Vessel Wall (Thickness Limit), no pad Tlnp 240.0000 mm.

Weld Strength Reduction Factor [fr1]:

$$\begin{aligned} &= \min(1, S_n / S_v) \\ &= \min(1, 117.9 / 137.9) \\ &= 0.855 \end{aligned}$$

Weld Strength Reduction Factor [fr2]:

$$\begin{aligned} &= \min(1, S_n/S_v) \\ &= \min(1, 117.9/137.9) \\ &= 0.855 \end{aligned}$$

Weld Strength Reduction Factor [fr3]:

$$\begin{aligned} &= \min(fr_2, fr_4) \\ &= \min(0.855 , 1.000) \\ &= 0.855 \end{aligned}$$

Results of Nozzle Reinforcement Area Calculations: (m²)

AREA AVAILABLE, A1 to A5	Design	External	Mapnc	

Area Required	Ar	NA	0.005	NA
Area in Shell	A1	NA	0.000	NA
Area in Nozzle Wall	A2	NA	0.039	NA
Area in Inward Nozzle	A3	NA	0.000	NA
Area in Welds	A41+A42+A43	NA	0.000	NA
Area in Element	A5	NA	0.000	NA
TOTAL AREA AVAILABLE	Atot	NA	0.039	NA

Nozzle Angle Used in Area Calculations 90.00 Degs.

The area available without a pad is Sufficient.

Area Required [A]:

$$\begin{aligned} &= 0.5(d * tr * F + 2 * tn * tr * F(1-fr_1)) \text{ per UG-37(d)} \\ &= 0.5(0.0620 * 104.4186 * 1 + 2 * 96.0000 * 104.4186 * (1-0.86)) \\ &= 0.005 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Reinforcement Areas per Figure UG-37.1

Area Available in Shell [A1]:

$$\begin{aligned} &= d(E_1 * t - F * tr) - 2 * tn(E_1 * t - F * tr) * (1 - fr_1) \\ &= 0.402 (1.00 * 104.9250 - 1.0 * 104.419) - 2 * 96.000 \\ &\quad (1.00 * 104.9250 - 1.0 * 104.4186) * (1 - 0.855) \\ &= 0.000 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Area Available in Nozzle Projecting Outward [A2]:

$$\begin{aligned} &= (2 * t_{np}) * (tn - tr_n) * fr_2 \\ &= (2 * 240.00) * (96.00 - 1.07) * 0.8550 \\ &= 0.039 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Area Available in Inward Weld + Outward Weld [A41 + A43]:

$$\begin{aligned} &= W_o^2 * fr_2 + (W_i - can / 0.707)^2 * fr_2 \\ &= 9.5250^2 * 0.8550 + (0.0000)^2 * 0.8550 \end{aligned}$$

= 0.000 m²

UG-45 Minimum Nozzle Neck Thickness Requirement: [Int. Press.]

Wall Thickness for Internal/External pressures $t_a = 5.0698$ mm.

Wall Thickness per UG16(b), $tr_{16b} = 5.5000$ mm.

Wall Thickness, shell/head, internal pressure $tr_{b1} = 13.2931$ mm.

Wall Thickness $tb_1 = \max(tr_{b1}, tr_{16b}) = 13.2931$ mm.

Wall Thickness, shell/head, external pressure $tr_{b2} = 13.2931$ mm.

Wall Thickness $tb_2 = \max(tr_{b2}, tr_{16b}) = 13.2931$ mm.

Wall Thickness per table UG-45 $tb_3 = 12.1026$ mm.

Determine Nozzle Thickness candidate [tb]:

$$= \min[tb_3, \max(tb_1, tb_2)]$$

$$= \min[12.103 , \max(13.2931 , 13.2931)]$$

$$= 12.1026 \text{ mm.}$$

Minimum Wall Thickness of Nozzle Necks [tUG-45]:

$$= \max(t_a, t_b)$$

$$= \max(5.0698 , 12.1026)$$

$$= 12.1026 \text{ mm.}$$

Available Nozzle Neck Thickness = 100.0000 mm. --> OK

Nozzle Junction Minimum Design Metal Temperature (MDMT) Calculations:

MDMT of the Nozzle Neck to Flange Weld, Curve: B

Govrn. thk, $t_g = 100.000$, $t_r = 0.109$, $c = 4.0000$ mm. , $E^* = 1.00$

Stress Ratio = $t_r * (E^*) / (t_g - c) = 0.001$, Temp. Reduction = 78 °C

Min Metal Temp. w/o impact per UCS-66, Curve B 32 °C

Min Metal Temp. at Required thickness (UCS 66.1) -46 °C

MDMT of Nozzle-Shell/Head Weld for the Nozzle (UCS-66(a)1(b)), Curve: B

Govrn. thk, $t_g = 100.000$, $t_r = 0.109$, $c = 4.0000$ mm. , $E^* = 1.00$

Stress Ratio = $t_r * (E^*) / (t_g - c) = 0.001$, Temp. Reduction = 78 °C

Min Metal Temp. w/o impact per UCS-66, Curve B 32 °C

Min Metal Temp. at Required thickness (UCS 66.1) -46 °C

Governing MDMT of all the sub-joints of this Junction : -46 °C

ANSI Flange MDMT including Temperature reduction per UCS-66.1:

Unadjusted MDMT of ANSI B16.5/47 flanges per UCS-66(c) -29 °C

Flange MDMT with Temp reduction per UCS-66(b)(1)(b) -104 °C

Flange MDMT with Temp reduction per UCS-66(b)(1)(c) -104 °C

Where the Stress Reduction Ratio per UCS-66(b)(1)(b) is :

$$\text{Design Pressure/Ambient Rating} = 0.10/1.96 = 0.052$$

Note: Using the minimum value from (b)(1)(b) and (b)(1)(c) above as the calculated nozzle flange MDMT.

Nozzle Calculations per App. 1-10: Internal Pressure Case:

Thickness of Nozzle [tn]:

$$\begin{aligned} &= \text{thickness} - \text{corrosion allowance} \\ &= 100.000 - 4.000 \\ &= 96.000 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Effective Pressure Radius [Reff]:

$$\begin{aligned} &= D_i/2 + \text{corrosion allowance} \\ &= 27.522/2 + 3.175 \\ &= 13.764 \text{ m.} \end{aligned}$$

Effective Length of Vessel Wall [LR]:

$$\begin{aligned} &= 8 * t \\ &= 8 * 104.925 \\ &= 0.839 \text{ m.} \end{aligned}$$

Thickness Limit Candidate [LH1]:

$$\begin{aligned} &= t + 0.78 * \text{sqrt}(R_n * t_n) \\ &= 104.925 + 0.78 * \text{sqrt}(0.031 * 96.000) \\ &= 147.476 \text{ m.} \end{aligned}$$

Thickness Limit Candidate [LH2]:

$$\begin{aligned} &= L_{pr1} + T \\ &= 500.000 + 104.925 \\ &= 604.925 \text{ m.} \end{aligned}$$

Thickness Limit Candidate [LH3]:

$$\begin{aligned} &= 8(t + t_e) \\ &= 8(104.925 + 0.000) \\ &= 839.400 \text{ m.} \end{aligned}$$

Effective Nozzle Wall Length Outside the Vessel [LH]:

$$\begin{aligned} &= \text{min}[LH1, LH2, LH3] \\ &= \text{min}[147.476 , 604.925 , 839.400) \\ &= 147.476 \text{ m.} \end{aligned}$$

Effective Vessel Thickness [teff]:

$$\begin{aligned} &= t \\ &= 104.925 \text{ m.} \end{aligned}$$

Determine Parameter [Lamda]:

$$\begin{aligned} &= \min(10, (D_n + T_n) / (\text{sqrt}((D_i + t_{\text{eff}}) * t_{\text{eff}}))) \\ &= \min(10, (62.00 + 96.000) / (\text{sqrt}((27.53 + 104.925) * 104.925))) \\ &= 0.093 \end{aligned}$$

Compute Areas A1-A43 (No Pad) or A1-A5 (With Pad) :

Area Contributed by the Vessel Wall [A1]:

$$\begin{aligned} &= t * LR * \max(\text{Lamda}/4, 1) \\ &= 104.925 * 839.400 * \max(0.093/4, 1) \\ &= 0.088 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Area Contributed by the Nozzle Outside the Vessel Wall [A2]:

$$\begin{aligned} &= t_n * LH \\ &= 96.000 * 147.476 \\ &= 0.014 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Area Contributed by the Outside Fillet Weld [A41]:

$$\begin{aligned} &= 0.5 * \text{Leg}^2 \\ &= 0.5 * 9.525^2 \\ &= 0.000 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

The total area contributed by A1 through A43 [AT]:

$$\begin{aligned} &= A_1 + \text{frn}(A_2 + A_3) + A_{41} + A_{42} + A_{43} \\ &= 0.088 + 1.000(0.014 + 0.000) + 0.000 + 0.000 + 0.000 \\ &= 0.102 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Allowable Local Primary Membrane Stress [Sallow]:

$$\begin{aligned} &= 1.5 * S * E \\ &= 1.5 * 137.900 * 1.000 \\ &= 206.9 \text{ N./mm}^2 \end{aligned}$$

Determine Force acting on the Nozzle [fN]:

$$\begin{aligned} &= P * R_n(LH - t) \\ &= 0.101 * 0.031 (147.476 - 104.925) \\ &= 133.6 \text{ N.} \end{aligned}$$

Determine Force acting on the Shell [fS]:

$$\begin{aligned} &= P * R_{\text{eff}}(LR + t_n) \\ &= 0.101 * 13.764 (839.400 + 96.000) \\ &= 1304458.9 \text{ N.} \end{aligned}$$

Discontinuity Force from Internal Pressure [fY]:

$$\begin{aligned} &= P * R_{\text{eff}} * R_{\text{nc}} \\ &= 0.101 * 13.764 * 0.031 \\ &= 43230.9 \text{ N.} \end{aligned}$$

Area Resisting Internal Pressure [Ap]:

$$\begin{aligned} &= R_n(LH - t) + R_{eff}(LR + t_n + R_{nc}) \\ &= 0.031 (0.147 - 104.925) + 13.764 (0.839 + 96.000 + 0.031) \\ &= 13.3 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Maximum Allowable Working Pressure Candidate [Pmax1]:

$$\begin{aligned} &= S_{allow} / (2 * A_p / AT - R_{xs} / t_{eff}) \\ &= 206.850 / (2 * 13.300 / 0.102 - 13.764 / 104.925) \\ &= 1.6 \text{ N./sq.mm.} \end{aligned}$$

Maximum Allowable Working Pressure Candidate [Pmax2]:

$$\begin{aligned} &= S / [t / R_{eff}] \\ &= 137.900 [104.925 / 13.764] \\ &= 1.1 \text{ N./sq.mm.} \end{aligned}$$

Maximum Allowable Working Pressure [Pmax]:

$$\begin{aligned} &= \min(P_{max1}, P_{max2}) \\ &= \min(1.604 , 1.051) \\ &= 1.051 \text{ N./sq.mm.} \end{aligned}$$

Average Primary Membrane Stress [SigmaAvg]:

$$\begin{aligned} &= (f_n + f_s + f_y) / AT \\ &= (133.645 + 1304459 + 43230.941) / 0.102 \\ &= 13.179 \text{ N./mm}^2 \end{aligned}$$

General Primary Membrane Stress [SigmaCirc]:

$$\begin{aligned} &= P * R_{eff} / t_{eff} \\ &= 0.101 * 13.764 / 104.925 \\ &= 13.3 \text{ N./mm}^2 \end{aligned}$$

Maximum Local Primary Membrane Stress [PL]:

$$\begin{aligned} &= \max(2 * \text{SigmaAvg} - \text{SigmaCirc}, \text{SigmaCirc}) \\ &= \max(2 * 13.179 - 13.292 , 13.292) \\ &= 13.3 \text{ N./mm}^2 \end{aligned}$$

Summary of Nozzle Pressure/Stress Results:

Allowed Local Primary Membrane Stress	Sallow	206.85 N./mm ²
Local Primary Membrane Stress	PL	13.29 N./mm ²
Maximum Allowable Working Pressure	Pmax	1.05 N./sq.mm.

Strength of Nozzle Attachment Welds per 1-10 and U-2(g)

Discontinuity Force Factor [ky]:

$$\begin{aligned} &= (R_{nc} + t_n) / R_{nc} \\ &= (31.000 + 96.000) / 31.000 \\ &= 4.097 \text{ For set-in Nozzles} \end{aligned}$$

Weld Length of Nozzle to Shell Weld [Ltau]:

$$\begin{aligned}
&= \pi/2 * (R_n + t_n) \\
&= \pi/2 * (31.000 + 96.000) \\
&= 199.491 \text{ mm.}
\end{aligned}$$

Weld Throat Dimensions, (0.7071*Leg Dimensions) [L41T, L42T, L43T]:
= 6.735, 0.000, 0.000, mm.

Weld Load Value [fwelds]:

$$\begin{aligned}
&= \min(f_y * k_y, 1.5 * S_n(A_2 + A_3), \pi/4 * P * R_n^2 * k_y^2) \\
&= \min(43231 * 4.10, 1.5 * 117.9(0.014+0.000), \pi/4 * 0.1 * 0.03^2 * 4.10^2) \\
&= 1283.444 \text{ N.}
\end{aligned}$$

Weld Stress Value [tau]:

$$\begin{aligned}
&= \text{fwelds} / (L_{\tau}(0.49 * L_{41T} + 0.6 * t_{w1} + 0.49 * L_{43T})) \\
&= 1283.444 / (199.491 (0.49 * 6.735 + 0.6 * 104.925 + 0.49 * 0.000)) \\
&= 0.097 < \text{or} = \text{to } 137.900 \text{ Weld Size is OK}
\end{aligned}$$

Weld Size Calculations, Description: Outlet Storage

Intermediate Calc. for nozzle/shell Welds T_{min} 19.0000 mm.

Results Per UW-16.1:

	Required Thickness	Actual Thickness
Nozzle Weld	6.0000 = Min per Code	6.7342 = 0.7 * W _o mm.

Maximum Allowable Pressure for this Nozzle at this Location:

Converged Max. Allow. Pressure in Operating case 1.0464 N./sq.mm.

Note: The MAWP of this junction was limited by the parent Shell/Head.

Nozzle is O.K. for the External Pressure 0.101 N./sq.mm.

The Drop for this Nozzle is : 0.5860 mm.

The Cut Length for this Nozzle is, Drop + Ho + H + T : 608.6864 mm.

PV Elite is a trademark of Intergraph CADWorx & Analysis Solutions, Inc. 2016

Perhitungan Nozzle Inlet

INPUT VALUES, Nozzle Description: Inlet storage From : 120

Pressure for Reinforcement Calculations	P	0.1013 N./sq.mm.
Temperature for Internal Pressure	Temp	40 °C
Design External Pressure	P _{ext}	0.10 N./sq.mm.
Temperature for External Pressure	Temp _{ex}	40 °C

Shell Material	SA-516 70
Shell Allowable Stress at Temperature	S _v 137.90 N./mm ²
Shell Allowable Stress At Ambient	S _{va} 137.90 N./mm ²

Inside Diameter of Cylindrical Shell	D	27.5222 m.
Design Length of Section	L	41.6076 m.
Shell Finished (Minimum) Thickness	t	108.1000 mm.
Shell Internal Corrosion Allowance	c	3.1750 mm.
Shell External Corrosion Allowance	co	0.0000 mm.
Distance from Bottom/Left Tangent		40.8396 m.
User Entered Minimum Design Metal Temperature		10.00 °C

Type of Element Connected to the Shell : Nozzle

Material	SA-106 B
Material UNS Number	K03006
Material Specification/Type	Smls. pipe
Allowable Stress at Temperature	Sn 117.90 N./mm ²
Allowable Stress At Ambient	Sna 117.90 N./mm ²

Diameter Basis (for tr calc only)	OD
Layout Angle	0.00 deg
Diameter	10.0000 in.

Size and Thickness Basis	Actual
Actual Thickness	tn 100.0000 mm.

Flange Material	SA-105
Flange Type	Weld Neck Flange

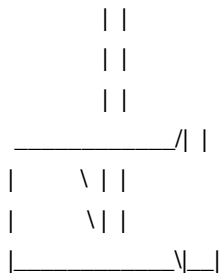
Corrosion Allowance	can	4.0000 mm.
Joint Efficiency of Shell Seam at Nozzle	E1	1.00
Joint Efficiency of Nozzle Neck	En	1.00

Outside Projection	ho	500.0000 mm.
Weld leg size between Nozzle and Pad/Shell	Wo	9.5250 mm.
Groove weld depth between Nozzle and Vessel	Wgnv	108.1000 mm.
Inside Projection	h	0.0000 mm.
Weld leg size, Inside Element to Shell	Wi	0.0000 mm.
ASME Code Weld Type per UW-16		None

Class of attached Flange	150
Grade of attached Flange	GR 1.1

The Pressure Design option was Design Pressure + static head.

Nozzle Sketch (may not represent actual weld type/configuration)



Insert/Set-in Nozzle No Pad, no Inside projection

Reinforcement CALCULATION, Description: Inlet storage

ASME Code, Section VIII, Div. 1, 2015, UG-37 to UG-45

Actual Outside Diameter Used in Calculation 10.000 in.
 Actual Thickness Used in Calculation 3.937 in.

Note: Post Weld Heat Treating is required for this Nozzle Geometry!

Nozzle input data check completed without errors.

Reqd thk per UG-37(a) of Cylindrical Shell, Tr [Int. Press]
 $= (P \cdot R) / (S_v \cdot E - 0.6 \cdot P)$ per UG-27 (c)(1)
 $= (0.10 \cdot 13.7643) / (138 \cdot 1.00 - 0.6 \cdot 0.10)$
 $= 10.1181 \text{ mm.}$

Reqd thk per App. 1 of Nozzle Wall, Trn [Int. Press]
 $= R_o (1 - \exp(-P / (S_n \cdot E)))$ per Appendix 1-2 (a)(1)
 $= 0.127 (1 - \exp(-0.10 / (117.90 \cdot 1.00)))$
 $= 0.1091 \text{ mm.}$

Required Nozzle thickness under External Pressure per UG-28 : 1.0698 mm.

UG-40, Limits of Reinforcement : [External Pressure]

Parallel to Vessel Wall (Diameter Limit) DI 0.4638 m.
 Parallel to Vessel Wall Rn+tn+t 0.2319 m.
 Normal to Vessel Wall (Thickness Limit), no pad Tlnp 240.0000 mm.

Weld Strength Reduction Factor [fr1]:
 $= \min(1, S_n / S_v)$
 $= \min(1, 117.9 / 137.9)$
 $= 0.855$

Weld Strength Reduction Factor [fr2]:
 $= \min(1, S_n / S_v)$
 $= \min(1, 117.9 / 137.9)$
 $= 0.855$

Weld Strength Reduction Factor [fr3]:

$$\begin{aligned} &= \min(fr2, fr4) \\ &= \min(0.855 , 1.000) \\ &= 0.855 \end{aligned}$$

Results of Nozzle Reinforcement Area Calculations: (m²)

AREA AVAILABLE, A1 to A5 | Design| External| Mapnc|

Area Required	Ar |	NA|	0.005|	NA|
Area in Shell	A1 |	NA|	0.000|	NA|
Area in Nozzle Wall	A2 |	NA|	0.039|	NA|
Area in Inward Nozzle	A3 |	NA|	0.000|	NA|
Area in Welds	A41+A42+A43 |	NA|	0.000|	NA|
Area in Element	A5 |	NA|	0.000|	NA|
TOTAL AREA AVAILABLE	Atot |	NA|	0.039|	NA|

Nozzle Angle Used in Area Calculations 90.00 Degs.

The area available without a pad is Sufficient.

Area Required [A]:

$$\begin{aligned} &= 0.5(d * tr * F + 2 * tn * tr * F(1-fr1)) \text{ per UG-37(d)} \\ &= 0.5(0.0620 * 104.4186 * 1 + 2 * 96.0000 * 104.4186 * 1(1-0.86)) \\ &= 0.005 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Reinforcement Areas per Figure UG-37.1

Area Available in Shell [A1]:

$$\begin{aligned} &= d(E1 * t - F * tr) - 2 * tn(E1 * t - F * tr) * (1 - fr1) \\ &= 0.402 (1.00 * 104.9250 - 1.0 * 104.419) - 2 * 96.000 \\ &\quad (1.00 * 104.9250 - 1.0 * 104.4186) * (1 - 0.855) \\ &= 0.000 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Area Available in Nozzle Projecting Outward [A2]:

$$\begin{aligned} &= (2 * tlnp) * (tn - trn) * fr2 \\ &= (2 * 240.00) * (96.00 - 1.07) * 0.8550 \\ &= 0.039 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Area Available in Inward Weld + Outward Weld [A41 + A43]:

$$\begin{aligned} &= Wo^2 * fr2 + (Wi-can/0.707)^2 * fr2 \\ &= 9.5250^2 * 0.8550 + (0.0000)^2 * 0.8550 \\ &= 0.000 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

UG-45 Minimum Nozzle Neck Thickness Requirement: [Int. Press.]

Wall Thickness for Internal/External pressures ta = 5.0698 mm.

Wall Thickness per UG16(b), tr16b = 5.5000 mm.

Wall Thickness, shell/head, internal pressure trb1 = 13.2931 mm.

Wall Thickness $tb1 = \max(trb1, tr16b) = 13.2931 \text{ mm.}$
Wall Thickness, shell/head, external pressure $trb2 = 13.2931 \text{ mm.}$
Wall Thickness $tb2 = \max(trb2, tr16b) = 13.2931 \text{ mm.}$
Wall Thickness per table UG-45 $tb3 = 12.1026 \text{ mm.}$

Determine Nozzle Thickness candidate [tb]:
= $\min[tb3, \max(tb1, tb2)]$
= $\min[12.103, \max(13.2931, 13.2931)]$
= 12.1026 mm.

Minimum Wall Thickness of Nozzle Necks [tUG-45]:
= $\max(ta, tb)$
= $\max(5.0698, 12.1026)$
= 12.1026 mm.

Available Nozzle Neck Thickness = 100.0000 mm. --> OK

Nozzle Junction Minimum Design Metal Temperature (MDMT) Calculations:

MDMT of the Nozzle Neck to Flange Weld, Curve: B

Govrn. thk, $tg = 100.000$, $tr = 0.109$, $c = 4.0000 \text{ mm.}$, $E^* = 1.00$
Stress Ratio = $tr * (E^*) / (tg - c) = 0.001$, Temp. Reduction = 78 °C

Min Metal Temp. w/o impact per UCS-66, Curve B 32 °C
Min Metal Temp. at Required thickness (UCS 66.1) -46 °C

MDMT of Nozzle-Shell/Head Weld for the Nozzle (UCS-66(a)1(b)), Curve: B

Govrn. thk, $tg = 100.000$, $tr = 0.109$, $c = 4.0000 \text{ mm.}$, $E^* = 1.00$
Stress Ratio = $tr * (E^*) / (tg - c) = 0.001$, Temp. Reduction = 78 °C

Min Metal Temp. w/o impact per UCS-66, Curve B 32 °C
Min Metal Temp. at Required thickness (UCS 66.1) -46 °C

Governing MDMT of all the sub-joints of this Junction : -46 °C

ANSI Flange MDMT including Temperature reduction per UCS-66.1:

Unadjusted MDMT of ANSI B16.5/47 flanges per UCS-66(c) -29 °C
Flange MDMT with Temp reduction per UCS-66(b)(1)(b) -104 °C
Flange MDMT with Temp reduction per UCS-66(b)(1)(c) -104 °C

Where the Stress Reduction Ratio per UCS-66(b)(1)(b) is :
Design Pressure/Ambient Rating = $0.10/1.96 = 0.052$

*Note: Using the minimum value from (b)(1)(b) and (b)(1)(c) above
as the calculated nozzle flange MDMT.*

Nozzle Calculations per App. 1-10: Internal Pressure Case:

Thickness of Nozzle [tn]:

$$\begin{aligned} &= \text{thickness} - \text{corrosion allowance} \\ &= 100.000 - 4.000 \\ &= 96.000 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Effective Pressure Radius [Reff]:

$$\begin{aligned} &= Di/2 + \text{corrosion allowance} \\ &= 27.522/2 + 3.175 \\ &= 13.764 \text{ m.} \end{aligned}$$

Effective Length of Vessel Wall [LR]:

$$\begin{aligned} &= 8 * t \\ &= 8 * 104.925 \\ &= 0.839 \text{ m.} \end{aligned}$$

Thickness Limit Candidate [LH1]:

$$\begin{aligned} &= t + 0.78 * \text{sqrt}(Rn * tn) \\ &= 104.925 + 0.78 * \text{sqrt}(0.031 * 96.000) \\ &= 147.476 \text{ m.} \end{aligned}$$

Thickness Limit Candidate [LH2]:

$$\begin{aligned} &= Lpr1 + T \\ &= 500.000 + 104.925 \\ &= 604.925 \text{ m.} \end{aligned}$$

Thickness Limit Candidate [LH3]:

$$\begin{aligned} &= 8(t + te) \\ &= 8(104.925 + 0.000) \\ &= 839.400 \text{ m.} \end{aligned}$$

Effective Nozzle Wall Length Outside the Vessel [LH]:

$$\begin{aligned} &= \text{min}[LH1, LH2, LH3] \\ &= \text{min}[147.476 , 604.925 , 839.400) \\ &= 147.476 \text{ m.} \end{aligned}$$

Effective Vessel Thickness [teff]:

$$\begin{aligned} &= t \\ &= 104.925 \text{ m.} \end{aligned}$$

Determine Parameter [Lamda]:

$$\begin{aligned} &= \text{min}(10, (Dn + Tn) / (\text{sqrt}((Di + teff) * teff))) \\ &= \text{min}(10, (62.00 + 96.000) / (\text{sqrt}((27.53 + 104.925) * 104.925))) \\ &= 0.093 \end{aligned}$$

Compute Areas A1-A43 (No Pad) or A1-A5 (With Pad) :

Area Contributed by the Vessel Wall [A1]:

$$\begin{aligned} &= t * LR * \max(\text{Lamda}/4, 1) \\ &= 104.925 * 839.400 * \max(0.093/4, 1) \\ &= 0.088 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Area Contributed by the Nozzle Outside the Vessel Wall [A2]:

$$\begin{aligned} &= t_n * LH \\ &= 96.000 * 147.476 \\ &= 0.014 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Area Contributed by the Outside Fillet Weld [A41]:

$$\begin{aligned} &= 0.5 * \text{Leg}^2 \\ &= 0.5 * 9.525^2 \\ &= 0.000 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

The total area contributed by A1 through A43 [AT]:

$$\begin{aligned} &= A1 + \text{frn}(A2 + A3) + A41 + A42 + A43 \\ &= 0.088 + 1.000(0.014 + 0.000) + 0.000 + 0.000 + 0.000 \\ &= 0.102 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Allowable Local Primary Membrane Stress [Sallow]:

$$\begin{aligned} &= 1.5 * S * E \\ &= 1.5 * 137.900 * 1.000 \\ &= 206.9 \text{ N./mm}^2 \end{aligned}$$

Determine Force acting on the Nozzle [fN]:

$$\begin{aligned} &= P * R_n(LH - t) \\ &= 0.101 * 0.031 (147.476 - 104.925) \\ &= 133.6 \text{ N.} \end{aligned}$$

Determine Force acting on the Shell [fS]:

$$\begin{aligned} &= P * R_{eff}(LR + t_n) \\ &= 0.101 * 13.764 (839.400 + 96.000) \\ &= 1304458.9 \text{ N.} \end{aligned}$$

Discontinuity Force from Internal Pressure [fY]:

$$\begin{aligned} &= P * R_{eff} * R_{nc} \\ &= 0.101 * 13.764 * 0.031 \\ &= 43230.9 \text{ N.} \end{aligned}$$

Area Resisting Internal Pressure [Ap]:

$$\begin{aligned} &= R_n(LH - t) + R_{eff}(LR + t_n + R_{nc}) \\ &= 0.031 (0.147 - 104.925) + 13.764 (0.839 + 96.000 + 0.031) \\ &= 13.3 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Maximum Allowable Working Pressure Candidate [Pmax1]:

$$\begin{aligned}
&= Sallow / (2 * Ap/AT - Rxs/teff) \\
&= 206.850 / (2 * 13.300 / 0.102 - 13.764 / 104.925) \\
&= 1.6 \text{ N./sq.mm.}
\end{aligned}$$

Maximum Allowable Working Pressure Candidate [Pmax2]:

$$\begin{aligned}
&= S[t/Reff] \\
&= 137.900 [104.925/13.764] \\
&= 1.1 \text{ N./sq.mm.}
\end{aligned}$$

Maximum Allowable Working Pressure [Pmax]:

$$\begin{aligned}
&= \min(Pmax1, Pmax2) \\
&= \min(1.604 , 1.051) \\
&= 1.051 \text{ N./sq.mm.}
\end{aligned}$$

Average Primary Membrane Stress [SigmaAvg]:

$$\begin{aligned}
&= (fN + fS + fY) / AT \\
&= (133.645 + 1304459 + 43230.941) / 0.102 \\
&= 13.179 \text{ N./mm}^2
\end{aligned}$$

General Primary Membrane Stress [SigmaCirc]:

$$\begin{aligned}
&= P * Reff / teff \\
&= 0.101 * 13.764 / 104.925 \\
&= 13.3 \text{ N./mm}^2
\end{aligned}$$

Maximum Local Primary Membrane Stress [PL]:

$$\begin{aligned}
&= \max(2 * SigmaAvg - SigmaCirc, SigmaCirc) \\
&= \max(2 * 13.179 - 13.292 , 13.292) \\
&= 13.3 \text{ N./mm}^2
\end{aligned}$$

Summary of Nozzle Pressure/Stress Results:

Allowed Local Primary Membrane Stress	Sallow	206.85	N./mm ²
Local Primary Membrane Stress	PL	13.29	N./mm ²
Maximum Allowable Working Pressure	Pmax	1.05	N./sq.mm.

Strength of Nozzle Attachment Welds per 1-10 and U-2(g)

Discontinuity Force Factor [ky]:

$$\begin{aligned}
&= (Rnc + tn) / Rnc \\
&= (31.000 + 96.000) / 31.000 \\
&= 4.097 \text{ For set-in Nozzles}
\end{aligned}$$

Weld Length of Nozzle to Shell Weld [Ltau]:

$$\begin{aligned}
&= \pi / 2 * (Rn + tn) \\
&= \pi / 2 * (31.000 + 96.000) \\
&= 199.491 \text{ mm.}
\end{aligned}$$

Weld Throat Dimensions, (0.7071*Leg Dimensions) [L41T, L42T, L43T]:

$$= 6.735, 0.000, 0.000, \text{ mm.}$$

Weld Load Value [fwelds]:

$$= \min(f_y * k_y, 1.5 * S_n(A_2 + A_3), \pi/4 * P * R_n^2 * k_y^2)$$

$$= \min(43231 * 4.10, 1.5 * 117.9(0.014 + 0.000), \pi/4 * 0.1 * 0.03^2 * 4.10^2)$$

$$= 1283.444 \text{ N.}$$

Weld Stress Value [tau]:

$$= fwelds / (L_{tau}(0.49 * L_{41T} + 0.6 * t_{w1} + 0.49 * L_{43T}))$$

$$= 1283.444 / (199.491 (0.49 * 6.735 + 0.6 * 104.925 + 0.49 * 0.000))$$

$$= 0.097 < \text{ or } = \text{ to } 137.900 \text{ Weld Size is OK}$$

Weld Size Calculations, Description: Inlet storage

Intermediate Calc. for nozzle/shell Welds $T_{min} = 19.0000 \text{ mm.}$

Results Per UW-16.1:

Required Thickness Actual Thickness

Nozzle Weld 6.0000 = Min per Code 6.7342 = 0.7 * W_o mm.

Maximum Allowable Pressure for this Nozzle at this Location:

Converged Max. Allow. Pressure in Operating case 1.0464 N./sq.mm.

Note: The MAWP of this junction was limited by the parent Shell/Head.

Nozzle is O.K. for the External Pressure 0.101 N./sq.mm.

The Drop for this Nozzle is : 0.5860 mm.

The Cut Length for this Nozzle is, Drop + H_o + H + T : 608.6864 mm.

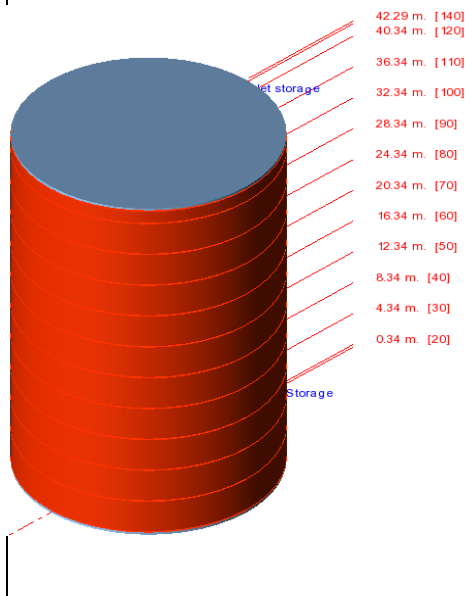
PV Elite is a trademark of Intergraph CADWorx & Analysis Solutions, Inc. 2016

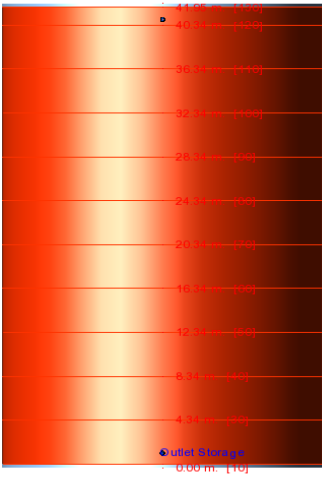
LEMBAR SPESIFIKASI ALAT			
Nama	Storage H2O		
Kode alat	F-164		
Fungsi	untuk menampung bahan baku H2O dengan laju alir 415767.1839 kg/jam untuk kapasitas penyimpanan selama 2 hari		
Kapasitas total tangki (ft3)	498977,2		
Bentuk	Silinder dengan tutup atas flat dan bawah bentuk flat		
Diameter luar (m)	22,89		
Tinggi Tangki (m)	34,34		
Bahan	Carbon Steel SA 516-70		
KONDISI OPERASI		SILINDER	
Temperatur Operasi (C)	40	Outside Diameter (m)	27,7384
Tekanan Operasi (atm)	1	Cylinder length (m)	34,34105801
Laju alir H2O (kg/jam)	233762	Finished Thickness (mm)	108,1
PENUTUP		Internal Corrosion allowance	3.175 mm

Penutup bagian atas	welded flat	Material	SA-516 70
Tebal penutup bagian atas	339.6 mm	NOZZLE Inlet	
Penutup bagian bawah	welded flat	Noozle Material :	SA-106 B
Tebal penutup bagian bawah	339.6 mm	Schedule :	40
Internal Corrossion allowance	3.175 mm	Diameter (in) :	10
Temperatur external pressure	40C	Actual thickness (mm) :	100
External Pressure	1 atm	Layout angle :	0
Internal Pressure (atm)	1	Projection Outside (m) :	0,5
welded flat attachment factor	0,2	Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0,009525
		Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0,1081
		NOZZLE Outlet	
		Noozle Material :	SA-106 B
		Schedule :	40
		Diameter (in) :	10
		Actual thickness (mm) :	100
		Layout angle :	0
		Projection Outside (m) :	0,5
		Nozzle to shell outside fillet weld leg (m) :	0,009525
		Nozzle to shell Groove weld depth (m) :	0,1081

GAMBAR SPESIFIKASI ALAT

Nama	Tangki Storage H2O
Kode alat	F-164





SPESIFIKASI STORAGE PTO (F-134)

Fungsi : untuk menampung bahan baku PTO dengan laju alir 1.2456 kg/jam untuk kapasitas penyimpanan selama 2 hari
 Bentuk : Tangki storage dengan tutup bawah dan atas tipe welded flat
 Bahan : Carbon Steel SA - 516 70
 Konstruksi :
 Kondisi : Temperatur 30°C, Pressure 1 atm
 Operasi :
 Komposisi Storage PTO

Komponen	m (kg/jam)	m (lb/jam)	ρ (lb/ft ³)	V (ft ³ /jam)	BM	kmol/jam	V 2 hari (ft ³ /jam)
PTO	1,2456	2,74653	265,8893	0,01033	317,867	0,004	0,49582
Total	1,2456	2,74653	265,8893	0,01033		0,004	0,49582

Perhitungan dimensi storage :

Kapasitas untuk waktu tinggal = 2 hari

$$W = w_a * 2 \text{ hari}$$

$$W = 1.2456 * 24 \text{ Jam} * 2 \text{ hari}$$

$$W = 59,7885 \text{ kg}$$

Perancangan Storage NaOH

Volume Bahan = 80% volume total

Volume Ruang Kosong = 20% volume total

Double Welded butt Join

Carbon Steel SA 285 Grade M type C

E = 0,8

C = 1/16 0,063 in

Allowable Stress = 13750

$$V \text{ total tangki} = V_m / 0,8 = 0,619777 \text{ ft}^3$$

$$\text{tinggi silinder tangki} = 1,5 * d_o$$

Menghitung diameter dan tinggi tangki penampung

$$V \text{ silinder} = 0.25 * \pi * d^2 * L_s$$

$$V \text{ total} = V \text{ silinder}$$

$$0,619776898 = 1,1775 d^3$$

$$d^3 = 0,52635$$

$$d_o = 0,80741 \text{ ft} = 9,68886 \text{ in}$$

$$= 0,2461 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi silinder tangki} = 1.5 * d_o$$

$$\text{tinggi silinder tangki} = 1.5 * 11.6809$$

$$\text{tinggi silinder tangki} = 0,369146351 \text{ m}$$

$$\text{tangki} =$$

Menghitung Tebal bagian tutup bawah

ASME Code, Section VIII, Division 1, 2015

Required Thickness due to Internal Pressure [tr]:

(Pv Elite, 2016)

$$\begin{aligned} &= d \cdot \sqrt{Z \cdot C \cdot P / (S \cdot E)} \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= 0.2461 \cdot \sqrt{1.00 \cdot 0.20 \cdot 0.101 / (137.90 \cdot 1.00)} \\ &= 2.9833 + 3.1750 = 6.1583 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Max. Allowable Working Pressure at given Thickness, corroded [MAWP]:

$$\begin{aligned} &= (t/d)^2 \cdot ((S \cdot E) / (C \cdot Z)) \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= ((3.0250) / 0.2461)^2 \cdot ((137.90 \cdot 1.00) / (0.20 \cdot 1.00)) \\ &= 0.104 \text{ N./sq.mm.} \end{aligned}$$

Maximum Allowable Pressure, New and Cold [MAPNC]:

$$\begin{aligned} &= (t/d)^2 \cdot ((S \cdot E) / (C \cdot Z)) \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= (6.2000 / 0.2461)^2 \cdot ((137.90 \cdot 1.00) / (0.20 \cdot 1.00)) \\ &= 0.438 \text{ N./sq.mm.} \end{aligned}$$

Actual stress at given pressure and thickness, corroded [Sact]:

$$\begin{aligned} &= (Z \cdot C \cdot P) / (((t/d)^2) \cdot E) \\ &= (1.00 \cdot 0.20 \cdot 0.101) / (((3.0250) / 0.2461)^2 \cdot 1.00) \\ &= 134.126 \text{ N./mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi Tebal tebal tutup atas yang dibutuhkan untuk internal pressure yaitu : 6,1583 mm

Menghitung Tebal bagian tutup atas

Allowable stress bahan Carbon Steel SA - 516 70 = 137.9 N/mm²

(Pv Elite, 2016)

Required Thickness due to Internal Pressure [tr]:

$$\begin{aligned} &= d \cdot \sqrt{Z \cdot C \cdot P / (S \cdot E)} \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= 0.2461 \cdot \sqrt{1.00 \cdot 0.20 \cdot 0.101 / (137.90 \cdot 1.00)} \\ &= 2.9833 + 3.1750 = 6.1583 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Max. Allowable Working Pressure at given Thickness, corroded [MAWP]:

$$\begin{aligned} &= (t/d)^2 \cdot ((S \cdot E) / (C \cdot Z)) \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= ((3.0250) / 0.2461)^2 \cdot ((137.90 \cdot 1.00) / (0.20 \cdot 1.00)) \\ &= 0.104 \text{ N./sq.mm.} \end{aligned}$$

Maximum Allowable Pressure, New and Cold [MAPNC]:

$$\begin{aligned} &= (t/d)^2 \cdot ((S \cdot E) / (C \cdot Z)) \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= (6.2000 / 0.2461)^2 \cdot ((137.90 \cdot 1.00) / (0.20 \cdot 1.00)) \\ &= 0.438 \text{ N./sq.mm.} \end{aligned}$$

Actual stress at given pressure and thickness, corroded [Sact]:

$$\begin{aligned} &= (Z \cdot C \cdot P) / (((t/d)^2) \cdot E) \\ &= (1.00 \cdot 0.20 \cdot 0.101) / (((3.0250) / 0.2461)^2 \cdot 1.00) \\ &= 134.126 \text{ N./mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi Tebal tebal tutup atas yang dibutuhkan untuk internal pressure yaitu : 6,1583 mm

Menghitung Tebal silinder

(Pv Elite, 2016)

Required Thickness due to Internal Pressure [tr]:

$$= (P \cdot Ro) / (S \cdot E + 0.4 \cdot P) \text{ per Appendix 1-1 (a)(1)}$$

$$= (0.101 \cdot 0.1230) / (137.90 \cdot 1.00 + 0.4 \cdot 0.101)$$

$$= 0.0904 + 3.1750 = 3.2654 \text{ mm.}$$

Note: The thickness required was less than the Code Minimum, therefore the Code Minimum value of 1.5000 mm. per UG-16 will be used.

Max. Allowable Working Pressure at given Thickness, corroded [MAWP]:

$$= (S \cdot E \cdot t) / (Ro - 0.4 \cdot t) \text{ per Appendix 1-1 (a)(1)}$$

$$= (137.90 \cdot 1.00 \cdot 3.0250) / (0.1230 - 0.4 \cdot 3.0250)$$

$$= 3.424 \text{ N./sq.mm.}$$

Maximum Allowable Pressure, New and Cold [MAPNC]:

$$= (S \cdot E \cdot t) / (Ro - 0.4 \cdot t) \text{ per Appendix 1-1 (a)(1)}$$

$$= (137.90 \cdot 1.00 \cdot 6.2000) / (0.1230 - 0.4 \cdot 6.2000)$$

$$= 7.091 \text{ N./sq.mm.}$$

Actual stress at given pressure and thickness, corroded [Sact]:

$$= (P \cdot (Ro - 0.4 \cdot t)) / (E \cdot t)$$

$$= (0.101 \cdot ((0.1230 - 0.4 \cdot 3.0250))) / (1.00 \cdot 3.0250)$$

$$= 4.081 \text{ N./mm}^2$$

External Pressure Calculations

From	To	Actual T.	Required T.	Des. Press.	M.A.W.P.	Nama Alat
mm.	mm.	N./sq.mm.	N./sq.mm.			
10	20	6.20000	No Calc	0.10132	No Calc	Tutup Bawah silinder 1 Tutup Atas
20	30	6.20000	4.10141	0.10132	1.48306	
30	40	6.20000	No Calc	0.10132	No Calc	
Minimum			1.483			

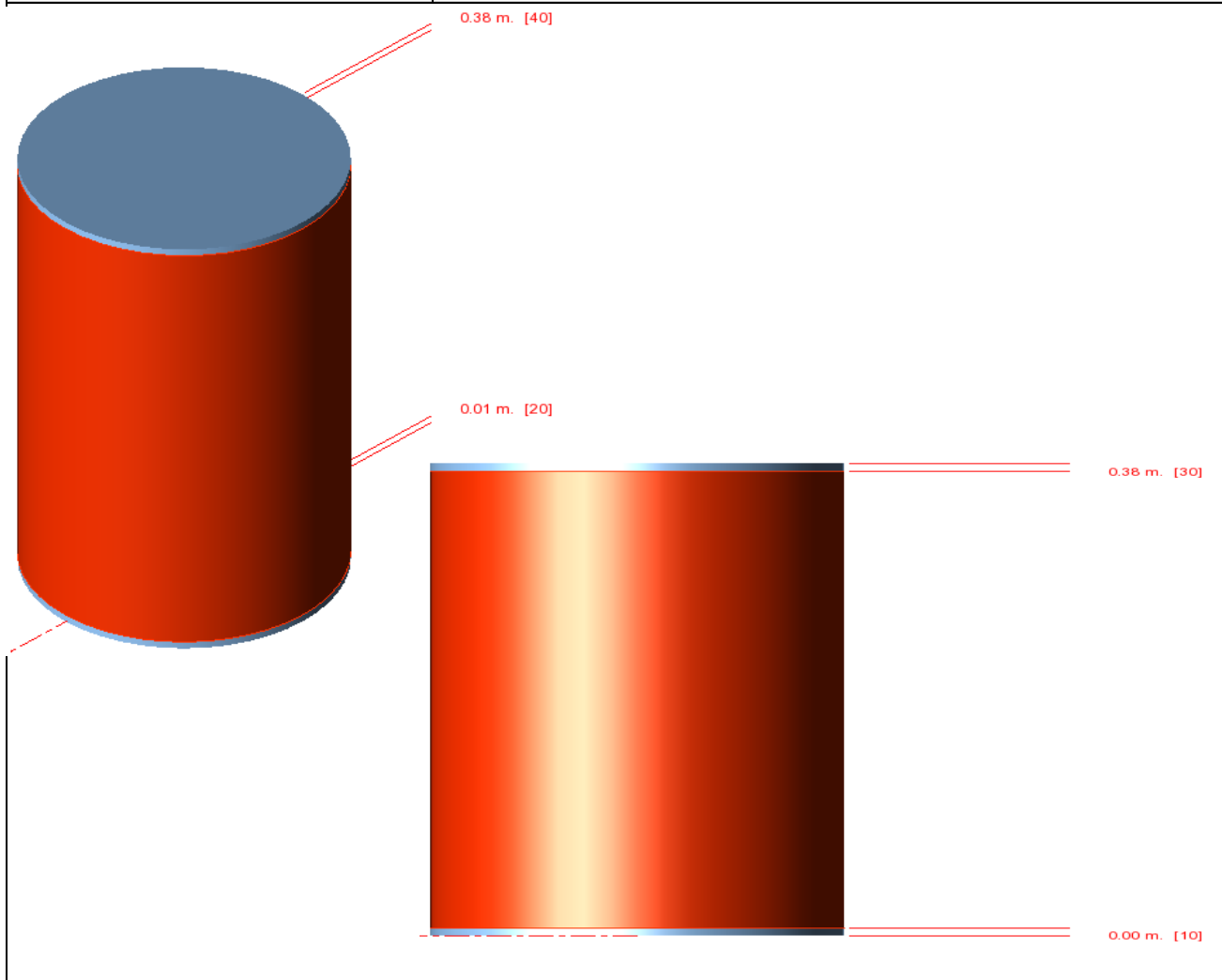
Jadi Tebal Silinder yang dibutuhkan untuk internal pressure yaitu : 3,2654 mm

Jadi Tebal Silinder yang dibutuhkan untuk external pressure yaitu : 4,10141 mm

LEMBAR SPESIFIKASI ALAT	
Nama	Storage PTO
Kode alat	F-134
Fungsi	untuk menampung bahan baku PTO dengan laju alir 1.2456 kg/jam untuk kapasitas penyimpanan selama 2 hari
Kapasitas total tangki (ft3)	0,61978
Bentuk	Silinder dengan tutup atas flat dan bawah bentuk flat
Diameter luar (m)	0,25
Tinggi Tangki (m)	0,37
Bahan	Carbon Steel SA 516-70
KONDISI OPERASI	SILINDER

Temperatur Operasi (C)	40	Outside Diameter (m)	0,246098
Tekanan Operasi (atm)	1	Cylinder length (m)	0,369146351
Laju alir PTO (kg/jam)	1,24559	Finished Thickness (mm)	6,2
PENUTUP		Internal Corrosion allowance	3.175 mm
Penutup bagian atas	welded flat	Material	SA-516 70
Tebal penutup bagian atas	6.2 mm		
Penutup bagian bawah	welded flat		
Tebal penutup bagian bawah	6.2 mm		
Internal Corrosion allowance	3.175 mm		
Temperatur external pressure	40C		
External Pressure	1 atm		
Internal Pressure (atm)	1		
welded flat attachment factor	0,2		

GAMBAR SPESIFIKASI ALAT	
Nama	Tangki Storage Asam sitrat
Kode alat	F-124



SPESIFIKASI STORAGE MEMBRAN (F-241)

Fungsi : untuk menampung membran dengan laju alir
 114087.2436 kg/jam untuk kapasitas penyimpanan
 Bentuk : Gudang persegi empat tegak, lantai rata, dan atap rata
 Bahan : Beton (Dasar), Baja (Tiang), beton (atap)
 Konstruksi :
 Kondisi : Temperatur 30°C, Pressure 1 atm
 Operasi :
 Komposisi Storage Asam Sitrat

Komponen	m (kg/jam)	m (lb/jam)	ρ (lb/ft³)	V (ft³/jam)	BM	kmol/jam	V 2 hari (ft³/jam)
Membran	54325,6392	119788	100,0408	1197,392	780	1093,403	57474,8
Total	54325,6392	119788	100,0408	1197,392		1093,403	57474,8

Perhitungan dimensi storage :

Kapasitas untuk waktu tinggal = 2 hari

$W = w_a * 2 \text{ hari}$

$W = 114087.2436 * 24 \text{ Jam} * 2 \text{ hari}$

$W = 2607630,6828 \text{ kg}$

Volume storage = $W / \text{Rho campuran}$

Volume storage = $\frac{2607631}{100,0408} = 26065,7 \text{ ft}^3$

Over design = 20% maka

Volume design = $1.2 * \text{Volume Storage}$

Volume design = $31278,8 \text{ ft}^3$

Menentukan Dimensi Storage

Volume storage = $W * L * H$

Dimana :

$W =$ Lebar storage, ft

$L =$ Panjang storage, ft

$H =$ Tinggi Storage, ft

Diinginkan $L = 2W$ dan $H = W$

Sehingga $V = W * 2W * W = 2 W^3$

$2 W^3 = 31278,8024 \text{ ft}^3$

$W^3 = 15639,4012 \text{ ft}^3$

$W = 25,0077 \text{ ft}$

Sehingga diperoleh :

$W = 25,0077 \text{ ft}$

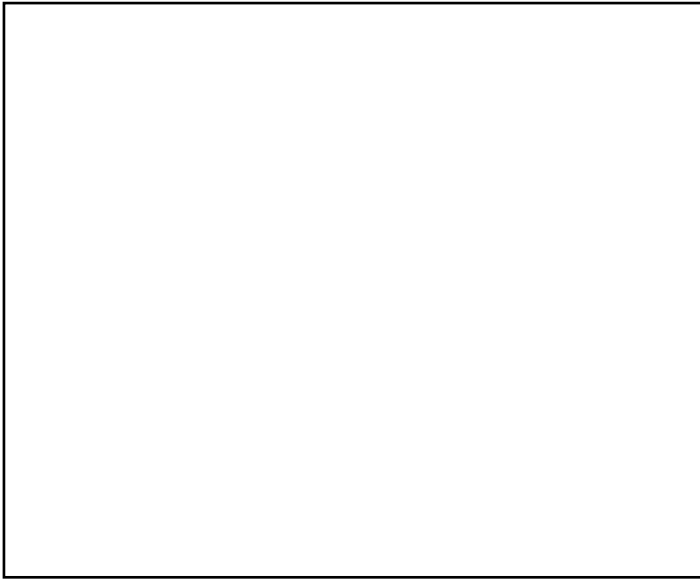
$L = 50,0154 \text{ ft}$

$H = 25,0077 \text{ ft}$

LEMBAR SPESIFIKASI ALAT	
Nama	Storage Membran (F- 241)

Kode alat	F-241
Fungsi	untuk menampung membran dengan laju alir 114087.2436 kg/jam untuk kapasitas penyimpanan selama 2 hari
Kapasitas total tangki (ft3)	31278,8
Bentuk	Gudang persegi empat tegak, lantai rata, dan atap rata
Dimensi	W = 25,01 ft L = 50,02 ft H = 25,01 ft
Tekanan	1 atm
Bahan Konstruksi :	Dasar = Beton Tiang = Baja Atap = Beton
Jumlah :	1 Buah

LEMBAR SPESIFIKASI ALAT

Nama	Storage Kain dan Kapas (F-241)
Kode alat	F-241
	

SPEKIFIKASI STORAGE KAIN DAN KAPAS (F-146)

Fungsi : untuk menampung bahan baku Kain dan kapas dengan laju alir 3293.5622 kg/jam untuk kapasitas
Bentuk : Gudang persegi empat tegak, lantai rata, dan atap rata
Bahan : Beton (Dasar), Baja (Tiang), beton (atap)
Konstruksi :
Kondisi : Temperatur 30°C, Pressure 1 atm
Operasi :
Komposisi Storage Asam Sitrat

Komponen	m (kg/jam)	m (lb/jam)	ρ (lb/ft ³)	V (ft ³ /jam)	BM	kmol/jam	V 2 hari (ft ³ /jam)
Kain	2280,1584	5027,75	444,0813	11,32169	1000	0,228	543,441
Kapas	463,8169	1022,72	374,6889	2,729508	162,141	2,861	131,016
Total	2743,9753	5027,75	430,6015	14,05119		3,089	674,457

Perhitungan dimensi storage :

Kapasitas untuk waktu tinggal = 2 hari

$W = w_a * 2 \text{ hari}$

$W = 829.702 * 24 \text{ Jam} * 2 \text{ hari}$

$W = 131710,8146 \text{ kg}$

Volume storage = $W / \text{Rho campuran}$

Volume storage = $\frac{131710,8}{430,6015} = 305,876 \text{ ft}^3$

Over design = 20% maka

Volume design = $1.2 * \text{Volume Storage}$

Volume design = $367,052 \text{ ft}^3$

Menentukan Dimensi Storage

Volume storage = $W * L * H$

Dimana :

$W =$ Lebar storage, ft

$L =$ Panjang storage, ft

$H =$ Tinggi Storage, ft

Diinginkan $L = 2W$ dan $H = W$

Sehingga $V = W * 2W * W = 2 W^3$

$2 W^3 = 367,0516 \text{ ft}^3$

$W^3 = 183,5258 \text{ ft}^3$

$W = 5,6828 \text{ ft}$

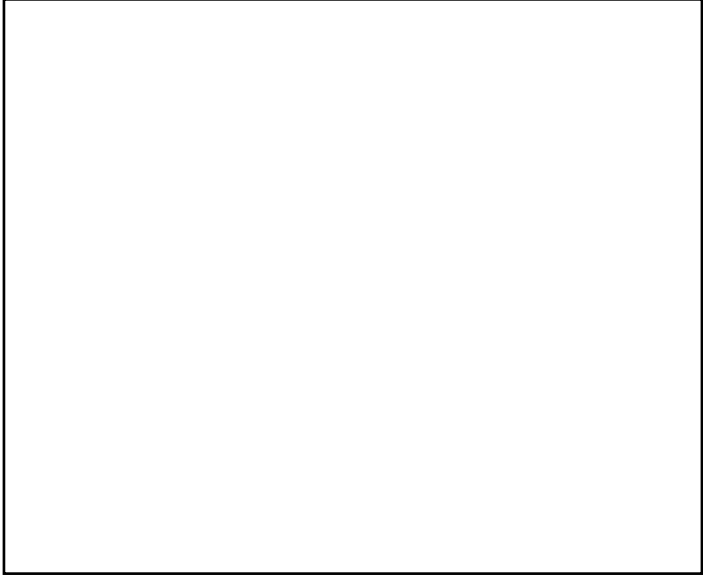
Sehingga diperoleh :

$W = 5,6828 \text{ ft}$

$L = 11,3657 \text{ ft}$

$H = 5,6828 \text{ ft}$

Nama	Storage Kain dan Kapas (F-146)
Kode alat	F-146
Fungsi	untuk menampung bahan baku Kain dan kapas dengan laju alir 3293.5622 kg/jam untuk kapasitas penyimpanan selama 2 hari
Kapasitas total tangki (ft3)	367,052
Bentuk	Gudang persegi empat tegak, lantai rata, dan atap rata
Dimensi	W = 5,68 ft L = 11,37 ft H = 5,68 ft
Tekanan	1 atm
Bahan Konstruksi :	Dasar = Beton Tiang = Baja Atap = Beton
Jumlah :	1 Buah

LEMBAR SPESIFIKASI ALAT	
Nama	Storage Kain dan Kapas (F-146)
Kode alat	F-146
	

SPEKIFIKASI STORAGE ASAM SITRAT (F-124)

Fungsi : untuk menampung bahan baku Asam sitrat dengan laju alir
 456.9422 kg/jam untuk kapasitas penyimpanan selama 2 hari
 Bentuk : Tangki storage dengan tutup bawah dan atas tipe welded flat
 Bahan : Carbon Steel SA - 516 70
 Konstruksi :
 Kondisi :
 Operasi : Temperatur 30°C, Pressure 1 atm
 Komposisi Storage Asam Sitrat

Komponen	m (kg/jam)	m (lb/jam)	ρ (lb/ft³)	V (ft³/jam)	BM	kmol/jam	V 2 hari (ft³/jam)
Asam sitrat	1446,1987	3188,87	103,65	30,76573	192,124	7,527	1476,76
Total	1446,1987	3188,87	103,65	30,76573		7,527	1476,76

Perhitungan dimensi storage :

Kapasitas untuk waktu tinggal = 2 hari

$W = w_a * 2 \text{ hari}$

$W = 456.9422 * 24 \text{ Jam} * 2 \text{ hari}$

$W = 69417,5357 \text{ kg}$

Perancangan Storage NaOH

Volume Bahan = 80% volume total

Volume Ruang Kosong = 20% volume total

Double Welded butt Join

Carbon Steel SA 285 Grade M type C

E = 0,8

C = 1/16 = 0,063 in

Allowable Stress = 13750

$V \text{ total tangki} = V_m / 0,8$
 $= 1845,944 \text{ ft}^3$

tinggi silinder tangki = 1,5 * do

Menghitung diameter dan tinggi tangki penampung

$V \text{ silinder} = 0.25 * \pi * d^2 * L_s$

$V \text{ total} = V \text{ silinder}$

$1845,943876 = 1,1775 d^3$

$d^3 = 1567,68$

$do = 11,6168 \text{ ft} = 139,401 \text{ in}$

$= 3,5408 \text{ m}$

Tinggi silinder tangki = 1.5 * do

tinggi silinder tangki = 1.5 * 11.6809

tinggi silinder tangki = 5,311203591 m

Menghitung Tebal bagian tutup bawah

Allowable stress bahan Carbon Steel SA - 516 70 = 137.9 N/mm²

(Pv Elite, 2016)

ASME Code, Section VIII, Division 1, 2015

Required Thickness due to Internal Pressure [tr]:

$$\begin{aligned} &= d \cdot \sqrt{Z \cdot C \cdot P / (S \cdot E)} \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= 2.4116 \cdot \sqrt{(1.00 \cdot 0.20 \cdot 0.103 / (137.90 \cdot 1.00))} \\ &= 29.5364 + 3.1750 = 32.7114 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Max. Allowable Working Pressure at given Thickness, corroded [MAWP]:

$$\begin{aligned} &= (t/d)^2 \cdot ((S \cdot E) / (C \cdot Z)) \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= ((29.6250) / 2.4116)^2 \cdot ((137.90 \cdot 1.00) / (0.20 \cdot 1.00)) \\ &= 0.104 \text{ N./sq.mm.} \end{aligned}$$

Maximum Allowable Pressure, New and Cold [MAPNC]:

$$\begin{aligned} &= (t/d)^2 \cdot ((S \cdot E) / (C \cdot Z)) \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= (32.8000 / 2.4116)^2 \cdot ((137.90 \cdot 1.00) / (0.20 \cdot 1.00)) \\ &= 0.128 \text{ N./sq.mm.} \end{aligned}$$

Actual stress at given pressure and thickness, corrode

$$\begin{aligned} &= (Z \cdot C \cdot P) / (((t/d)^2) \cdot E) \\ &= (1.00 \cdot 0.20 \cdot 0.103) / (((29.6250) / 2.4116)^2 \cdot 1.00) \\ &= 137.077 \text{ N./mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi Tebal tebal tutup atas yang dibutuhkan untuk internal pressure yaitu :

32,7114 mm

Menghitung Tebal bagian tutup atas

Allowable stress bahan Carbon Steel SA - 516 70 = 137.9 N/mm²

(Pv Elite, 2016)

Required Thickness due to Internal Pressure [tr]:

$$\begin{aligned} &= d \cdot \sqrt{Z \cdot C \cdot P / (S \cdot E)} \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= 2.4116 \cdot \sqrt{(1.00 \cdot 0.20 \cdot 0.103 / (137.90 \cdot 1.00))} \\ &= 29.5364 + 3.1750 = 32.7114 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Max. Allowable Working Pressure at given Thickness, corroded [MAWP]:

$$\begin{aligned} &= (t/d)^2 \cdot ((S \cdot E) / (C \cdot Z)) \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= ((29.6250) / 2.4116)^2 \cdot ((137.90 \cdot 1.00) / (0.20 \cdot 1.00)) \\ &= 0.104 \text{ N./sq.mm.} \end{aligned}$$

Maximum Allowable Pressure, New and Cold [MAPNC]:

$$\begin{aligned} &= (t/d)^2 \cdot ((S \cdot E) / (C \cdot Z)) \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= (32.8000 / 2.4116)^2 \cdot ((137.90 \cdot 1.00) / (0.20 \cdot 1.00)) \\ &= 0.128 \text{ N./sq.mm.} \end{aligned}$$

Actual stress at given pressure and thickness, corroded [Sact]:

$$\begin{aligned} &= (Z \cdot C \cdot P) / (((t/d)^2) \cdot E) \\ &= (1.00 \cdot 0.20 \cdot 0.103) / (((29.6250) / 2.4116)^2 \cdot 1.00) \\ &= 137.077 \text{ N./mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi Tebal tebal tutup atas yang dibutuhkan untuk internal pressure yaitu :

32,7114 mm

Menghitung Tebal silinder (Pv Elite, 2016)

Required Thickness due to Internal Pressure [tr]:

$$= (P \cdot Ro) / (S \cdot E + 0.4 \cdot P) \text{ per Appendix 1-1 (a)(1)}$$

$$= (0.101 \cdot 1.2058) / (137.90 \cdot 1.00 + 0.4 \cdot 0.101)$$

$$= 0.8857 + 3.1750 = 4.0607 \text{ mm.}$$

Note: The thickness required was less than the Code Minimum, therefore the Code Minimum value of 1.5000 mm. per UG-16 will be used.

Max. Allowable Working Pressure at given Thickness, corroded [MAWP]:

$$= (S \cdot E \cdot t) / (Ro - 0.4 \cdot t) \text{ per Appendix 1-1 (a)(1)}$$

$$= (137.90 \cdot 1.00 \cdot 9.2250) / (1.2058 - 0.4 \cdot 9.2250)$$

$$= 1.058 \text{ N./sq.mm.}$$

Maximum Allowable Pressure, New and Cold [MAPNC]:

$$= (S \cdot E \cdot t) / (Ro - 0.4 \cdot t) \text{ per Appendix 1-1 (a)(1)}$$

$$= (137.90 \cdot 1.00 \cdot 12.4000) / (1.2058 - 0.4 \cdot 12.4000)$$

$$= 1.424 \text{ N./sq.mm.}$$

Actual stress at given pressure and thickness, corroded [Sact]:

$$= (P \cdot (Ro - 0.4 \cdot t)) / (E \cdot t)$$

$$= (0.101 \cdot ((1.2058 - 0.4 \cdot 9.2250)) / (1.00 \cdot 9.2250))$$

$$= 13.204 \text{ N./mm}^2$$

External Pressure Calculations

From	To	Actual T.	Required T.	Des. Press.	M.A.W.P.	Nama Alat
mm.	mm.	N./sq.mm.	N./sq.mm.			
10	20	32.8000	No Calc	0.10343	No Calc	Tutup Bawah silinder 1 Tutup Atas
20	30	12.4000	12.3302	0.10343	0.10535	
30	40	32.8000	No Calc	0.10343	No Calc	
Minimum				0.105		

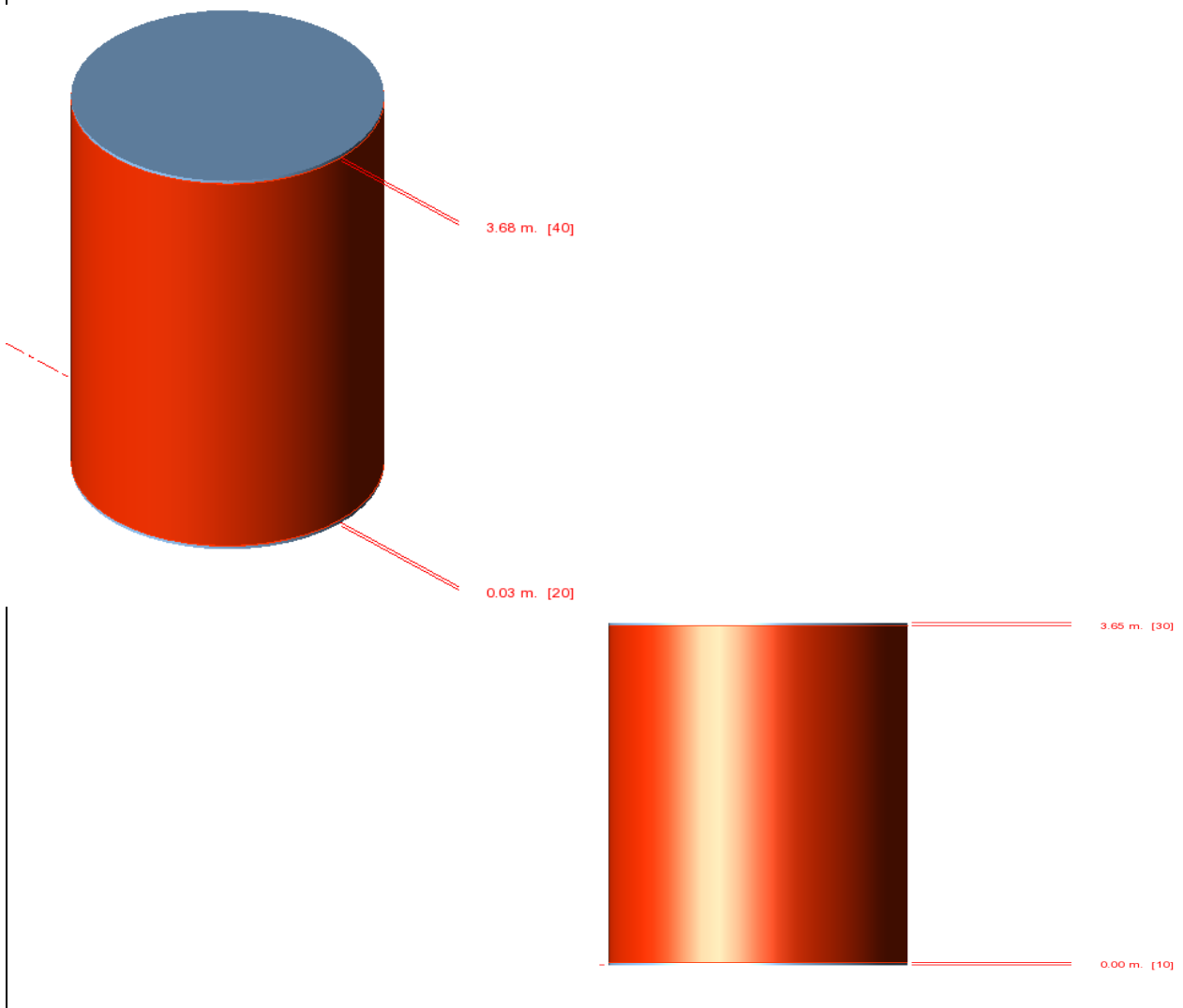
Jadi Tebal Silinder yang dibutuhkan untuk internal pressure yaitu : 4,0607 mm

Jadi Tebal Silinder yang dibutuhkan untuk external pressure yaitu : 12,3302 mm

LEMBAR SPESIFIKASI ALAT			
Nama	Storage Asam Sitrat		
Kode alat	F-124		
Fungsi	untuk menampung bahan baku Asam sitrat dengan laju alir 456.9422 kg/jam untuk kapasitas penyimpanan selama 2 hari		
Kapasitas total tangki (ft3)	1845,94		
Bentuk	Silinder dengan tutup atas flat dan bawah bentuk flat		
Diameter luar (m)	3,54		
Tinggi Tangki (m)	5,31		
Bahan	Carbon Steel SA 516-70		
KONDISI OPERASI		SILINDER	
Temperatur Operasi (C)	40	Outside Diameter (m)	3,540802394

Tekanan Operasi (atm)	1	Cylinder length (m)	5,311203591
Laju alir asam sitrat (kg/jam)	1446,2	Finished Thickness (mm)	12,4
PENUTUP		Internal Corrosion allowance	3.175 mm
Penutup bagian atas	welded flat	Material	SA-516 70
Tebal penutup bagian atas	32.8 mm		
Penutup bagian bawah	welded flat		
Tebal penutup bagian bawah	32.8 mm		
Internal Corrosion allowance	3.175 mm		
Temperatur external pressure	40C		
External Pressure	1 atm		
Internal Pressure (atm)	1		
welded flat attachment factor	0,2		

GAMBAR SPESIFIKASI ALAT	
Nama	Tangki Storage Asam sitrat
Kode alat	F-124



SPEKIFIKASI STORAGE UREA (F-114)

Fungsi : untuk menampung bahan baku Urea dengan laju alir
 50670.1878 kg/jam untuk kapasitas penyimpanan selama 2 hari
 Bentuk : Tangki storage dengan tutup bawah dan atas tipe welded flat
 Bahan : Carbon Steel SA - 516 70
 Konstruksi :
 Kondisi :
 Operasi : Temperatur 30°C, Pressure 1 atm
 Komposisi Storage Urea

Komponen	m (kg/jam)	m (lb/jam)	ρ (lb/ft³)	V (ft³/jam)	BM	kmol/jam	V 2 hari (ft³/jam)
Urea	23190,8428	51135,8	83,34364	613,5538	60	386,514	29450,6
Total	23190,8428	51135,8	83,34364	613,5538		386,514	29450,6

Perhitungan dimensi storage :

Kapasitas untuk waktu tinggal = 2 hari

$W = w_a * 2 \text{ hari}$

$W = 50670.1877 * 24 \text{ Jam} * 2 \text{ hari}$

$W = 1113160,4538 \text{ kg}$

Perancangan Storage NaOH

Volume Bahan = 80% volume total

Volume Ruang Kosong = 20% volume total

Double Welded butt Join

Carbon Steel SA 285 Grade M type C

E = 0,8

C = 1/16 0,063 in

Allowable Stress = 13750

$V \text{ total tangki} = V_m / 0,8$
 $= 36813,23 \text{ ft}^3$

tinggi silinder tangki = 1,5 * do

Menghitung diameter dan tinggi tangki penampung

$V \text{ silinder} = 0.25 * \pi * d^2 * L_s$

$V \text{ total} = V \text{ silinder}$

$36813,22895 = 1,1775 d^3$

$d^3 = 31263,9$

$do = 31,5027 \text{ ft} = 378,032 \text{ in}$

$= 9,60204 \text{ m}$

Tinggi silinder tangki = 1.5 * do

tinggi silinder tangki = 1.5 * 11.6809

tinggi silinder tangki = 14,40305953 m

Menghitung Tebal bagian tutup bawah

Allowable stress bahan Carbon Steel SA - 516 70 = 137.9 N/mm² (Pv Elite, 2016)

ASME Code, Section VIII, Division 1, 2015

Required Thickness due to Internal Pressure [tr]:

$$\begin{aligned} &= d \cdot \sqrt{Z \cdot C \cdot P / (S \cdot E)} \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= 12.4597 \cdot \sqrt{(1.00 \cdot 0.20 \cdot 0.101) / (137.90 \cdot 1.00)} \\ &= 151.0450 + 3.1750 = 154.2200 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Max. Allowable Working Pressure at given Thickness, corroded [MAWP]:

$$\begin{aligned} &= (t/d)^2 \cdot ((S \cdot E) / (C \cdot Z)) \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= ((151.1250) / 12.4597)^2 \cdot ((137.90 \cdot 1.00) / (0.20 \cdot 1.00)) \\ &= 0.101 \text{ N./sq.mm.} \end{aligned}$$

Maximum Allowable Pressure, New and Cold [MAPNC]:

$$\begin{aligned} &= (t/d)^2 \cdot ((S \cdot E) / (C \cdot Z)) \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= (154.3000 / 12.4597)^2 \cdot ((137.90 \cdot 1.00) / (0.20 \cdot 1.00)) \\ &= 0.106 \text{ N./sq.mm.} \end{aligned}$$

Actual stress at given pressure and thickness, corrode

$$\begin{aligned} &= (Z \cdot C \cdot P) / (((t/d)^2) \cdot E) \\ &= (1.00 \cdot 0.20 \cdot 0.101) / (((151.1250) / 12.4597)^2 \cdot 1.00) \\ &= 137.754 \text{ N./mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi Tebal tebal tutup atas yang dibutuhkan untuk internal pressure yaitu : 154,22 mm

Menghitung Tebal bagian tutup atas

Allowable stress bahan Carbon Steel SA - 516 70 = 137.9 N/mm² (Pv Elite, 2016)

Required Thickness due to Internal Pressure [tr]:

$$\begin{aligned} &= d \cdot \sqrt{Z \cdot C \cdot P / (S \cdot E)} \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= 12.4597 \cdot \sqrt{(1.00 \cdot 0.20 \cdot 0.101) / (137.90 \cdot 1.00)} \\ &= 151.0450 + 3.1750 = 154.2200 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Max. Allowable Working Pressure at given Thickness, corroded [MAWP]:

$$\begin{aligned} &= (t/d)^2 \cdot ((S \cdot E) / (C \cdot Z)) \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= ((151.1250) / 12.4597)^2 \cdot ((137.90 \cdot 1.00) / (0.20 \cdot 1.00)) \\ &= 0.101 \text{ N./sq.mm.} \end{aligned}$$

Maximum Allowable Pressure, New and Cold [MAPNC]:

$$\begin{aligned} &= (t/d)^2 \cdot ((S \cdot E) / (C \cdot Z)) \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= (154.3000 / 12.4597)^2 \cdot ((137.90 \cdot 1.00) / (0.20 \cdot 1.00)) \\ &= 0.106 \text{ N./sq.mm.} \end{aligned}$$

Actual stress at given pressure and thickness, corroded [Sact]:

$$\begin{aligned} &= (Z \cdot C \cdot P) / (((t/d)^2) \cdot E) \\ &= (1.00 \cdot 0.20 \cdot 0.101) / (((151.1250) / 12.4597)^2 \cdot 1.00) \\ &= 137.754 \text{ N./mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi Tebal tebal tutup atas yang dibutuhkan untuk internal pressure yaitu : 154,22 mm

Menghitung Tebal silinder (Pv Elite, 2016)

Required Thickness due to Internal Pressure [tr]:

$$= (P \cdot Ro) / (S \cdot E + 0.4 \cdot P) \text{ per Appendix 1-1 (a)(1)}$$

$$= (0.101 \cdot 6.2299) / (137.90 \cdot 1.00 + 0.4 \cdot 0.101)$$

$$= 4.5763 + 3.1750 = 7.7513 \text{ mm.}$$

Max. Allowable Working Pressure at given Thickness, corroded [MAWP]:

$$= (S \cdot E \cdot t) / (Ro - 0.4 \cdot t) \text{ per Appendix 1-1 (a)(1)}$$

$$= (137.90 \cdot 1.00 \cdot 46.9250) / (6.2299 - 0.4 \cdot 46.9250)$$

$$= 1.042 \text{ N./sq.mm.}$$

Maximum Allowable Pressure, New and Cold [MAPNC]:

$$= (S \cdot E \cdot t) / (Ro - 0.4 \cdot t) \text{ per Appendix 1-1 (a)(1)}$$

$$= (137.90 \cdot 1.00 \cdot 50.1000) / (6.2299 - 0.4 \cdot 50.1000)$$

$$= 1.113 \text{ N./sq.mm.}$$

Actual stress at given pressure and thickness, corroded [Sact]:

$$= (P \cdot (Ro - 0.4 \cdot t)) / (E \cdot t)$$

$$= (0.101 \cdot ((6.2299 - 0.4 \cdot 46.9250)) / (1.00 \cdot 46.9250))$$

$$= 13.412 \text{ N./mm}^2$$

Perhitungan Eksternal Pressure Ketebalan silinder yang dibutuhkan (PV Elite, 2016)

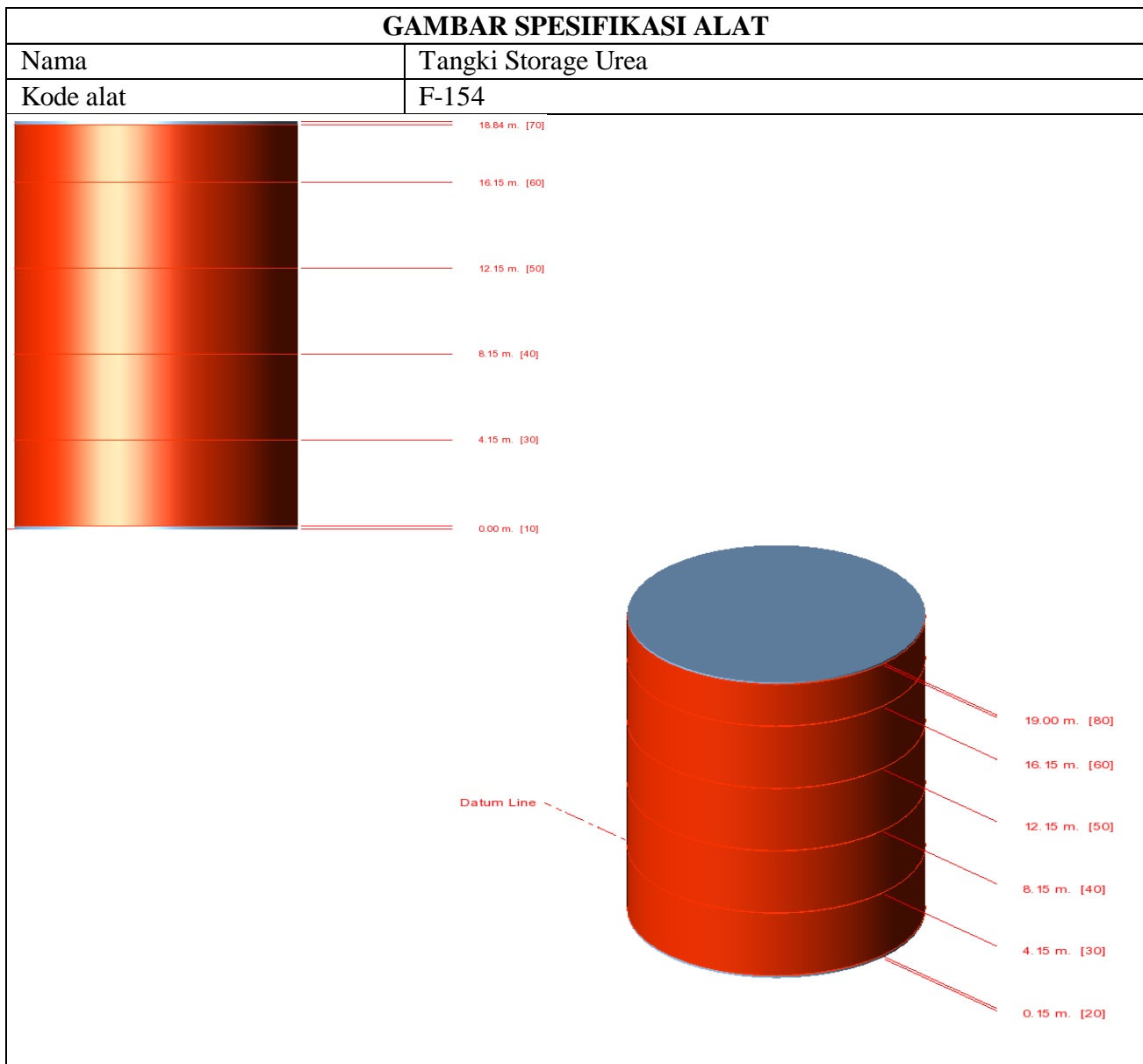
From	To	Actual T.	Required T.	Des. Press.	M.A.W.P.	Nama Alat
		mm.	mm.	N./sq.mm.	N./sq.mm.	
10	20	154.300	No Calc	0.10133	No Calc	Tutup Bawah
20	30	50.1000	50.0796	0.10133	0.10144	silinder 1
30	40	50.1000	50.0796	0.10133	0.10144	silinder 2
40	50	50.1000	50.0796	0.10133	0.10144	silinder 3
50	60	50.1000	50.0796	0.10133	0.10144	silinder 4
60	70	50.1000	50.0796	0.10133	0.10144	silinder 5
70	80	154.300	No Calc	0.10133	No Calc	Tutup Atas
Minimum		0.101				

Jadi Tebal Silinder yang dibutuhkan untuk internal pressure yaitu : 7,7513 mm

Jadi Tebal Silinder yang dibutuhkan untuk external pressure yaitu : 50,0796 mm

LEMBAR SPESIFIKASI ALAT			
KONDISI OPERASI		SILINDER	
Nama	Storage Urea		
Kode alat	F-154		
Fungsi	untuk menampung bahan baku Urea dengan laju alir 50670.1877 kg/jam untuk kapasitas penyimpanan selama 2 hari		
Kapasitas total tangki (ft3)	36813,2		
Bentuk	Silinder dengan tutup atas flat dan bawah bentuk flat		
Diameter luar (m)	9,60		
Tinggi Tangki (m)	14,40		
Bahan	Carbon Steel SA 516-70		
Temperatur Operasi (C)	40	Outside Diameter (m)	9,602039686

Tekanan Operasi (atm)	1	Cylinder length (m)	14,40305953
Laju alir urea (kg/jam)	23190,8	Finished Thickness (mm)	50,1
PENUTUP		Internal Corrosion allowance	3.175 mm
Penutup bagian atas	welded flat	Material	SA-516 70
Tebal penutup bagian atas	154. mm		
Penutup bagian bawah	welded flat		
Tebal penutup bagian bawah	154.3 mm		
Internal Corrosion allowance	3.175 mm		
Temperatur external pressure	40C		
External Pressure	1 atm		
Internal Pressure (atm)	1		
welded flat attachment factor	0,2		



SPEKIFIKASI STORAGE NaOH (F-114)

Fungsi : untuk menampung bahan baku NaOH dengan laju alir
59611.9856 kg/jam untuk kapasitas penyimpanan selama 2 hari
Bentuk : Tangki storage dengan tutup bawah dan atas tipe welded flat
Bahan Carbon Steel SA - 516 70
Konstruksi :
Kondisi Temperatur 30°C, Pressure 1 atm
Operasi :
Komposisi Storage NaOH

Komponen	m (kg/jam)	m (lb/jam)	ρ (lb/ft ³)	V (ft ³ /jam)	BM	kmol/jam	V 2 hari (ft ³ /jam)
NaOH	27283,3445	60159,8	119	505,5443	40	682,084	24266,1
Total	27283,3445	60159,8	119	505,5443		682,084	24266,1

Perhitungan dimensi storage :

Kapasitas untuk waktu tinggal = 2 hari

$W = w_a * 2 \text{ hari}$

$W = 59611.9856 * 24 \text{ Jam} * 2 \text{ hari}$

$W = 1309600,5338 \text{ kg}$

Perancangan Storage NaOH

Volume Bahan = 80% volume total

Volume Ruang Kosong = 20% volume total

Double Welded butt Join

Carbon Steel SA 285 Grade M type C

E = 0,8

C = 1/16 0,063 in

Allowable Stress = 13750

V total tangki = $V_m / 0,8$
= 30332,66 ft³

tinggi silinder tangki = 1,5 * do

Menghitung diameter dan tinggi tangki penampung

$V \text{ silinder} = 0.25 * \pi * d^2 * L_s$

$V \text{ total} = V \text{ silinder}$

30332,65942 = 1,1775 d³

d³ = 25760,2

do = 29,5336 ft = 354,403 in

= 9,00186 m

Tinggi silinder tangki = 1.5 * do

tinggi silinder tangki = 1.5 * 11.6809

tinggi silinder tangki = 13,50279315 m

Menghitung Tebal bagian tutup bawah

Allowable stress bahan Carbon Steel SA - 516 70 = 137.9 N/mm²

(Pv Elite, 2016)

Required Thickness due to Internal Pressure [tr]:

$$\begin{aligned} &= d \cdot \sqrt{Z \cdot C \cdot P / (S \cdot E)} \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= 11.6809 \cdot \sqrt{(1.00 \cdot 0.20 \cdot 0.101) / (137.90 \cdot 1.00)} \\ &= 141.6055 + 3.1750 = 144.7805 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Max. Allowable Working Pressure at given Thickness, corroded [MAWP]:

$$\begin{aligned} &= (t/d)^2 \cdot ((S \cdot E) / (C \cdot Z)) \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= ((141.8250) / 11.6809)^2 \cdot ((137.90 \cdot 1.00) / (0.20 \cdot 1.00)) \\ &= 0.102 \text{ N./sq.mm.} \end{aligned}$$

Maximum Allowable Pressure, New and Cold [MAPNC]:

$$\begin{aligned} &= (t/d)^2 \cdot ((S \cdot E) / (C \cdot Z)) \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= (145.0000 / 11.6809)^2 \cdot ((137.90 \cdot 1.00) / (0.20 \cdot 1.00)) \\ &= 0.106 \text{ N./sq.mm.} \end{aligned}$$

Actual stress at given pressure and thickness, corrode

$$\begin{aligned} &= (Z \cdot C \cdot P) / (((t/d)^2) \cdot E) \\ &= (1.00 \cdot 0.20 \cdot 0.101) / (((141.8250) / 11.6809)^2 \cdot 1.00) \\ &= 137.473 \text{ N./mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi Tebal tebal tutup bawah yang dibutuhkan untuk internal pressure yaitu : 144,7805 mm

Menghitung Tebal bagian tutup atas

Allowable stress bahan Carbon Steel SA - 516 70 = 137.9 N/mm²

(Pv Elite, 2016)

Required Thickness due to Internal Pressure [tr]:

$$\begin{aligned} &= d \cdot \sqrt{Z \cdot C \cdot P / (S \cdot E)} \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= 11.6809 \cdot \sqrt{(1.00 \cdot 0.20 \cdot 0.101) / (137.90 \cdot 1.00)} \\ &= 141.6055 + 3.1750 = 144.7805 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Max. Allowable Working Pressure at given Thickness, corroded [MAWP]:

$$\begin{aligned} &= (t/d)^2 \cdot ((S \cdot E) / (C \cdot Z)) \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= ((141.8250) / 11.6809)^2 \cdot ((137.90 \cdot 1.00) / (0.20 \cdot 1.00)) \\ &= 0.102 \text{ N./sq.mm.} \end{aligned}$$

Maximum Allowable Pressure, New and Cold [MAPNC]:

$$\begin{aligned} &= (t/d)^2 \cdot ((S \cdot E) / (C \cdot Z)) \text{ per UG-34 (c)(3)} \\ &= (145.0000 / 11.6809)^2 \cdot ((137.90 \cdot 1.00) / (0.20 \cdot 1.00)) \\ &= 0.106 \text{ N./sq.mm.} \end{aligned}$$

Actual stress at given pressure and thickness, corroded [Sact]:

$$\begin{aligned} &= (Z \cdot C \cdot P) / (((t/d)^2) \cdot E) \\ &= (1.00 \cdot 0.20 \cdot 0.101) / (((141.8250) / 11.6809)^2 \cdot 1.00) \\ &= 137.473 \text{ N./mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi Tebal tebal tutup atas yang dibutuhkan untuk internal pressure yaitu : 144,7805 mm

Menghitung Tebal silinder (Pv Elite, 2016)

Required Thickness due to Internal Pressure [tr]:

$$= (P \cdot Ro) / (S \cdot E + 0.4 \cdot P) \text{ per Appendix 1-1 (a)(1)}$$

$$= (0.101 \cdot 5.8404) / (137.90 \cdot 1.00 + 0.4 \cdot 0.101)$$

$$= 4.2904 + 3.1750 = 7.4654 \text{ mm.}$$

Max. Allowable Working Pressure at given Thickness, corroded [MAWP]:

$$= (S \cdot E \cdot t) / (Ro - 0.4 \cdot t) \text{ per Appendix 1-1 (a)(1)}$$

$$= (137.90 \cdot 1.00 \cdot 44.0250) / (5.8404 - 0.4 \cdot 44.0250)$$

$$= 1.043 \text{ N./sq.mm.}$$

Maximum Allowable Pressure, New and Cold [MAPNC]:

$$= (S \cdot E \cdot t) / (Ro - 0.4 \cdot t) \text{ per Appendix 1-1 (a)(1)}$$

$$= (137.90 \cdot 1.00 \cdot 47.2000) / (5.8404 - 0.4 \cdot 47.2000)$$

$$= 1.118 \text{ N./sq.mm.}$$

Actual stress at given pressure and thickness, corroded [Sact]:

$$= (P \cdot (Ro - 0.4 \cdot t)) / (E \cdot t)$$

$$= (0.101 \cdot ((5.8404 - 0.4 \cdot 44.0250)) / (1.00 \cdot 44.0250))$$

$$= 13.402 \text{ N./mm}^2$$

Perhitungan Eksternal Pressure Ketebalan silinder yang dibutuhkan (PV Elite, 2016)

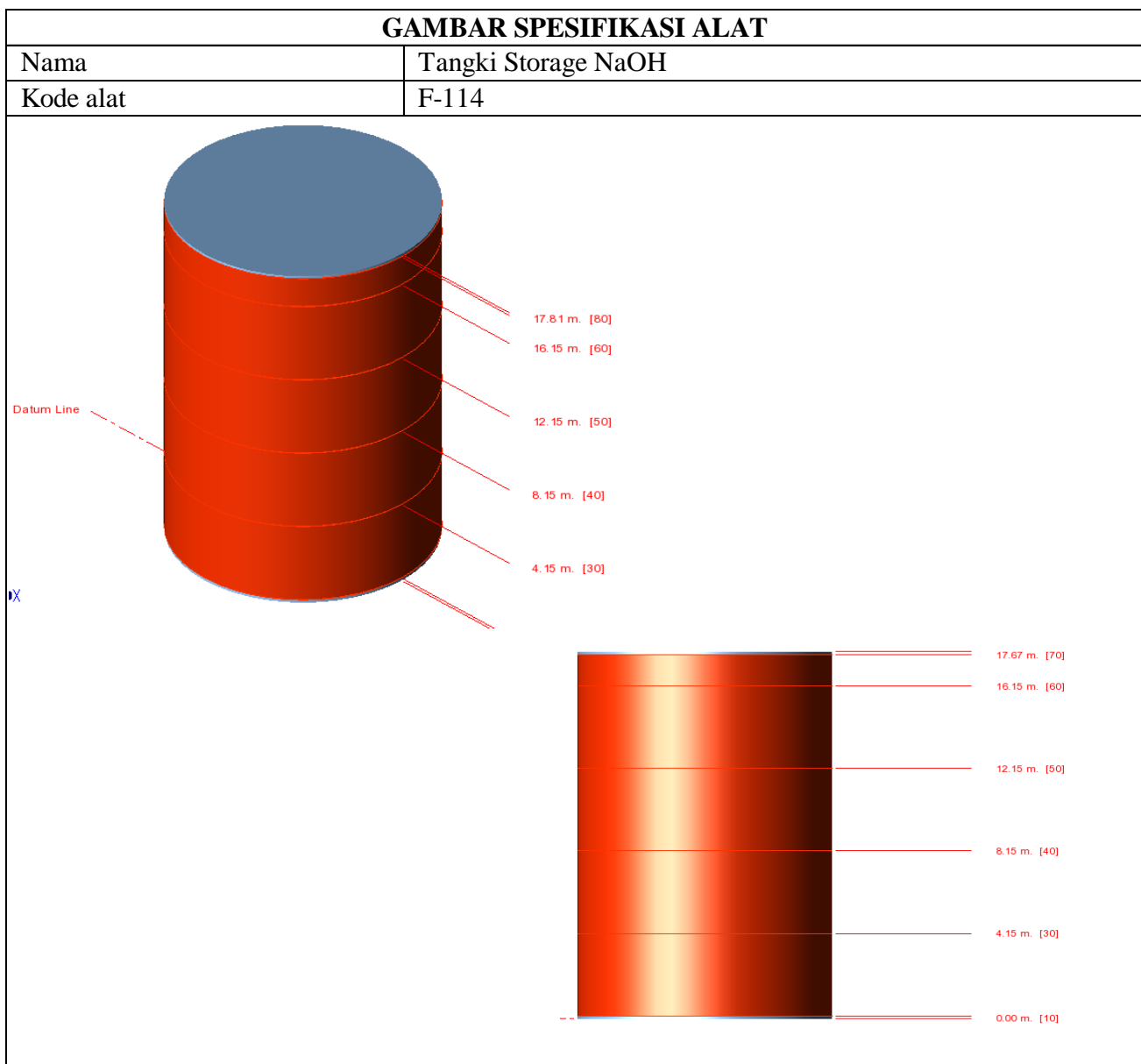
From	To	Actual T.	Required T.	Des. Press.	M.A.W.P.	Nama Alat
		mm.	mm.	N./sq.mm.	N./sq.mm.	
10	20	145.000	No Calc	0.10133	No Calc	Tutup Bawah
20	30	47.2000	47.1482	0.10133	0.10163	silinder 1
30	40	47.2000	47.1482	0.10133	0.10163	silinder 2
40	50	47.2000	47.1482	0.10133	0.10163	silinder 3
50	60	47.2000	47.1482	0.10133	0.10163	silinder 4
60	70	47.2000	47.1482	0.10133	0.10163	silinder 5
70	80	145.000	No Calc	0.10133	No Calc	Tutup Atas
Minimum				0.102		

Jadi Tebal Silinder yang dibutuhkan untuk internal pressure yaitu : 7,4654 mm

Jadi Tebal Silinder yang dibutuhkan untuk external pressure yaitu : 47,1482 mm

LEMBAR SPESIFIKASI ALAT			
KONDISI OPERASI		SILINDER	
Nama	Storage NaOH		
Kode alat	F-114		
Fungsi	untuk menampung bahan baku NaOH dengan laju alir 59611.9856 kg/jam untuk kapasitas penyimpanan selama 2 hari		
Kapasitas total tangki (ft3)	30332,7		
Bentuk	Silinder dengan tutup atas flat dan bawah bentuk flat		
Diameter luar (m)	9,00		
Tinggi Tangki (m)	13,50		
Bahan	Carbon Steel SA 516-70		
Temperatur Operasi (C)	40	Outside Diameter (m)	9,001862099

Tekanan Operasi (atm)	1	Cylinder length (m)	13,50279315
Laju alir NaOH (kg/jam)	27283,3	Finished Thickness (mm)	47,2
PENUTUP		Internal Corrosion allowance	3.175 mm
Penutup bagian atas	welded flat	Material	SA-516 70
Tebal penutup bagian atas	145 mm		
Penutup bagian bawah	welded flat		
Tebal penutup bagian bawah	145 mm		
Internal Corrosion allowance	3.175 mm		
Temperatur external pressure	40C		
External Pressure	1 atm		
Internal Pressure (atm)	1		
welded flat attachment factor	0,2		



LAMPIRAN J

PERHITUNGAN UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH

- 1 Unit Penyediaan Air
- 2 Perancang Alat
- 3 Unit Penyediaan Listrik
- 4 Unit Pengolahan Limbah

Asumsi : Suhu air masuk pada T = 30°C

Dari App. A.2-3 dan A.2-4 Geankoplis, didapatkan data air pada Temperatur 30°C :

$$\begin{aligned} \text{Densitas } (\rho) &= 995,6800 \text{ kg/m}^3 \\ &= 0,9957 \text{ kg/L} \end{aligned}$$

$$\text{Viskositas } (\mu) = 0,8360 \text{ cp}$$

J.1 Unit Penyediaan Air

1. Air sanitasi

Kebutuhan air untuk sanitasi diperlukan sebagai berikut:

a. Air untuk karyawan

Menurut Sarwoko, 2010 kebutuhan air sanitasi per orang adalah 0,12 m³/hari/orang. Maka, untuk keperluan pekerja pabrik diperkirakan dibutuhkan air sebanyak:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air} &= 120 \text{ Liter/hari/orang} \\ &= 0,120 \text{ m}^3/\text{hari/orang} \end{aligned}$$

Sehingga untuk 140 karyawan, diperlukan air sebanyak:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air} &= 140 \text{ orang} \times 0,12 \text{ m}^3/\text{orang/hari} \\ &= 16,8000 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

b. Air untuk mushola, klinik kesehatan dan kantin

$$\begin{aligned} &= 0,15 \times 16,8000 \\ &= 2,5200 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

c. Kebutuhan air untuk laboratorium
 = 0,10 x 16,8000
 = 1,6800 m³/hari

d. Air *hydrant fire*
 = 0,05 x 16,8000
 = 0,8400 m³/hari

e. Air untuk kebersihan, pertamanan dan lain-lain
 = 0,10 x 16,8000
 = 1,6800 m³/hari

Total kebutuhan air sanitasi adalah :

Kebutuhan air karyawan	=	16,80	m ³ /hari	
Kebutuhan air mushola, klinik dan kantin	=	2,52	m ³ /hari	
Kebutuhan air untuk laboratorium	=	1,68	m ³ /hari	
Air <i>hydrant fire</i>	=	0,84	m ³ /hari	
Air pertamanan	=	1,68	m ³ /hari	
Total	=	23,52	m ³ /hari	= 1 m ³ /jam

2. Air Proses

Air proses merupakan air yang berkontak langsung dengan bahan-bahan dalam proses. Karena itu air proses memiliki syarat sebagai berikut :

- Kesadahan (Hardness) rendah
- Bebas mikroorganisme
- Bebas mineral tertentu (aquades)

No	Alat	Kode Alat	Rate air (kg/jam)
1	Cooler Conveyor	J-230	1000
2	Mixer 1	M-110	109133,3778
3	Mixer 2	M-120	50182,82153
4	Mixer 3	M-130	7,837200419
5	Mixer 5	M-150	73437,66883
Total			233761,7054

Air proses yang dibutuhkan sebesar
 = 233761,7054 kg/jam
 = 5610280,929 kg/hari

Cadangan untuk air proses sebesar 15 % dari kebutuhan air proses :

$$\begin{aligned}\text{Cadangan air} &= 0,15 \times 5610280,9 = 841542 \\ \text{Total kebutuhan air proses} &= 6\text{E}+06 + 841542 \\ &= 6\text{E}+06 \text{ kg/hari} \\ &= 6480 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui total kebutuhan air pabrik yang dialirkan dari sungai (pada start up pabrik) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Air Sanitasi} &= 23,5 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Air Proses} &= 6480 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Total} &= 6503 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

J.2 Perancang Alat

1. Screening

Fungsi	:	Untuk menyaring partikel yang terdapat pada air sungai
Jenis	:	<i>Bar Rack Screener</i>
Jumlah	:	1 buah
Bahan	:	<i>Stainless steel</i>

Kondisi Operasi

a. Temperatur	=	30 °C
b. Tekanan	=	1 atm
Waktu tinggal	=	1 jam
Rate volumetrik	=	6.503,3359 m ³ /hari
	=	270,97 m ³ /jam

$$\begin{aligned}\text{Volume air dalam bak} &= 270,9723 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1 \text{ jam} \\ &= 270,9723 \text{ m}^3 \\ &= 11.241,74 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume bak direncanakan} &= 80\% \text{ terisi air} \\ \text{Volume bak} &= \frac{270,97}{0,80} \\ &= 338,72 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Digunakan bak berbentuk persegi panjang dengan ketentuan ukuran :

Panjang	=	3x
Lebar	=	2x
Tinggi	=	x

$$\begin{aligned}
 \text{Volume bak} &= p \times l \times t \\
 338,7154 \text{ m}^3 &= (3x) \times (2x) \times (x) \\
 338,7154 \text{ m}^3 &= 6x^3 \\
 x &= 3,8361 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 3 \times 3,8361 \text{ m} \\
 &= 11,5084 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= 2 \times 3,8361 \text{ m} \\
 &= 7,6723 \text{ m} \\
 \text{Tinggi} &= 1 \times 3,8361 \text{ m} \\
 &= 3,8361 \text{ m}
 \end{aligned}$$

2. Bak Pengaduk (Clarifier)

Fungsi : Memisahkan endapan (flok-flok) yang terbentuk karena terdapat kandungan KCl dan K₂SO₄

Tipe : *External Solid Recirculation Clasifier*

Bentuk : *Circular Design*

Bahan Kontruksi : *Carbon Steel SA-283 Grade C*

Kondisi Operasi:

Temperatur = 30 °C

Tekanan = 1 atm

$$\begin{aligned}
 \text{Laju volumetrik air (Qf)} &= 6.503,34 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 270,97 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 7.673,07 \text{ L/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume air dalam tangki} &= 270,97 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1 \text{ jam} \\
 &= 270,97 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume bak direncanakan} &= 80\% \text{ terisi air} \\
 \text{Volume tangki} &= \frac{270,97}{0,80} \\
 &= 338,72 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume clarifier} &= \text{Volume silinder (Vs)} + \text{Volume konis (Vc)} \\
 \text{Volume silinder (Vs)} &= \frac{\pi}{4} D^2 \cdot H_s
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Asumsi} &= H/D &= 2 \\ H_s &= 2 D \\ P_{\text{operasi}} &= 14,70 \text{ psi} \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} V_s &= 0,786 D^2 \times 2 D \\ &= 1,571 D^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Konis (Vc)} &= \frac{1}{12} \cdot D^2 \cdot h \\ \text{dimana } h &= \frac{1}{2} D \tan \alpha, \alpha = 30 \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{12} \pi \cdot D^2 \times \frac{1}{2} D \tan \alpha \\ &= 0,076 D^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= V_s + V_c \\ 338,72 \text{ m}^3 &= 1,57 D^3 + 0,076 D^3 \\ 338,72 \text{ m}^3 &= 1,65 D^3 \\ D^3 &= 205,65 \text{ m}^3 \\ D &= 5,90 \text{ m} \\ &= 232,39 \text{ in} \\ &= 19,37 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{silinder}} &= 2 D \\ &= 2 \times 5,90 \text{ m} \\ &= 11,81 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{cone}} &= \frac{1}{2} D \tan 30 \\ &= \frac{1}{2} \times 5,90 \times \tan 30 \\ &= 1,70 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Bak} &= H_{\text{silinder}} + H_{\text{cone}} \\ &= 11,81 \text{ m} + 1,70 \text{ m} \\ &= 13,51 \text{ m} \\ &= 44,32 \text{ ft} \\ &= 531,86 \text{ in} \end{aligned}$$

Menghitung tebal tangki (tebal *shell*, tebal konis, dan tebal tutup atas)

a. Tebal *Shell*

$$\begin{aligned}
 \text{Volume air dalam shell} &= \text{Volume air} - \text{volume konis} \\
 &= 338,72 - 0,076 D^3 \\
 &= 338,72 - 0,076 (5,90)^3 \\
 &= 323,17 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi air dalam shell} &= \frac{\text{Volume air dalam shell}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2} \\
 &= \frac{323,17}{0,25 \times 3,14 \times 5,90^2} \\
 &= 11,81 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume air dalam konis} &= \text{Volume air} - \text{volume air dalam shell} \\
 &= 338,72 - 323,17 \\
 &= 15,55 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi air dalam konis} &= \frac{\text{Volume air dalam konis}}{\tan \frac{1}{2}\alpha \times D^2} \\
 &= \frac{15,5484}{\tan 15 \times (5,9026)^2} \\
 &= 1,665 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi total air} &= \text{Tinggi air dalam shell} + \text{Tinggi air dalam konis} \\
 &= 11,81 + 1,67 \\
 &= 13,47
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan hidrostatik (Ph)} &= \rho \times g / gc \times h \\
 &= \frac{0,9957 \times 1 \times 13,4707}{144} \\
 &= 0,093 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan design (Pd)} &= (\text{Pop} + \text{Ph}) \times 1,1 \\
 &= (14,70 + 0,093) \times 1,1 \\
 &= 16,27 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

Untuk keamanan diambil *P design*,

$$= 1,1 \times 16,27$$

$$= 17,89 \text{ psi}$$

b. Tebal *shell*

Bahan yang digunakan adalah *carbon steel SA-283 Grade C*

Joint Efficiency = 0,80

Allowable stress = 12.650 psia = ##### kPa

Corrosion Allowance = 0,15 in

$$t_s = \frac{P \cdot r_i}{SE - 0,6P} + C \quad (\text{Pers. 13.1 Brownell, 1959})$$

$$= \frac{17,8947}{12.650} \times \frac{116,1932}{0,80 - 0,6 \times 17,8947} + 0,15$$

$$= 0,3557 \text{ in}$$

Diambil tebal *shell* standar = 3/8 in
(Brownell, 1959. Tabel 5.7)

Tebal tutup konis

Cos 30 = 0,8660

$$t_h = \frac{P \cdot D}{2 \cos \alpha (f \cdot E - 0,6 \cdot P)}$$

$$= \frac{17,8947}{2 \times \cos 30 (12.650 \times 0,80 - 0,60 \times 18)}$$

$$= 0,2374 \text{ in}$$

Diambil tebal tutup konis standar = 1/4 in
(Brownell, 1959. Tabel 5.6)

c. Pengaduk *clarifier*

Dipakai pengaduk jenis = *paddle agitator*

Da/Dt = 0,30

W/Da = 0,20

L/Da = 0,25

Dt/E = 0,25

Dt : Diameter tangki = 19,37 ft

Da : Diameter pengaduk = 0,30 Dt

= 5,81 ft

= 1,77 m

$$\begin{aligned}
 W &: \text{Lebar pengaduk} &= & 0,20 \times \text{Da} \\
 & &= & 0,20 \times 5,81 \\
 & &= & 1,1619 \text{ ft} \\
 L &: \text{Panjang daun pengaduk} &= & 0,25 \times 5,81 \\
 & &= & 1,4524 \text{ ft} \\
 E &: \text{Jarak daun kedasar tangki} &= & 0,25 \times 19,37 \\
 & &= & 4,8414 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kecepatan standar untuk pengaduk diambil 100 rpm} &= 1,67 \text{ rps} \\
 \text{Viskositas larutan (Air, pada } 30^\circ\text{C)} &= 0,8007 \text{ cP} \\
 &= 0,0008 \text{ kg/m.s}
 \end{aligned}$$

d. Bilangan Reynold

$$\begin{aligned}
 Nre &= \frac{\rho \cdot N \cdot (\text{Da})^2}{\mu} \\
 &= \frac{995,6800 \times 1,6667 \times (1,7708)^2}{0,0008} \\
 &= 6.498.751,7938
 \end{aligned}$$

Berdasarkan fig 3.4-5 (Walas,1990), $Nre > 104$ dinyatakan aliran turbulen, maka didapat nilai $Np = 0,6$

$$\begin{aligned}
 P &= Np \times N^3 \times \text{Da}^5 \times \rho \\
 &= 18.305,04 \text{ W} \\
 &= 18,31 \text{ kW} \\
 &= 24,55 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$

e. Kebutuhan koagulan ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ diambil 15 ppm) = 15
(Hal 309, Walas, 2002) mg/liter air

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah koagulan} &= 15 \text{ mg/L} \times 270.972,33 \text{ L/jam} \\
 &= 4.064.584,92 \text{ mg/jam} \\
 &= 4,06 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

f. Kebutuhan soda ash

Diambil soda ash untuk mendapatkan pH air yang sesuai 30% dari koagulan yang digunakan,

$$= 0,30 \times 4,0646 = 1,219 \text{ kg/jam}$$

3. Bak Penampung air

Fungsi : Menampung air dari bak pengaduk dan mengendapkan sisa-sisa partikel

Konstruksi : Berupa bak terbuka dari beton

Menghitung dimensi utama bak

Waktu tinggal = 1 jam

Rate volumetrik = 9.569,31 ft³/jam

Volume air dalam bak = 9.569,31 ft³/jam x 1 jam
= 9.569,31 ft³

Volume bak direncanakan = 80% terisi air
Volume bak = $\frac{9.569,3065}{0,80}$
= 11.961,6331 ft³

Bentuk bak air sungai adalah persegi panjang

Ditetapkan perbandingan ukuran bak

Volume bak = 3 : 2 : 1

Volume bak = 3 s x 2 s x s

S = 6 s³
= 12,59 ft

Maka,

Panjang = 3 x 12,59
= 37,76 ft

= 11,51 m

Lebar = 2 x 12,59

= 25,17 ft

= 7,67 m

Tinggi = 1 x 12,59

= 12,59 ft

= 3,84 m

4. Sand Filter

Fungsi : Menyaring kotoran-kotoran yang masih terkandung dalam air atau yang lolos dari bak

Bahan : Carbon steel

Bentuk : Bejana tegak

$$\begin{aligned}
\text{Laju volumetrik} &= 6.503,34 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 9.569,31 \text{ ft}^3/\text{jam} \\
&= 1.193,05 \text{ gpm} \\
\text{Kecepatan filtrasi} &= 2 \text{ s/d } 5 \text{ gpm/ft}^2 \\
\text{Diambil} &= 5 \text{ gpm/ft}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Luas penampang (A)} &= \frac{1.193,05}{5} \\
&= 238,61 \text{ ft}^2 \\
D &= \frac{238,6107}{\frac{\pi}{4}} \\
&= \sqrt{\frac{9,83}{3,00}} \text{ ft} \\
&= \sqrt{\quad} \text{ m}
\end{aligned}$$

5. Bak Penampungan Air Bersih

Fungsi : Menampung air bersih yang keluar dari *sand filter*
Kontruksi : Berupa bak terbuka dari beton

Menghitung dimensi utama bak

$$\begin{aligned}
\text{Waktu tinggal} &= 1 \text{ jam} \\
\text{Rate volumetrik} &= 9.569,31 \text{ ft}^3/\text{jam} \\
\text{Volume air dalam bak} &= 9.569,31 \text{ ft}^3/\text{jam} \times 1 \text{ jam} \\
&= 9.569,31 \text{ ft}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Volume bak direncanakan} &= 80\% \text{ terisi air} \\
\text{Volume bak} &= \frac{9.569,31}{0,80} \\
&= 11.961,63 \text{ ft}^3
\end{aligned}$$

Bentuk bak air sungai adalah persegi panjang

Ditetapkan perbandingan ukuran bak

$$\begin{aligned}
\text{Volume bak} &= 3 : 2 : 1 \\
\text{Volume bak} &= 3 \text{ s} \times 2 \text{ s} \times \text{s} \\
S &= 6 \text{ s}^3 \\
&= 12,59 \text{ ft}
\end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
\text{Panjang} &= 3 \times 12,59 \text{ ft} \\
&= 37,76 \text{ ft} \\
&= 11,51 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar} &= 2 \times 12,59 \text{ ft} \\
 &= 25,17 \text{ ft} \\
 &= 7,67 \text{ m} \\
 \text{Tinggi} &= 1 \times 12,59 \\
 &= 12,59 \text{ ft} \\
 &= 3,84 \text{ m}
 \end{aligned}$$

6. *Clorinator*

Fungsi : Tempat kontak antara air bersih dengan klor sebagai desinfektan untuk digunakan sebagai air sanitasi

Konstruksi : Berupa bak terbuka dari beton

Menghitung dimensi utama bak

$$\text{Waktu tinggal} = 3 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= \text{Air sanitasi} - \text{Air hydrant fire} \\
 &= 23,52 - 0,84 \\
 &= 22,68 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 800,94 \text{ ft}^3/\text{hari} \\
 &= 1.129,10 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rate volumetrik} &= 40,05 \text{ ft}^3/\text{jam} \times 3 \text{ jam} \\
 &= 120,14 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume bak direncanakan} &= 80\% \text{ terisi air} \\
 \text{Volume bak} &= \frac{120,14}{0,80} \\
 &= 150,18 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

Bentuk bak air sungai adalah persegi panjang

Ditetapkan perbandingan ukuran bak

$$\begin{aligned}
 \text{Volume bak} &= 3 : 2 : 1 \\
 \text{Volume bak} &= 3 s \times 2 s \times s \\
 S &= 6 s^3 \\
 &= 2,9252 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 3 \times 2,93 \text{ ft} \\
 &= 8,78 \text{ ft} \\
 &= 2,67 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar} &= 2 \times 2,93 \\
 &= 5,85 \text{ ft} \\
 &= 1,78 \text{ m} \\
 \text{Tinggi} &= 1 \times 2,93 \\
 &= 2,93 \text{ ft} \\
 &= 0,89 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Menghitung kebutuhan Cl_2

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah } \text{Cl}_2 \text{ yang digunakan} &= 0,5 \text{ ppm} \\
 \text{Laju alir massa air yang akan diinjeksikan } \text{Cl}_2 &= 1.129,10 \text{ kg/jam} \\
 \text{Maka, jumlah } \text{Cl}_2 \text{ yang diinjeksikan} &= 1.129,10 \times 0,5 \text{ ppm} \\
 &= 0,0056 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

$$\text{Kebutuhan perancangan} = 30 \text{ hari}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka, massa } \text{Cl}_2 \text{ yang dibutuhkan} &= 0,0056 \text{ kg/jam} \times 20 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} = 30 \\
 &= 3,387 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ Cl}_2 = 666,48 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu \text{ Cl}_2 = 0,0003 \text{ Pa.s}$$

7. Elevated Tank Air Sanitasi

Fungsi : Menampung air utilitas untuk kepentingan sanitasi

Bahan konstruksi : Berupa bak tertutup dari beton dengan ketinggian 29 ft

Densitas : 995,68 kg/m^3

Jumlah : 1 bak

$$\begin{aligned}
 \text{Rate volumetrik} &= 40,05 \text{ ft}^3/\text{jam} \times 3 \text{ jam} \\
 &= 120,14 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume bak direncanakan} &= 80\% \text{ terisi air} \\
 \text{Volume bak} &= \frac{120,14}{0,80} \\
 &= 150,18 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

Bentuk bak air sanitasi adalah persegi panjang

Ditetapkan perbandingan ukuran bak

$$\text{Volume bak} = 3 : 2 : 1$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume bak} &= 3 \text{ s} \times 2 \text{ s} \times \text{s} \\
 \text{S} &= 6 \text{ s}^3 \\
 &= 2,93 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 3 \times 2,93 \\
 &= 8,78 \text{ ft} \\
 &= 2,67 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= 2 \times 2,93 \\
 &= 5,85 \text{ ft} \\
 &= 1,78 \text{ m} \\
 \text{Tinggi} &= 1 \times 2,93 \\
 &= 2,93 \text{ ft} \\
 &= 0,89 \text{ m}
 \end{aligned}$$

8. *Kation Exchanger*

Fungsi : Menghilangkan kandungan kation dari air (mengikat ion positif)

$$\begin{aligned}
 \text{Rate volumetrik} &= \text{Total kebutuhan air proses} \\
 &= 6.479,82 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 228.832,75 \text{ ft}^3/\text{hari} \\
 &= 269.992,14 \text{ L/jam}
 \end{aligned}$$

Air yang masuk ke dalam *kation exchanger* pada umumnya mengandung:

$$\begin{aligned}
 \text{Mg}^{2+} \cdot \text{Ca}^{2+} &= 0,800 \text{ meq/L} \\
 \text{Fe}^{2+} &= 0,356 \text{ meq/L} \\
 \text{Mn}^{2+} &= 0,018 \text{ meq/L} \\
 \text{Total} &= \underline{1,174 \text{ meq/L}}
 \end{aligned}$$

Kation exchanger beroperasi selama 168 jam/minggu.

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu regenerasi} &= 8 \text{ jam} && \text{(regenerasi dilakukan agar resin jenuh kembali baik)} \\
 \text{Total kation yang dihilangkan} &= 1,1735 \frac{\text{meq}}{\text{L}} \times \frac{1 \text{ eq}}{1.000 \text{ meq}} \times 269.992,14 \frac{\text{L}}{\text{jam}} \\
 &\times 168 \text{ jam} \\
 &= 53.228,41 \text{ eq}
 \end{aligned}$$

Resin yang digunakan jenis *greensand* (Fe-silika) dengan spesifikasi:

Kapasitas penyerapan = 0,19 eq/L (Perry's, 7ed, Tabel 16-6)

Tinggi *bed minimum* = 24 in

Regenerasi resin menggunakan HCl dan H₂SO₄ g/L resin

$$\begin{aligned} \text{Volume resin} &= \frac{\text{Kation yang diserap}}{\text{kapasitas penyerapan}} \\ &= \frac{53.228,41 \text{ eq}}{0,19 \text{ eq/L}} \\ &= 280.149,53 \text{ L} \\ &= 9.893,40 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Kebutuhan HCl untuk regenerasi diambil 10% g HCl/L resin

HCl yang dibutuhkan = 0,10 g HCl/L x 280.149,53 L

= 28.014,95 g HCl

Kemurnian HCl = 37%

ρ HCl = 1,18 g/cm³

$$\begin{aligned} \text{Volume HCl 37\% yang dibutuhkan} &= \frac{28.014,95}{1,18} \\ &= 23.741,49 \text{ cm}^3 \\ &= 23,74 \text{ L} \end{aligned}$$

Dimensi tangki

Asumsi : Tangki bed (h) = 1,25

$$\begin{aligned} \text{Volume resin} &= \frac{\pi}{4} \times 1,25 D^3 \\ 9.893,396 \text{ ft}^3 &= 0,98 D^3 \\ D &= 21,60 \text{ ft} \\ &= 6,58 \text{ m} \\ &= 259,16 \text{ in} \\ H &= 1,25 D \\ &= 1,25 \times 21,60 \text{ ft} \\ &= 27,00 \text{ ft} \\ &= 8,23 \text{ m} \\ &= 323,95 \text{ in} \end{aligned}$$

Menghitung tebal *shell*

Dipilih dinding (*shell*) dengan jenis *plate shell* SA-240 Grade T (Brownell & Young, 1959 Appendix D item 4).

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan hidrostatik (Ph)} &= \rho \times g/gc \times h \\
 &= \frac{0,9957 \times 1 \times 26,996}{144} \\
 &= 0,187 \text{ psi} \\
 \text{Tekanan design (Pd)} &= (P_{op} + P_h) \times 1,1 \\
 &= (14,696 + 0,187) \times 1,1 \\
 &= 16,37 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

Tebal *shell*

Bahan yang digunakan adalah *carbon steel* SA-240 Grade O Type 405

$$\begin{aligned}
 \text{Joint Efficiency} &= 0,80 \\
 \text{Allowable stress} &= 15.000 \text{ psia} = 103.421,4 \text{ kPa} \\
 \text{Corrosion Allowance} &= 0,15 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_s &= \frac{P \cdot r_i}{SE - 0,6P} + C \text{ (ers. 13.1 Brownell, 1959)} \\
 &= \frac{16,3708}{15.000 \times 0,80 - 0,6 \times 16,3708} + 0,15 \\
 &= 0,3269 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\text{Diambil tebal } \textit{shell} \text{ standar} = 1/4 \text{ in (Tabel 5.7)}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 \text{OD} &= \text{ID} + 2t_s \\
 &= 259,162 + (2 \times 0,25) \\
 &= 259,662 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dari tabel 5.7 Brownell, OD standar yang sesuai adalah = 114 in

Standarisasi ID:

$$\begin{aligned}
 \text{ID koreksi} &= \text{OD} - 2t_s \\
 &= 114 - (2 \times 0,25) \\
 &= 113,50 \text{ in} \\
 &= 9,46 \text{ ft} \\
 &= 2,88 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Standarisasi h:

$$\begin{aligned} \text{Tinggi bed (h)} &= 0,75 \times \text{ID} \\ &= 0,75 \times 2,8829 \\ &= 2,1622 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari tabel 5.7 Brownell didapatkan:

$$\text{icr} = 6 \frac{7}{8}$$

$$r = 108$$

Menghitung ukuran *head*

Head yang digunakan adalah jenis *standart dished* dengan bahan konstruksi yang sama dengan *shell vessel*

$$\begin{aligned} \text{th} &= \frac{0,885 \cdot \text{Pd} \cdot \text{rc}}{fE - 0,1 \text{Pd}} + C \quad (\text{Brownell, 1959 Pers 13.12}) \\ &= \frac{0,8850 \times 16,3708 \times 108}{15.000 \times 0,80 - 0,1 \times 16,3708} + 0,15 \\ &= 0,28 \text{ in} \end{aligned}$$

Diambil tebal *head* standar = $\frac{5}{16}$ in

(Brownell, 1959. Tabel 5.7)

Dari tabel 5.6 Brownell, 1959 didapatkan nilai *sf* untuk *th* $\frac{5}{16}$ in adalah

$$sf = 1 \frac{1}{2} - 3 \text{ in}$$

Maka, diambil nilai *sf* = $1 \frac{1}{2}$ in

Brownel & Young, 1959, Hal.87

$$\begin{aligned} a &= 0,5 \times \text{ID} \\ &= 0,5 \times 113,50 \text{ in} \\ &= 56,75 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{AB} &= a - \text{icr} \\ &= 56,75 \text{ in} - 7 \text{ in} \\ &= 49,88 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BC} &= r - \text{icr} \\ &= 108 \text{ in} - 7 \text{ in} \\ &= 101 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{AC} &= \sqrt{(\text{BC}^2 - \text{AB}^2)} \\ &= 87,9702 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= r - \text{AC} \\ &= 108 \text{ in} - 87,97 \text{ in} \\ &= 20,03 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{OA} &= \text{th} + \text{b} + \text{sf} \\
 &= 5/16 \text{ in} + 20,03 \text{ in} + 1,50 \text{ in} \\
 &= 21,84 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi, tinggi head (Hh)} &= 21,84 \text{ in} \\
 &= 0,55 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi vessel total} &= \text{h} + 2 (\text{OA}) \\
 &= 2,16 + (2 \times 0,555) \\
 &= 3,27 \text{ m} \\
 &= 10,73 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

9. Anion Exchanger

Menghilangkan kandungan anion dari air (mengikat ion positif)

Fungsi :

$$\begin{aligned}
 \text{Rate volumetrik} &= \text{Total kebutuhan air proses} \\
 &= 6.479,82 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 228.832,75 \text{ ft}^3/\text{hari} \\
 &= 269.992,14 \text{ L/jam}
 \end{aligned}$$

Air yang masuk ke dalam *anion exchanger* biasanya mengandung:

$$\begin{aligned}
 \text{SO}_4^{2-} &= 0,417 \text{ meq/L} \\
 \text{NO}^- &= 0,333 \text{ meq/L} \\
 \text{F} &= 0,077 \text{ meq/L} \\
 \hline
 \text{Total} &= 0,827 \text{ meq/L}
 \end{aligned}$$

Anion exchanger beroperasi selama 168 jam/minggu.

(regenerasi dilakukan agar resin jenuh kembali baik)

$$\text{Waktu regenerasi} = 8 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Total kation yang dihilangkan} \\
 &= 0,8267 \frac{\text{meq}}{\text{L}} \times \frac{1 \text{ eq}}{1.000 \text{ meq}} \times 269.992,1382 \frac{\text{L}}{\text{jam}} \\
 &\quad \times 168 \text{ jam} \\
 &= 37.498,02 \text{ eq}
 \end{aligned}$$

Resin yang digunakan jenis *acrilyc based* dengan spesifikasi:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas penyerapan} &= 0,8 \text{ eq/L} \quad \text{Perry's, 1999, Tabel 16-6} \\ \text{Tinggi } \textit{bed minimum} &= 30 \text{ in} \end{aligned}$$

Regenerasi resin menggunakan HCl dan H₂SO₄ g/L resin

$$\begin{aligned} \text{Volume resin} &= \frac{\text{Anion yang diserap}}{\text{kapasitas penyerapan}} \\ &= \frac{37.498,02 \text{ eq}}{0,80 \text{ eq/L}} \\ &= 46.872,53 \text{ L} \\ &= 1.655,29 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Regenerasi resin} = 70 -140 \text{ gr NaOH/L resin}$$

Kebutuhan NaOH unntuk regenerasi diambil 90 g NaOH/L resin

$$\begin{aligned} \text{NaOH yang dibutuhkan} &= 90 \text{ g NaOH/L} \times 46872,5 \text{ L} \\ &= 4.218.527,26 \text{ g NaOH} \\ &= 4.218,53 \text{ kg NaOH} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah NaOH yang diinjeksikan} &= 0,1\% \text{ dari umpan} \\ &= 4,219 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Dimensi tangki

$$\text{Asumsi : Tangki bed (h)} = 1,5$$

$$\text{Volume resin} = \frac{\pi}{4} \times 1,25 D$$

$$\begin{aligned} 1.655,29 \text{ ft}^3 &= 1,18 \text{ D}^3 \\ \text{D} &= 11,20 \text{ ft} \\ &= 3,41 \text{ m} \\ &= 134,39 \text{ in} \\ \text{H} &= 1,50 \text{ D} \\ &= 1,50 \times 11,20 \text{ ft} \\ &= 16,80 \text{ ft} \\ &= 5,12 \text{ m} \\ &= 201,58 \text{ in} \end{aligned}$$

Menghitung tebal *shell*

Dipilih dinding (*shell*) dengan jenis *plate shell SA-240 Grade T* (Brownell & Young, 1959 Appendix D item 4).

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan hidrostatik (Ph)} &= \rho \times g/gc \times h \\
 &= \frac{0,9957 \times 1 \times 16,7982}{144} \\
 &= 0,116 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan design (Pd)} &= (\text{Pop} + \text{Ph}) \times 1,1 \\
 &= (14,696 + 0,116) \times 1,1 \\
 &= 16,29 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Untuk keamanan diambil P design} &= 1,1 \times 16,29 \\
 &= 17,92 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

$$\text{Corrosion Allowance} = 0,150 \text{ in}$$

$$\begin{aligned}
 ts &= \frac{P \cdot r_i}{SE - 0,6P} + C \quad (\text{Pers. 13.1 Brownell, 1959}) \\
 &= \frac{17,92}{15.000 \times 0,80 - 0,6 \times 17,92} + 0,15 \\
 &= 0,2504 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\text{Diambil tebal shell standar} = 1/4 \text{ in}$$

Sehingga, (Brownell, 1959. Tabel 5.7)

$$\begin{aligned}
 \text{OD} &= \text{ID} + 2ts \\
 &= 134,39 + (2 \times 1/4) \\
 &= 134,89 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dari tabel 5.7 Brownell, OD standar yang sesuai adalah = 60 in

Standarisasi ID:

$$\begin{aligned}
 \text{ID koreksi} &= \text{OD} - 2ts \\
 &= 60 - (2 \times 1/4) \\
 &= 59,50 \text{ in} \\
 &= 4,96 \text{ ft} \\
 &= 1,51 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Standarisasi h:

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi bed (h)} &= 0,75 \times \text{ID} \\
 &= 0,75 \times 1,5113 \\
 &= 1,1335 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dari tabel 5.7 Brownell didapatkan:

$$\begin{aligned}
 \text{icr} &= 3 \frac{5}{8} \\
 r &= 60
 \end{aligned}$$

Menghitung ukuran *head*

Head yang digunakan adalah jenis *standart dished* dengan bahan konstruksi yang sama dengan *shell vessel*

$$\begin{aligned}
 th &= \frac{0,885 \cdot Pd \cdot rc}{fE - 0,1Pd} + C && \text{(Brownell, 1959 Pers 13.12)} \\
 &= \frac{0,8850 \times 17,9226 \times 60}{15.000 \times 0,80 - 0,1 \times 17,9226} + 0,15 \\
 &= 0,2293 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Diambil tebal *head* standar = $\frac{1}{4}$ in
(Brownell, 1959. Tabel 5.7)

Dari tabel 5.6 Brownell, 1959 didapatkan nilai *sf* untuk *th* $\frac{1}{4}$ in adalah

sf = $1 \frac{1}{2} - 2 \frac{1}{2}$ in Maka, diambil nilai *sf* = 2 in

Brownel & Young, 1959, Hal.87

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{1}{2} \times ID \\
 &= \frac{1}{2} \times 59,5 \text{ in} \\
 &= 29,75 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 AB &= a - icr \\
 &= 29,7500 \text{ in} - 3,6250 \text{ in} \\
 &= 26,1250 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 BC &= r - icr \\
 &= 60 \text{ in} - 3,6250 \text{ in} \\
 &= 56,3750 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 AC &= \sqrt{(BC^2 - AB^2)} \\
 &= 49,9562 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b &= r - AC \\
 &= 60 \text{ in} - 49,9562 \text{ in} \\
 &= 10,0438 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 OA &= th + b + sf \\
 &= \frac{1}{4} \text{ in} + 10,0438 \text{ in} + 2 \text{ in} \\
 &= 12,2938 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Jadi, tinggi *head* (*Hh*) = $12,2938 \text{ in}$
= $0,3123 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
\text{Tinggi vessel total} &= h + 2 \text{ (OA)} \\
&= 1,1335 + (2 \times 0,3123) \\
&= 1,7580 \text{ m} \\
&= 5,7677 \text{ ft}
\end{aligned}$$

10. Tangki Air Demineralisasi

Fungsi	: Menampung air demineralisasi
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon Steel SA-285 Grade C</i>
Data Operasi	: a. Temperatur = 30 C = 303 K b. Tekanan = 1 atm = 14,7 psi
Densitas	: 995,6800 kg/m ³
Kapasitas	: 6.479,8159 m ³ /hari
Laju Alir Massa	: 156,1903 kg/jam
Kebutuhan perancangan	: 30 hari
Faktor Kelonggaran	: 20% (Peters & Timmerhaus, 2003)
Jumlah	: 1 unit

a. Volume larutan dan volume tangki

$$\begin{aligned}
\text{Volume larutan, (Vl)} &= \frac{\text{Laju alir massa} \times 30 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari}}{\rho} \\
&= \frac{156,1903 \text{ kg/jam} \times 30 \text{ hari} \times 24 \text{ m}}{995,6800 \text{ kg/m}^3} \\
&= 112,9450 \text{ m}^3 \\
&= 3.988,6172 \text{ ft}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Volume tangki (Vt)} &= [(1 + 0,2 \times \text{volume larutan})] \\
&= [(1 + 0,2 \times 112,9450 \text{ m}^3)] \\
&= 135,534 \text{ m}^3 \\
&= 4.786,3406 \text{ ft}^3
\end{aligned}$$

b. Diameter dan tinggi shell

$$\text{Volume shell tangki (Vs)} = \frac{1}{4} D_i^2 H$$

Sehingga,

$$V_s = \frac{1}{4} \pi D_i^3$$

$$4.786,3406 \text{ ft}^3 = \frac{1}{4} \pi D_i^3$$

$$D_i^3 = 6.091,7063 \text{ D}_i^3$$

$$D_i = 18,2633 \text{ ft}$$

$$= 219,1598 \text{ in}$$

Direncanakan bahan konstruksi *Carbon Steel SA-285 grade C*

Dimana:

$$f = 13.750 \text{ psi} \quad (\text{Brownell, 1959. Hal 251 Tabel 13.1})$$

$$E = 0,80 \quad (\text{Brownell, 1959. Hal 254 Tabel 13.2})$$

$$C = 0,15 \text{ in} \quad (\text{Walas, Rules of Tumb, xix})$$

$$ts \text{ (stress axial)} = \frac{\pi \cdot d_i}{4 \cdot f \cdot E} + C \quad (\text{Kusnarjo, 2010, pers. 4-5. hal 98})$$

$$= \frac{14,6959 \times 219,1598}{4 \times 13.750 \times 0,8000} + 0,15$$

$$= 0,2232 \text{ in}$$

$$= 3/16 \text{ in (std)}$$

Untuk *storage* ukuran kecil $ts < 1/4 \text{ in}$

Storage besar tertutup $ID=H$ (Kusnarjo, 2010, pers. 4.6. hal 98)

$$OD = ID + (2 \times \text{Tebal shell})$$

$$= 219,16 \text{ in} + (2 \times 1/5 \text{ in})$$

$$= 219,53 \text{ in}$$

$$= 28 \text{ in (standarisasi)} \quad (\text{Brownell, 1959, pers 5.7 hal 89})$$

$$ID = OD - (2 \times \text{Tebal shell})$$

$$= 28 \text{ in} - (2 \times 1/5 \text{ in})$$

$$= 27,63 \text{ in}$$

$$= 2,30 \text{ ft}$$

$$= 0,70 \text{ m}$$

$$H_s = 2 \text{ ft} = 28 \text{ in}$$

Sehingga nilai H_s pada Brownell, app E, item 1

$$= 2 \text{ ft}$$

$$= 24 \text{ in}$$

$$= 0,61 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
\text{Jumlah } courses &= 2 \\
\text{Kapasitas tangki} &= 14 \text{ bbl (standarisasi)} \\
&= 58,95 \text{ ft}^3 \text{ (Brownell, 1959, app E, item 3)} \\
\text{ts standar} &= 3/16 \text{ in (Brownell, 1959, app E, item 4)}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Tinggi larutan dalam tangki (Hl)} &= \frac{\text{Volume larutan}}{\text{Volume tangki}} \times H_s \\
&= \frac{3.988,62}{4.786,34} \times 2 \\
&= 2 \text{ ft} \\
&= 0,508 \text{ m}
\end{aligned}$$

Tekanan hidrostatik

$$\begin{aligned}
P &= \rho \times g \times l \\
&= 995,68 \text{ kg/m}^3 \times 9,80 \text{ m/s}^2 \times 0,5080 \text{ m} \\
&= 4.956,89 \text{ Pa} \\
&= 0,72 \text{ psi}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P_{\text{desain}} &= (1,2) (P + 14,6959) \text{ psi} \\
&= (1,2) (0,7189 + 14,6959) \text{ psi} \\
&= 18,50 \text{ psi} \\
&= 1,26 \text{ atm}
\end{aligned}$$

Tebal silinder setiap *courses*

$$\begin{aligned}
t_1 &= 0,0001 (H-1).di + C \\
&= 0,0125 \text{ ft} \quad (\text{Kusnarjo, 2010, pers 4-13, hal. 99}) \\
&= 0,0148 \text{ in} \\
&= 3/16 \text{ (std)}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
t_2 &= 0,0001 ((H-8)-1).di + C \\
&= 0,0115 \text{ ft} \quad (\text{Kusnarjo, 2010, pers 4-14, hal. 99}) \\
&= 0,0136 \text{ in} \\
&= 3/16 \text{ (std)}
\end{aligned}$$

Tebal tutup tangki (*torishperical*)

$$\begin{aligned}
icr &= 1 \frac{3}{4} \text{ in} \\
&= 0,0445 \text{ m} \\
r &= 26 \text{ in} \\
&= 0,66 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{dimana: } W &= \frac{1}{4} (3 + \sqrt{(r/icr)}) \\
&= 1,714 \text{ in}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
th &= \frac{ri \times W}{(2fE - 0,2P)+C} \\
&= \frac{18,4978 \quad \times \quad 0,35 \quad \times \quad 1,7136}{\left(2 \times 13.750 \times 0,80 - \left(0 \times 18,50 \right) \right)} + ## \\
&= 0,1505 \quad \text{in} \\
&= 3/16 \quad (\text{std})
\end{aligned}$$

Straight-flange dan Tinggi tutup

Untuk tebal *head* sebesar 3/16 in, diperoleh panjang standar untuk *sf* (*straight-flange*) untuk tangki bertutup *torispherical* adalah

$$\begin{aligned}
th &= 3/16 \quad \text{in} = 0,0048 \quad \text{m} \\
sf &= 1 \frac{1}{2} - 2 \quad \text{in}, \text{ diambil } sf = 2 \quad \text{in} \\
&= 0,0508 \quad \text{m}
\end{aligned}$$

Sehingga, pada Brownel & Young, 1959, Hal.87

$$\begin{aligned}
a &= 1/2 \times ID \\
&= 1/2 \times 0,7017 \quad \text{m} \\
&= 0,351 \quad \text{m} \\
&= 14 \quad \text{in} \\
AB &= a - icr \\
&= 0,351 \quad \text{m} - 0,0445 \quad \text{m} \\
&= 0,31 \quad \text{m} \\
&= 12,06 \quad \text{in} \\
BC &= r - icr \\
&= 0,660 \quad \text{m} - 0,0445 \quad \text{m} \\
&= 0,62 \quad \text{m} \\
&= 24,25 \quad \text{in} \\
AC &= \sqrt{(BC^2 - AB^2)} \\
&= 0,5343 \quad \text{m} \\
&= 21,0371 \quad \text{in} \\
b &= r - AC \\
&= 0,66 \quad \text{m} - 0,5343 \quad \text{m} \\
&= 0,13 \quad \text{m} \\
&= 4,96 \quad \text{in} \\
OA &= th + b + sf \\
&= 0,0048 \quad \text{m} + 0,1261 \quad \text{m} + 0,0508 \quad \text{m} \\
&= 0,182 \quad \text{m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Jadi, tinggi } head \text{ (Hh)} &= 0,1816 \quad \text{m} \\
&= 7,1504 \quad \text{in}
\end{aligned}$$

Sehingga, tinggi total tangki:

$$\begin{aligned}
 \text{total} &= H_s + H_h \\
 &= 0,61 \text{ m} + 0,36 \text{ m} \\
 &= 0,97 \text{ m} \\
 &= 38,30 \text{ in}
 \end{aligned}$$

11. Daerator

Fungsi	:	Melepaskan gas-gas yang terlarut dalam air seperti O ² dan CO ²
Tipe	:	Silinder dengan bahan isian, <i>torispherical dished head</i>
Bahan konstruksi	:	<i>Low Alloy Steel SA-201 Grade B</i>
Tipe bahan isian	:	<i>Rasching ring ceramic</i>
<i>Packing factor (Fp)</i>	:	160
Diameter	:	1 in
Rate volumetrik	=	6.479,82 m ³ /hari (Rate laju air proses)
	=	9.534,70 ft ³ /jam
	=	269.992,14 L/jam
	=	1.188,74 gpm

Asumsi:

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi bed (h)} &= 0,75 D \\
 \text{Kecepatan penyaringan} &= 2 - 5 \text{ gpm/ft}^2 = 5 \text{ gpm/ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1.188,74 \text{ gpm}}{5 \text{ gpm/ft}^2} \\
 &= 237,75 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

Diameter tangki:

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \\
 237,75 \text{ ft}^2 &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \\
 D &= 17,40 \text{ ft} \\
 &= 208,74 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Tinggi bed :

$$\begin{aligned}
 h &= 0,75 \times D \\
 &= 0,75 \times 17,40 \text{ ft} \\
 &= 13,05 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Menghitung tebal *shell*

Dipilih dinding (*shell*) dengan jenis *plate shell SA-240 Grade T* (Brownell & Young, 1959 Appendix D item 4).

$$\begin{aligned} \text{Tekanan hidrostatik (Ph)} &= \rho \times g / gc \times h \\ &= \frac{0,9957 \times 1 \times 13,0463}{144} \\ &= 0,090 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan design (Pd)} &= (P_{op} + P_h) \times 1,1 \\ &= (14,6959 + 0,0902) \times 1,1 \\ &= 16,26 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk keamanan diambil } P_{\text{design}} &= 1,10 \times 16,26 \text{ psi} \\ &= 17,89 \text{ psi} \end{aligned}$$

Tebal *shell*

Bahan yang digunakan adalah *Low Alloy Steel SA-301 Grade B*

$$\text{Joint Efficiency} = 0,80$$

$$\text{Allowable stress} = 15.000 \text{ psia} = 103.421,4000 \text{ kPa}$$

$$\text{Corrosion Allowance} = 0,15 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} t_s &= \frac{P \cdot r_i}{SE - 0,6P} + C \\ &= \frac{17,8912}{15.000 \times 0,80 - 0,6 \times 17,8912} \times \frac{104,3703}{17,8912} + 0,15 \\ &= 0,31 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\text{Diambil tebal } \textit{shell} \text{ standar} = 5/16 \text{ in}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} \text{OD} &= \text{ID} + 2t_s \\ &= 208,74 + (2 \times 5/16) \\ &= 209,37 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari tabel 5.7 Brownell, OD standar yang sesuai adalah = 192 in
Standarisasi ID:

$$\begin{aligned}
\text{ID koreksi} &= \text{OD} - 2ts \\
&= 192 - (2 \times 5/16) \\
&= 191,38 \text{ in} \\
&= 15,95 \text{ ft} \\
&= 4,86 \text{ m}
\end{aligned}$$

Standarisasi h:

$$\begin{aligned}
\text{Tinggi bed (h)} &= 0,75 \times \text{ID} \\
&= 0,75 \times 4,8609 \text{ m} \\
&= 3,6457 \text{ m}
\end{aligned}$$

Dari tabel 5.7 Brownell didapatkan:

$$\text{icr} = 11 \frac{1}{2}$$

$$r = 170$$

Menghitung ukuran *head*

Head yang digunakan adalah jenis *standart dished* dengan bahan konstruksi yang sama dengan *shell vessel*

$$th = \frac{0,885 \cdot Pd \cdot rc}{fE - 0,1Pd} + C \quad (\text{Brownell, 1959 Pers 13.12})$$

$$= \frac{0,8850 \times 17,8912 \times 170}{15.000 \times 0,80 - 0,1 \times 17,8912} + 0,15$$

$$= 0,3743 \text{ in}$$

$$\text{Diambil tebal shell standar} = \frac{3}{8} \text{ in}$$

(Brownell, 1959. Tabel 5.7)

Dari tabel 5.6 Brownell, 1959 didapatkan nilai *sf* untuk *th* 3/8 in adalah

$$sf = 1 \frac{1}{2} - 3 \text{ in} \quad \text{Maka, diambil nilai } sf = 3 \text{ in}$$

Brownel & Young, 1959, Hal.87

$$a = \frac{1}{2} \times \text{ID}$$

$$= \frac{1}{2} \times 191,3750 \text{ in}$$

$$= 95,6875 \text{ in}$$

$$AB = a - \text{icr}$$

$$= 95,6875 \text{ in} - 11,5000 \text{ in}$$

$$= 84,1875 \text{ in}$$

$$BC = r - \text{icr}$$

$$= 170 \text{ in} - 11,5000 \text{ in}$$

$$= 158,5000 \text{ in}$$

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2}$$

$$= 134,2934 \text{ in}$$

$$\begin{aligned}
 b &= r - AC \\
 &= 170 \text{ in} - 134,2934 \text{ in} \\
 &= 35,7066 \text{ in} \\
 OA &= th + b + sf \\
 &= 3/8 \text{ in} + 35,7066 \text{ in} + 3 \text{ in} \\
 &= 39,0816 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi, tinggi head (Hh)} &= 39,0816 \text{ in} \\
 &= 0,9927 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi vessel total} &= h + 2 (OA) \\
 &= 3,6457 + (2 \times 0,9927) \text{ m} \\
 &= 5,6310 \text{ m} \\
 &= 18,4745 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

J.3 Unit Penyediaan Listrik

Nama alat : Generator

Fungsi : Menyediakan kebutuhan listrik untuk keperluan pabrik.

1. Kebutuhan Penerangan Area di Luar Bangunan

gan untuk area di luar bangunan

Area bangunan	Tingkat Pencahayaannya	Luas (a)		Jumlah Cahaya
		m ²	ft ²	
Area Perluasan				
Bengkel/safety area	20,0000	50	538,2	1.000
Parkir kendaraan besar	10,0000	240	2583,3	2.400
Parkir tamu dan karyawan	10,0000	640	6888,9	6.400
Taman	10,0000	600	6458,3	6.000
Jalan	15,0000	600	6458,3	9.000
Total				24.800

Untuk area yang berada diluar ruangan, direncanakan menggunakan lampu *mercury lumen output starting daylight* 100 watt adalah 3000, maka:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah lumen yang butuhkan} &= \frac{\text{Jumlah lampu luar area bangunan}}{\text{Lumen lampu mercury}} \\
 &= \frac{24.800}{3.000} \\
 &= 8,27 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Sehingga kebutuhan listrik untuk penerangan diluar ruangan dapat dihitung antara lain:

$$\begin{aligned}
 \text{Daya} &= \text{Jumlah lampu yang dibutuhkan} \times \text{watt lampu} \\
 &= 8,27 \times 100 \text{ watt} \\
 &= 826,67 \text{ watt} \\
 &= 0,83 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

2. Kebutuhan Penerangan Area di Dalam Bangunan

Tabel J.2 Kebutuhan penerangan untuk area di dalam bangunan

Area bangunan	Tingkat Pencahayaannya	Luas (a)		Jumlah Cahaya
		m ²	ft ²	
Area proses	20	300	3.229	6.000
kamar mandi	10	325	3.498	3.250
Bengkel & Gudang Alat	10	50	538	500
Pos Keamanan	5	370	3.983	1.850
Kantin	5	65	700	325
Mushola	5	10.125	108.984	50.625
Laboratorium	10	150	1.615	1.500
Poliklinik	5	50	538	250
Kantor dan Perpustakaan	20	900	9.688	18.000
<i>Control Room</i>	20	100	1.076	2.000
Gedung serbaguna	10	200	2.153	2.000
Total				86.300

Untuk area yang berada diluar ruangan, direncanakan menggunakan lampu *phillips* dengan daya 55 watt adalah 4000, maka:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah lumen yang butuhkan} &= \frac{\text{Jumlah lampu dalam area} \times \text{watt lampu}}{\text{daya}} \\
 &= \frac{86.300 \times 55}{4.000} = 21,58 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Sehingga kebutuhan listrik untuk penerangan diluar ruangan dapat dihitung antara lain:

$$\begin{aligned}
 \text{Daya} &= \text{Jumlah lampu yang dibutuhkan} \times \text{watt lampu} \\
 &= 21,58 \times 55 \text{ watt} \\
 &= 1.186,63 \text{ watt} \\
 &= 1,19 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Jadi, kebutuhan total listrik untuk penerangan didalam dan diluar ruangan adalah 1,19 kW

3. Kebutuhan Listrik Unit Proses

Tabel J.3 Penyediaan Listrik Unit Proses

No	Nama alat	Kode alat	Jumlah	Daya (HP)
1	Mixer 1	M-110	1	20
2	Mixer 2	M-120	1	20
3	Mixer 3	M-130	1	20
4	Mixer 4	M-140	1	20
5	Mixer 5	M-150	1	20
6	Roll Coating	J-210	1	30
7	Heater Reaktor	J-220	1	75
8	Cooler	J-230	1	75
9	Heater	J-240	1	75
10	Belt Conveyor	J-111	1	0,3346
11	Belt Conveyor	J-121	1	0,3346
12	Belt Conveyor	J-131	1	0,3346
13	Belt Conveyor	J-151	1	0,3346
14	Belt Conveyor	J-145	1	0,3346
15	Belt Conveyor	J-211	1	0,3346
16	Belt Conveyor	J-221	1	0,3346
17	Belt Conveyor	J-231	1	0,3346
18	Pompa	L-123	1	21
19	Pompa	L-112	1	21
20	Pompa	L-152	1	21
21	Pompa	L-143	1	21
22	Pompa	L-122	1	21
23	Pompa	L-132	1	21
24	Pompa	L-142	1	21
Total				505
Kilowatt (kW)				376,34

4. Kebutuhan Listrik Unit Utilitas

Tabel J.4 Kebutuhan tenaga listrik untuk unit utilitas				
No	Nama alat	Kode alat	Jml	Daya (HP)
1	Pompa	L-201	1	23
2	Pompa	L-202	1	17
3	Pompa	L-203	1	5
4	Pompa	L-204	1	2
5	Pompa	L-205	1	13
Total				60
Kilowatt (kW)				45

5. Kebutuhan Listrik Peralatan Kantor

Kebutuhan listrik peralatan kantor, seperti *air conditioner* (AC), komputer, dan alat elektronik lainnya yang menunjang kegiatan kantor diasumsi sebesar 50 kW.

$$\begin{aligned}
 \text{Total Kebutuhan Listrik} &= \text{peralatan proses} + \text{peralatan utilitas} + \\
 &\quad \text{peralatan kantor} + \text{penerangan di dalam} \\
 &\quad \text{ruangan} + \text{penerangan di luar ruangan} \\
 &= 376 + 44,7420 + 50 \\
 &\quad + 1,1866 + 0,8267 \\
 &= 473,09 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Over design} &= 30\% \\
 \text{Maka, total kebutuhan listrik} &= 1,3 \times 473,0928 \text{ kW} \\
 &= 615,0206 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 80\%$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas generator} &= \frac{\text{Total kebutuhan listrik}}{\text{Efisiensi}} \\
 &= \frac{615,0206 \text{ kW}}{0,80} \\
 &= 768,7758 \text{ kW} \\
 &\approx 1.400 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

$$\sqrt{(BC^2 - AB^2)}$$

Menentukan kebutuhan bahan bakar

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas generator (Q)} &= 1400 \text{ kW} \times \frac{1 \text{ hp}}{0,7457 \text{ kW}} \\
 &\quad \times \frac{2.544,4300 \text{ Btu/jam}}{1 \text{ hp}} \\
 &= 4.776.990,75 \text{ Btu/jam}
 \end{aligned}$$

J.4 Unit Pengolahan Limbah

1. Bak Penampungan Limbah

Fungsi : Menampung limbah proses
Kontruksi : Berupa bak terbuka dari beton
Jumlah : 1 buah
Waktu : 30 hari

Menghitung dimensi utama bak

$$\begin{aligned}\text{Rate volumetrik} &= 233.985,9 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \\ & \quad 1.086,07 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ &= 215,44 \text{ m}^3/\text{jam} \times 24 \text{ jam} \\ &= 5.170,63 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume air dalam bak} &= 5.170,63 \text{ m}^3/\text{hari} \times 30 \text{ hari} \\ &= 155.118,90 \text{ ft}^3\end{aligned}$$

Volume bak direncanakan : 80% terisi air

$$\begin{aligned}\text{Volume bak} &= \frac{155.118,9}{0,80} \\ &= 193.898,6 \text{ ft}^3\end{aligned}$$

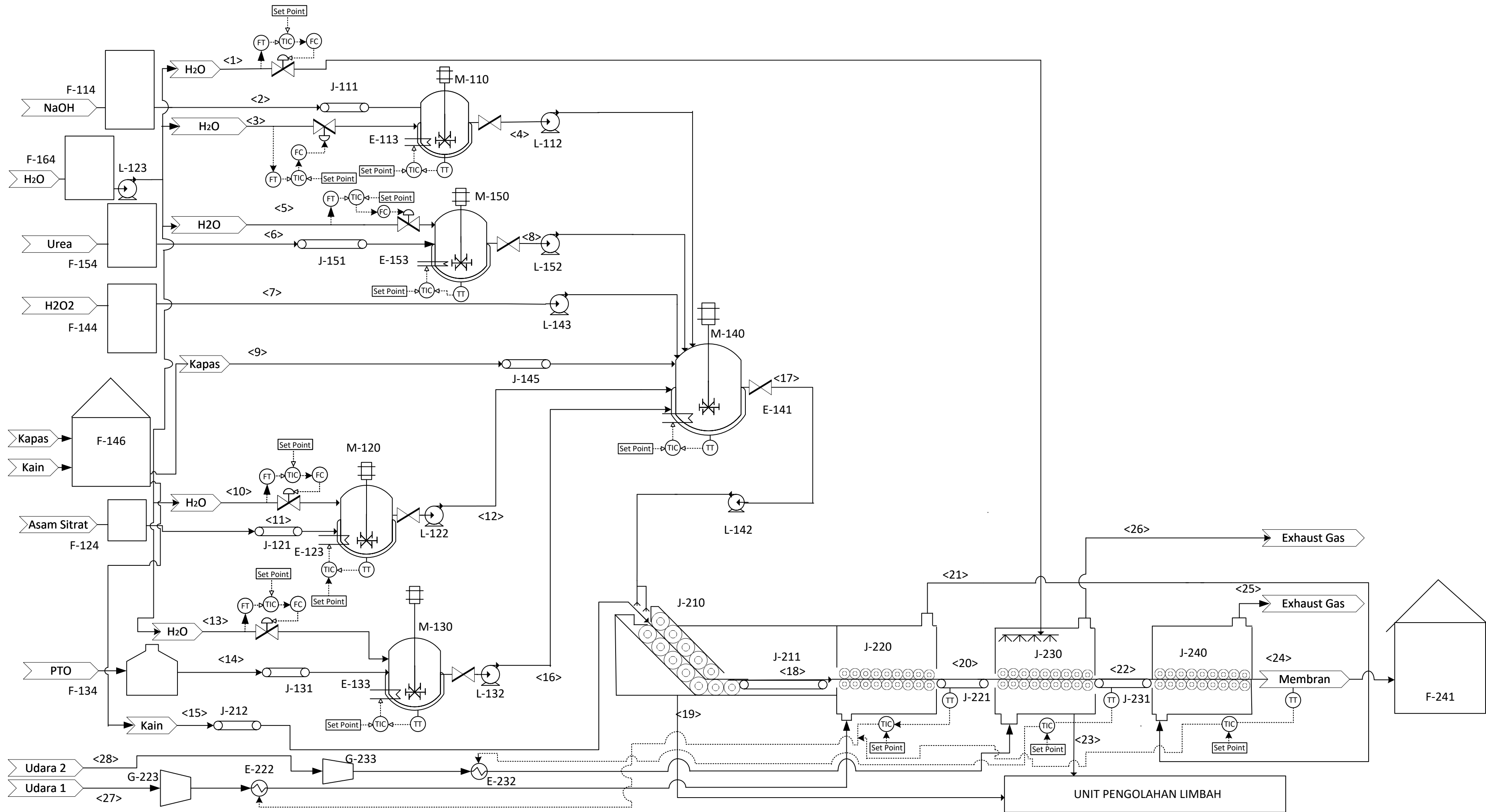
Bentuk bak air penampungan limbah adalah persegi panjang

Ditetapkan perbandingan ukuran bak

$$\begin{aligned}\text{Volume bak} &= 3 : 2 : 1 \\ \text{Volume bak} &= 3 \text{ s} \times 2 \text{ s} \times \text{s} \\ \text{S} &= 6 \text{ s}^3 \\ &= 31,9 \text{ ft}\end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}\text{Panjang} &= 3 \times 31,9 \\ &= 95,56 \text{ ft} \\ &= 29,13 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 2 \times 31,85 \\ &= 63,7 \text{ ft} \\ &= 19,42 \text{ m} \\ \text{Tinggi} &= 1 \times 31,85 \\ &= 31,85 \text{ ft} \\ &= 9,71 \text{ m}\end{aligned}$$



1	F-114	Tangki NaOH
2	F-124	Tangki Asam Sitrat
3	F-134	Tangki PTO
4	F-144	Tangki H2O2
5	F-154	Tangki Urea
6	M-110	Mixer 1
7	M-120	Mixer 2
8	M-130	Mixer 3
9	M-140	Mixer 4
10	M-150	Mixer 5
11	J-111	Belt Conveyor NaOH
12	J-121	Belt Conveyor Asam Sitrat
13	J-131	Belt Conveyor PTO
14	J-151	Belt Conveyor Urea
15	J-145	Belt Conveyor Kapas
16	J-210	Roll Coating
17	J-211	Belt Conveyor
18	J-220	Roll Heater
19	J-221	Belt Conveyor
20	J-230	Roll Cooler
21	J-231	Belt Conveyor
22	J-240	Roll Heater
23	E-113	Cooler M1
24	E-123	Cooler M2
25	E-133	Cooler M3
26	E-153	Cooler M5
27	E-141	Cooler M4
28	E-222	Cooler
29	E-232	Cooler
30	E-241	Cooler
31	L-112	Centrifugal Pump M1
32	L-122	Centrifugal Pump M2
33	L-123	Centrifugal Pump H2O
34	L-132	Centrifugal Pump M3
35	L-142	Centrifugal Pump M4
36	L-143	Centrifugal Pump H2O2
37	L-152	Centrifugal Pump M5
38	G-223	Compressor Roll Heater
39	G-233	Compressor Roll Cooler
40	F-146	Storage Kain dan Kapas
41	J-212	Conveyor Kain Storage
42	F-164	Storage H2O
43	F-241	Storage Membran

Keterangan Huruf Indikator	
Indikator	Keterangan
LT	Level Transmitter
LC	Level Controller
FC	Flow Controller
TT	Temperature Transmitter
TIC	Temperature Indicator and Controller
TC	Temperature Controller

Keterangan Garis	
—————	Laju Alir
.....	Elektrik

Digambar Oleh :

- Afninda Aryuni Widyanti
- Celvin Dicky Wahyudi
- Ditha Natasha Afandi
- Rita Nur Agustin

Dosen Pembimbing :
Abdul Halim, S.T., M.T., PhD

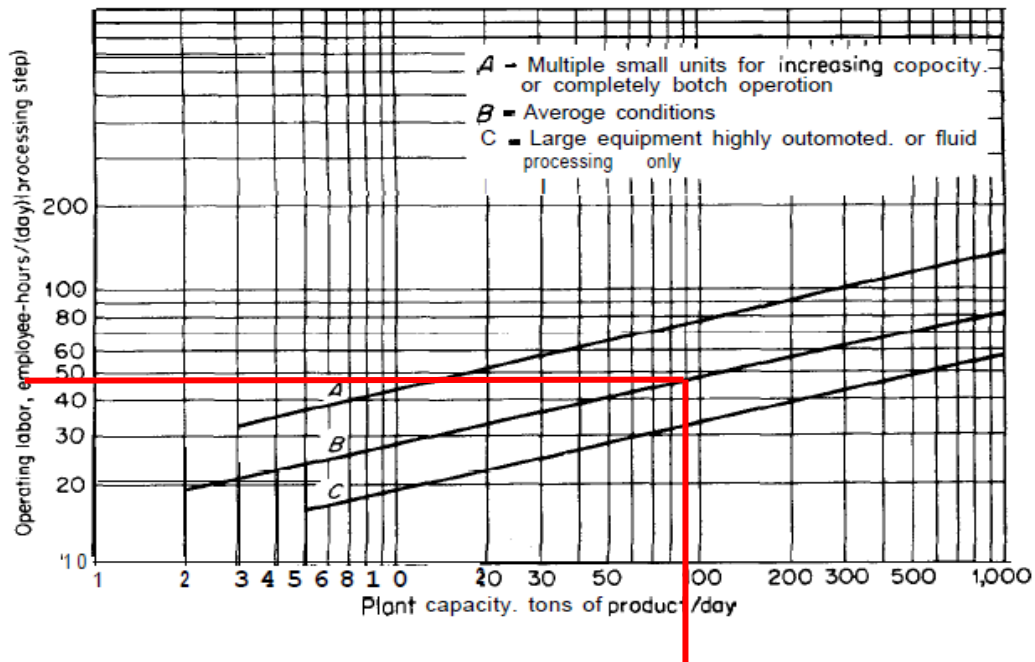
PRA DESAIN PABRIK MEMBRAN MELALUI METODE ROLL TO ROLL



LAMPIRAN L PERHITUNGAN JUMLAH KARYAWAN

Penentuan Jumlah Karyawan Operasi (Proses)

$$\begin{aligned} \text{kapasitas pabrik} &= 30.000,00 \text{ ton/tahun} \\ &= 90,91 \text{ ton/hari} \end{aligned}$$



Berdasarkan figure 6-9 Peters & Timmerhaus 5th Edition
hal 265 untuk kondisi *solid-fluid processing only* pada *average conditions*

Diperoleh nilai M = 47

M = 47 orang jam/hari.tahapan proses

Tahapan proses terdiri dari 8 tahap proses diantaranya

1. Tahap Penanganan Bahan Baku
2. Tahap Pengecekan Instrumentasi
3. Tahap Pencampuran
4. Tahap Reaksi
5. Tahap Pemurnian
6. Tahap Riset & Pengembangan
7. Tahap Penanganan Produk
8. Tahap Utilitas

Karyawan Proses = 47 orang jam/hari.tahapan proses x tahapan proses

Karyawan Proses = 47 x 8

= 376 orang jam/hari

Karena jumlah shift ada 3 dan karyawan shift bekerja selama 8 jam/hari maka :

$$\text{jumlah karyawan proses} = 376 \frac{\text{orang jam}}{\text{hari}} \times \frac{1}{3 \text{ shift/hari}} \times \frac{1}{8 \text{ jam}}$$

$$\begin{aligned} \text{jumlah karyawan proses} &= 15,6667 \\ &= 16 \text{ orang} \end{aligned}$$

Karyawan langsung terdiri dari 4 regu sehingga total karyawan langsung menjadi
 $16 \text{ orang/regu} \times 4 \text{ regu} = 64 \text{ orang}$

1. Perhitungan Jumlah Karyawan

No	Jabatan	Non Shift	Shift
1	Pemegang saham	1	-
2	Dewan Komisaris	1	-
3	Direktur Utama	1	-
4	Direktur Produksi	1	-
5	Direktur Pemasaran	1	-
6	Direktur Keuangan	1	-
7	Direktur Teknik dan Pengembangan	1	-
8	Direktur SDM dan Umum	1	-
9	Sekretaris	3	-
10	Departement		
	Proses	1	-
	Quality Control	1	-
	Promosi	1	-
	Perencanaan dan Sinergi Pemasaran	1	-
	Pembukuan	1	-
	Pengelolaan Dana	1	-
	Enginneering	1	-
	Pemeliharaan	1	-
	Kembang Usaha	1	-
	SDM	1	-
	Umum	1	-
	Pendidikan dan Pelatihan	1	-
	Manager		
	K3 dan Lingkungan Hidup	1	-
	Proses	1	-
	Quality Control	1	-
	Promosi	1	-
	Perencanaan dan Sinergi Pemasaran	1	-
	Pembukuan	1	-
	Pengelolaan Dana	1	-
	Enginneering	1	-
	Pemeliharaan	1	-
	Kembang Usaha	1	-
	SDM	1	-
	Umum	1	-

	Pendidikan dan Pelatihan	1	-
	Operasi	1	-
	Supervisor		
	Proses	1	-
	Quality Control	1	-
	Promosi	1	-
	Perencanaan dan Sinergi Pemasaran	1	-
	Pembukuan	1	-
	Pengelolaan Dana	1	-
	Enginneering	1	-
	Pemeliharaan	1	-
	Kembang Usaha	1	-
	SDM	1	-
	Umum	1	-
	Pendidikan dan Pelatihan	1	-
	Foreman		
	Proses	1	-
	Quality Control	1	-
	Promosi	1	-
	Perencanaan dan Sinergi Pemasaran	1	-
	Pembukuan	1	-
	Pengelolaan Dana	1	-
	Enginneering	1	-
	Pemeliharaan	1	-
	Kembang Usaha	1	-
	SDM	1	-
	Umum	1	-
	Pendidikan dan Pelatihan	1	-
	Karyawan		
	Proses	-	21
	Quality Control	-	21
	Promosi	1	
	Perencanaan dan Sinergi Pemasaran	2	
	Pembukuan	3	
	Pengelolaan Dana	3	
	Engineering	-	8
	Pemeliharaan	-	8
	Kembang Usaha	2	
	SDM	1	
	Umum	1	
	Pendidikan dan Pelatihan	2	
	Security	-	6
	Jumlah	76	64
	Total Karyawan		140

Diketahui		
Kapasitas Produksi	30.000	ton/tahun
Jumlah Langkah Proses	8	langkah
Lama Kerja Pabrik	330	hari/tahun
Jam Kerja Pabrik	24	jam/hari

LAMPIRAN M
PENENTUAN GAJI KARYAWAN

No	Jabatan	Gaji/bulan (Rp)	Jumlah	Jumlah (Rp)
1	Dewan Komisaris	40.000.000,00	1	40.000.000,00
2	Direktur Utama	35.000.000,00	1	35.000.000,00
3	Direktur Produksi	18.000.000,00	1	18.000.000,00
4	Direktur Pemasaran	18.000.000,00	1	18.000.000,00
5	Direktur Keuangan	18.000.000,00	1	18.000.000,00
6	Direktur Teknik dan Pengemba	18.000.000,00	1	18.000.000,00
7	Direktur SDM dan Umum	18.000.000,00	1	18.000.000,00
8	Sekretaris	7.000.000,00	3	21.000.000,00
Departemen				
9	Proses	10.000.000,00	1	10.000.000,00
10	Quality Control	10.000.000,00	1	10.000.000,00
11	Promosi	10.000.000,00	1	10.000.000,00
12	Perencanaan dan Sinergi	10.000.000,00	1	10.000.000,00
13	Pembukuan	10.000.000,00	1	10.000.000,00
14	Pengelolaan Dana	10.000.000,00	1	10.000.000,00
15	Enginneering	10.000.000,00	1	10.000.000,00
16	Pemeliharaan	10.000.000,00	1	10.000.000,00
17	Kembang Usaha	10.000.000,00	1	10.000.000,00
18	SDM	10.000.000,00	1	10.000.000,00
19	Umum	10.000.000,00	1	10.000.000,00
20	Pendidikan dan Pelatihan	10.000.000,00	1	10.000.000,00
Manager				
21	K3 dan Lingkungan Hidup	8.000.000,00	1	8.000.000,00
22	Proses	8.000.000,00	1	8.000.000,00
23	Quality Control	8.000.000,00	1	8.000.000,00
24	Promosi	8.000.000,00	1	8.000.000,00
25	Perencanaan dan Sinergi	8.000.000,00	1	8.000.000,00
26	Pembukuan	8.000.000,00	1	8.000.000,00
27	Pengelolaan Dana	8.000.000,00	1	8.000.000,00
28	Enginneering	8.000.000,00	1	8.000.000,00
29	Pemeliharaan	8.000.000,00	1	8.000.000,00
30	Kembang Usaha	8.000.000,00	1	8.000.000,00
31	SDM	8.000.000,00	1	8.000.000,00
32	Umum	8.000.000,00	1	8.000.000,00
33	Pendidikan dan Pelatihan	8.000.000,00	1	8.000.000,00
34	Operasi	8.000.000,00	1	8.000.000,00
Supervisor				
35	Proses	6.000.000,00	1	6.000.000,00
36	Quality Control	6.000.000,00	1	6.000.000,00
37	Promosi	6.000.000,00	1	6.000.000,00
38	Perencanaan dan Sinergi	6.000.000,00	1	6.000.000,00
39	Pembukuan	6.000.000,00	1	6.000.000,00

40	Pengelolaan Dana	6.000.000,00	1	6.000.000,00
41	Enginneering	6.000.000,00	1	6.000.000,00
42	Pemeliharaan	6.000.000,00	1	6.000.000,00
43	Kembang Usaha	6.000.000,00	1	6.000.000,00
44	SDM	6.000.000,00	1	6.000.000,00
45	Umum	6.000.000,00	1	6.000.000,00
46	Pendidikan dan Pelatihan	6.000.000,00	1	6.000.000,00
Foreman				
47	Proses	4.000.000,00	1	4.000.000,00
48	Quality Control	4.000.000,00	1	4.000.000,00
49	Promosi	4.000.000,00	1	4.000.000,00
50	Perencanaan dan Sinergi	4.000.000,00	1	4.000.000,00
51	Pembukuan	4.000.000,00	1	4.000.000,00
52	Pengelolaan Dana	4.000.000,00	1	4.000.000,00
53	Enginneering	4.000.000,00	1	4.000.000,00
54	Pemeliharaan	4.000.000,00	1	4.000.000,00
55	Kembang Usaha	4.000.000,00	1	4.000.000,00
56	SDM	4.000.000,00	1	4.000.000,00
57	Umum	4.000.000,00	1	4.000.000,00
58	Pendidikan dan Pelatihan	4.000.000,00	1	4.000.000,00
Karyawan				
59	Proses	4.000.000,00	21	84.000.000,00
60	Quality Control	4.000.000,00	21	84.000.000,00
61	Promosi	4.000.000,00	1	4.000.000,00
62	Perencanaan dan Sinergi	4.000.000,00	2	8.000.000,00
63	Pembukuan	4.000.000,00	3	12.000.000,00
64	Pengelolaan Dana	4.000.000,00	3	12.000.000,00
65	Engineering	4.000.000,00	8	32.000.000,00
66	Pemeliharaan	4.000.000,00	8	32.000.000,00
67	Kembang Usaha	4.000.000,00	2	8.000.000,00
68	SDM	4.000.000,00	1	4.000.000,00
69	Umum	4.000.000,00	1	4.000.000,00
70	Pendidikan dan Pelatihan	4.000.000,00	2	8.000.000,00
71	Security	4.000.000,00	6	24.000.000,00
Total			139	854.000.000,00
			Per Tahun	10.248.000.000,00

LAMPIRAN N
PERHITUNGAN ANALISIS EKONOMI

Pabrik Membran roll to roll

Pengadaan Peralatan,tahun	=	2023
Mulai Konstruksi, tahun	=	2024
Lama Konstruksi	=	2
Mulai Beroperasi, tahun	=	2026

Harga Peralatan setiap saat akan berubah tergantung pada perubahan ekonomi. Apabila harga alat pada beberapa tahun yang lalu diketahui, harga alat pada masa sekarang ditaksir dengan menggunakan Marshall and Swift equipment Cost index. Besarnya harga alat dapat dinyatakan sebagai berikut :

Harga alat sekarang=

$$\frac{\text{indeks harga tahun sekarang}}{\text{indeks harga tahun ke-}} \times \text{harga alat tahun ke-}$$

Marshall & Swift Equipment Index

Tahun	Index M&S	Tahun	Index M&S
1920	100	2005	1464,1
1930	152,1	2010	1695,1
1950	285,2	2012	1798,1
1960	382,6	2014	1906,8
1970	516,5	2016	2020,8
1980	697,2	2017	2081,6
1990	941,4	2019	2144,9
2000	1262	2020	2171,6

sumber : international journal of heat and technology "use of air cooled condenser in biomass power plants: a case study in cuba"

Dengan metode Least Square (Perry, 3-84) dapat dilakukan penaksiran index harga rata-rata pada akhir tahun 2015. Penyelesaian dengan Least Square menghasilkan suatu persamaan :

$$y = m \cdot x + c$$

dimana :

- y = tahun
- m = gradien
- x = index harga
- c = konstanta

Penaksiran Indeks Harga dengan Least Square

Data	x	y	x ²	y ²	xy
1	1920	100	3686400	10000	192000
2	1930	152,1	3724900	23134,41	293553
3	1950	285,2	3802500	81339,04	556140
4	1960	382,6	3841600	146382,8	749896
5	1970	516,5	3880900	266772,3	1017505
6	1980	697,2	3920400	486087,8	1380456
7	1990	941,4	3960100	886234	1873386
8	2000	1262	4000000	1592644	2524000
9	2005	1464,1	4020025	2143589	2935520,5
10	2010	1695,1	4040100	2873364	3407151
11	2012	1798,1	4048144	3233164	3617777,2
12	2014	1906,8	4056196	3635886	3840295,2
13	2016	2020,8	4064256	4083633	4073932,8
14	2017	2081,6	4068289	4333059	4198587,2
15	2019	2144,9	4076361	4600596	4330553,1
16	2020	2171,6	4080400	4715847	4386632
Σ	31813	19620	63270571	33111731	39377385

$$c = \frac{\sum x^2 \sum y - \sum xy \sum x}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = \frac{5867100}{262167} = 22,38$$

$$m = \frac{n \sum xy - \sum y \sum x}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = \frac{-11344145985}{262167} = -43270,7$$

Secara Grafis dan Analitis diperoleh persamaan :

$$y = m.x + c$$

x	=	tahun
m	=	22,38
c	=	-43.270,69

maka index harga pada tahu	2023				
y	=	22,38	x	-43270,68618	
	=	22,38	x	2023	-43270,68618
	=	45.273,22			-43270,68618
	=	2.002,53			

Kurs dollar (2021) : \$ 1.00 = Rp15.008
sumber kurs : Bank Indonesia, diakses 25 Juli 2021 19:45 WIB

Harga peralatan proses pada perhitungan analisa ekonomi ini merupakan harga yang diperoleh dari Buku Timmerhaus 5th ed.

Contoh Perhitungan :

1 Belt Conveyor		
Jumlah	=	1 buah
Harga tahun 2014	=	4000

$$\begin{aligned}
 \text{Harga tahun 2022} &= \frac{\text{index tahun 2023}}{\text{index tahun 2014}} \times \text{harga tahun 2014} \\
 &= \frac{1906,8}{2.002,53} \times 4000 \\
 &= 3.808,78
 \end{aligned}$$

HARGA PERALATAN

1. Harga peralatan utama

No	Nama alat	harga / unit (US\$)		Jumlah	Harga Total (US\$)	Harga Total (Rp)
		2014	2023			
1	Storage NaOH	54.819	57.571,34	1	57571,33534	864030601
2	Storage Asam Sitrat	6.000	6.301,23	1	6301,227577	94568823
3	Storage PTO	300	315,06	1	315,0613788	4728441,2
4	Storage Urea	63.220	66.393,93	1	66393,93457	996440170
5	Storage H2O2	800	840,16	1	840,1636769	12609176
6	Tangki M1	170.700	179.269,92	1	179269,9246	2,69E+09
7	Tangki M2	40.800	42.848,35	1	42848,34752	643068000
8	Tangki M3	900	945,18	1	945,1841365	14185324
9	Tangki M4	200.000	210.040,92	1	210040,9192	3,152E+09
10	Tangki M5	137.100	143.983,05	1	143983,0501	2,161E+09
11	Agitator M1	131.700	138.311,95	1	138311,9453	2,076E+09
12	Agitator M2	22.500	23.629,60	1	23629,60341	354633088
13	Agitator M3	100	105,02	1	105,0204596	1576147,1
14	Agitator M4	143.300	150.494,32	1	150494,3186	2,259E+09
15	Agitator M5	113.000	118.673,12	1	118673,1194	1,781E+09
16	Belt conveyer	20.000	21.004,09	8	168032,7354	2,522E+09
17	Centrifugal Pump M1	15.300	16.068,13	1	16068,13032	241150500
18	Centrifugal Pump M2	4.100	4.305,84	1	4305,838844	64622029
19	Centrifugal Pump M3	4.000	4.200,82	1	4200,818385	63045882
20	Centrifugal Pump M4	19.900	20.899,07	1	20899,07146	313653265
21	Centrifugal Pump M5	10.000	10.502,05	1	10502,04596	157614706
22	Centrifugal Pump H2O2	6.300	6.616,29	1	6616,288956	99297265
23	Centrifugal Pump H2O	6.500	6.826,33	1	6826,329875	102449559
24	Roll Coating	68.414	71.848,70	1	71848,69724	1,078E+09
25	Roll Heater	19.000	19.953,89	1	19953,88733	299467941
26	Roll Cooler	18.990	19.943,72	1	19943,71888	299315333
27	Compressor	307.745	323.194,96	2	646389,9271	9,701E+09
jumlah					2135310,645	3,205E+10

2. Harga Peralatan Utilitas

Berdasarkan Tabel 6.1 (Coulson, hal. 251), didapat harga peralatan utilitas yaitu 45% dari total harga peralatan proses, yaitu:

Harga peralatan utilitas	=	0,45	x	2135310,645
	=	960889,7903		
	=	14421033972		
Subtotal harga peralatan	=	46467776133		
total harga peralatan (safety factor 20%)	=	55761331359		

harga tanah dan bangunan

jenis	luas (m2)	harga per m2 (Rp)	harga total (Rp)
tanah	15.000	1.200.000	18000000000
bangun	10.000	1.700.000	17000000000
jumlah			35000000000

Total Capital Investment (TCI)

fixed capital investment (FCI)

direct cost

No	Komponen Biaya	Biaya
1	harga peralatan (l)	55761331359
2	instalasi (0,47 harga peralatan)	26207825739
3	alat control (0,18 harga peralatan)	10037039645
4	perpipaan terpasang (0,66 harga peralatan)	36802478697
5	listrik terpasang (0,11 harga peralatan)	6133746449
6	bangunan	17000000000
7	pengembangan lahan (0,1 harga peralatan)	5576133136
8	fasilitas pelayanan(0,53 harga peralatan)	29553505620
9	tanah	18000000000
total direct cost		2,05072E+11

indirect cost

no	komponen biaya	biaya
1	engineering (0,33 harga peralatan)	18401239348
2	biaya konstruksi (0,41 harga peralatan)	22862145857
3	kontraktor 0,05(DC+IC)	14490320344
4	biaya tak terduga 0,1(DC+IC)	28980640688
jumlah		84734346238

biaya langsung (total direct cost) = 2,05072E+11
 engineering + biaya konstruksi = 41263385206
 (biaya langsung+engineering+biaya konstruksi) = 2,46335E+11
 FCI = (biaya langsung+engineering+biaya konstruksi)/0,85 = 2,89806E+11
 IC = FCI-DC = 84734346238
 Fixed Capital Investment = 2,89806E+11

modal sendiri (60%) = 1,73884E+11
 modal pinjaman (40%) = 1,15923E+11

modal kerja (working capital)
 WCI = 15% TCI
 TCI = FCI+WCI
 TCI = FCI+0,15TCI
 0,85TCI = FCI
 TCI = FCI/0,85 = 3,40949E+11
 WCI = 15% TCI = 51142307097

Total biaya produksi

biaya bahan baku

no	nama bahan	kebutuhan (kg/jam)	jam/tahun	harga/kg (Rp)	biaya/tahun (Rp)
1	PTO	1,245593693	7920	300160	2961109030
2	NaOH	59611,98559	7920	15000	7,0819E+12
3	Asam sitrat	456,9422419	7920	15158	54856537585
4	H2O2	11,19960179	7920	38000	3370632155
5	Urea	50670,18775	7920	10000	4,01308E+12
6	Kapas	1013,403755	7920	30000	2,40785E+11
7	Kain	2280,158449	7920	100000	1,80589E+12
total bahan baku					1,32028E+13

biaya utilitas

no	komponen biaya	kebutuhan	Harga	biaya
1	listrik (Kwatt)	273846	1114,74	3,05E+08
2	bahan bakar	0	-	0
3	air	0	-	0
4	resin (Kg/jam)	100000	22302	2,23E+09
5	alum (Kg/jam)	1000	1900	1900000
Total Utilitas				2,54E+09

biaya pengemasan

no	produk	Jumlah Roll
1	Membran	136.694
total jumlah kemasan		136693,6015

biaya pengemasan 1 roll 634088

total biaya pengemasan per tahun = 86675772367

gaji karyawan

gaji karyawan perbulan = 735500000

total gaji karyawan pertahun = 8826000000

biaya produksi langsung

no	komponen biaya	biaya
1	bahan baku untuk 1 tahun	1,32028E+13
2	gaji karyawan untuk 1 tahun	8826000000
3	utilitas untuk 1 tahun	2537367090
4	pemeliharaan (0,1 FCI)	28980640688
5	laboratorium (0,1 gaji karyawan)	882600000
6	operating supplies (0,01 FCI)	2898064069
7	supervisi (0,1 gaji karyawan)	882600000
8	pengemasan	86675772367
9	paten dan royalti (0,03 TPC)	0,03 TPC

no	komponen biaya	biaya	konstanta TPC	biaya real
1	bahan baku untuk 1 tahun	1,32028E+13		1,32E+13
2	gaji karyawan untuk 1 tahun	8826000000		8,83E+09
3	utilitas untuk 1 tahun	2537367090		2,54E+09
4	pemeliharaan (0,1 FCI)	28980640688		2,9E+10
5	laboratorium (0,1 gaji karyawan)	8826000000		8,83E+08
6	operating supplies (0,01 FCI)	2898064069		2,9E+09
7	supervisi (0,1 gaji karyawan)	8826000000		8,83E+08
8	pengemasan	86675772367		8,67E+10
9	paten dan royalti (0,03 TPC)	0.03 TPC	0,03	6,09E+11
total biaya produksi langsung		1,33345E+13		1,39E+13

biaya produksi tetap (fixed cost)

no	komponen biaya	biaya
1	asuransi (0,01 FCI)	2898064069
2	(10%peralatan+2% bangunan)	3400000000
3	pajak lokal (0,01 FCI)	2898064069
4	bunga (15% modal pinjaman)	17388384413
total biaya produksi tetap (fixed cost)		23524512551

biaya overhead

	biaya	konstanta TPC	biaya real
biaya overhead (0,1 TPC)	0.1 TPC	0,1	2,02911E+12

biaya umum

no	komponen biaya	biaya	konstanta TPC	biaya real
1	distribusi dan pemasaran (0,1 TPC)	0,1 TPC	0,1	2,03E+12
2	litbang (0,05 TPC)	0,05 TPC	0,05	1,01E+12

3	administrasi (0,08 TPC)	0,06 TPC	0,06	1,22E+12
4	financing (0,1 TCI)	34094871398		3,41E+10
total biaya umum		34094871398		4,3E+12

total biaya produksi 1,33921E+13
0,66 TPC 1,33921E+13
TPC (total biaya produksi) 2,02911E+13

EVALUASI EKONOMI DENGAN METODE LINEAR

Total Penjualan Produk

jam 24
hari 330
Kapasi 17 rol/jam
Produk 2%
Tahun 1 (10%)

No	Produk	Produksi (roll/jam)	harga (Rp/roll)	Penjualan (Rp)
1	Membran	1,69	157.687.233	2,11E+12
Total Penjualan				2,11E+12

Tahun 2 (18%)

No	Produk	Produksi (roll/jam)	harga (Rp/roll)	Penjualan (Rp)
1	Membran	3,38	157687232,6	4,22E+12
Total Penjualan				4,22E+12

Tahun 3 (20%)

No	Produk	Produksi (roll/jam)	harga (Rp/roll)	Penjualan (Rp)
1	Membran	3,38	157687232,6	4,22E+12
Total Penjualan				4,22E+12

Tahun 4 (25%)

No	Produk	Produksi (roll/jam)	harga (Rp/roll)	Penjualan (Rp)
1	Membran	3,38	157687232,6	4,22E+12
Total Penjualan				4,22E+12

Tahun 5 (30%)

No	Produk	Produksi (roll/jam)	harga (Rp/roll)	Penjualan (Rp)
1	Membran	3,38	157687232,6	4,22E+12
Total Penjualan				4,22E+12

Tahun 6 (35%)

No	Produk	Produksi (roll/jam)	harga (Rp/roll)	Penjualan (Rp)
1	Membran	5,07	157687232,6	6,34E+12
Total Penjualan				6,34E+12

Tahun 7 (35%)

No	Produk	Produksi (roll/jam)	harga (Rp/roll)	Penjualan (Rp)
1	Membran	5,07	157687232,6	6,34E+12
Total Penjualan				6,34E+12

Tahun 8 (40%)

No	Produk	Produksi (roll/jam)	harga (Rp/roll)	Penjualan (Rp)
1	Membran	5,07	157687232,6	6,34E+12
Total Penjualan				6,34E+12

Tahun 9 (40%)

No	Produk	Produksi (roll/jam)	harga (Rp/roll)	Penjualan (Rp)
1	Membran	8,46	157687232,6	1,06E+13
Total Penjualan				1,06E+13

Tahun 10 (50%)

No	Produk	Produksi (roll/jam)	harga (Rp/roll)	Penjualan (Rp)
1	Membran	3,85	157687232,6	4,8E+12
Total Penjualan				4,8E+12

Total tahun 1 hingga tahun 10

No	Produk	Produksi (roll/jam)	harga (Rp/roll)	Penjualan (Rp)
1	Membran	42,75	157687232,6	5,34E+13
Total Penjualan				5,34E+13

Laba Kotor

Total Penjualan = 5,33882E+13

Biaya Produksi Total (TPC) = 5,12839E+13

Laba Kotor = 2,10435E+12

Pajak (25% laba kotor) = 5,26087E+11

Laba Bersih = 1,57826E+12

Tahun 1

Total Penjualan = 2,11237E+12

Biaya Produksi Total (TPC) = 2,02911E+12

Laba Kotor = 83261221314

Pajak (25% laba kotor) = 20815305328

Laba Bersih = 62445915985

Tahun 2

Total Penjualan = 4,22475E+12
Biaya Produksi Total (TPC) = 4,05823E+12
Laba Kotor = 1,66522E+11
Pajak (25% laba kotor) = 41630610657
Laba Bersih = 1,24892E+11

Tahun 3

Total Penjualan = 4,22475E+12
Biaya Produksi Total (TPC) = 4,05823E+12
Laba Kotor = 1,66522E+11
Pajak (25% laba kotor) = 41630610657
Laba Bersih = 1,24892E+11

Tahun 4

Total Penjualan = 4,22475E+12
Biaya Produksi Total (TPC) = 4,05823E+12
Laba Kotor = 1,66522E+11
Pajak (25% laba kotor) = 41630610657
Laba Bersih = 1,24892E+11

Tahun 5

Total Penjualan = 4,22475E+12
Biaya Produksi Total (TPC) = 4,05823E+12
Laba Kotor = 1,66522E+11
Pajak (25% laba kotor) = 41630610657
Laba Bersih = 1,24892E+11

Tahun 6

Total Penjualan = 6,33712E+12
Biaya Produksi Total (TPC) = 6,08734E+12
Laba Kotor = 2,49784E+11
Pajak (25% laba kotor) = 62445915985
Laba Bersih = 1,87338E+11

Tahun 7

Total Penjualan = 6,33712E+12
Biaya Produksi Total (TPC) = 6,08734E+12
Laba Kotor = 2,49784E+11
Pajak (25% laba kotor) = 62445915985
Laba Bersih = 1,87338E+11

Tahun 8

Total Penjualan = 6,33712E+12
Biaya Produksi Total (TPC) = 6,08734E+12
Laba Kotor = 2,49784E+11
Pajak (25% laba kotor) = 62445915985
Laba Bersih = 1,87338E+11

Tahun 9

Total Penjualan	=	1,05619E+13
Biaya Produksi Total (TPC)	=	1,01456E+13
Laba Kotor	=	4,16306E+11
Pajak (25% laba kotor)	=	1,04077E+11
Laba Bersih	=	3,1223E+11

Tahun 10

Total Penjualan	=	4,80364E+12
Biaya Produksi Total (TPC)	=	4,6143E+12
Laba Kotor	=	1,8934E+11
Pajak (25% laba kotor)	=	47335046458
Laba Bersih	=	1,42005E+11

Tahun 1

Laju Pengembalian Modal Sebelum Pajak
ROI = Laba kotor/FCI X 100% = 29

Laju Pengembalian Modal Setelah Pajak
ROI = Laba bersih/FCI X 100% = 22

Tahun 2

Laju Pengembalian Modal Sebelum Pajak
ROI = Laba kotor/FCI X 100% = 57

Laju Pengembalian Modal Setelah Pajak
ROI = Laba bersih/FCI X 100% = 43

Tahun 3

Laju Pengembalian Modal Sebelum Pajak
ROI = Laba kotor/FCI X 100% = 57

Laju Pengembalian Modal Setelah Pajak
ROI = Laba bersih/FCI X 100% = 43

Tahun 4

Laju Pengembalian Modal Sebelum Pajak
ROI = Laba kotor/FCI X 100% = 57

Laju Pengembalian Modal Setelah Pajak
ROI = Laba bersih/FCI X 100% = 43

Tahun 5

Laju Pengembalian Modal Sebelum Pajak
ROI = Laba kotor/FCI X 100% = 57

Laju Pengembalian Modal Setelah Pajak
ROI = Laba bersih/FCI X 100% = 43

Tahun 6

Laju Pengembalian Modal Sebelum Pajak
 ROI = Laba kotor/FCI X 100% = 86

Laju Pengembalian Modal Setelah Pajak
 ROI = Laba bersih/FCI X 100% = 65

Tahun 7

Laju Pengembalian Modal Sebelum Pajak
 ROI = Laba kotor/FCI X 100% = 86

Laju Pengembalian Modal Setelah Pajak
 ROI = Laba bersih/FCI X 100% = 65

Tahun 8

Laju Pengembalian Modal Sebelum Pajak
 ROI = Laba kotor/FCI X 100% = 86

Laju Pengembalian Modal Setelah Pajak
 ROI = Laba bersih/FCI X 100% = 65

Tahun 9

Laju Pengembalian Modal Sebelum Pajak
 ROI = Laba kotor/FCI X 100% = 144

Laju Pengembalian Modal Setelah Pajak
 ROI = Laba bersih/FCI X 100% = 108

Tahun 10

Laju Pengembalian Modal Sebelum Pajak
 ROI = Laba kotor/FCI X 100% = 65

Laju Pengembalian Modal Setelah Pajak
 ROI = Laba bersih/FCI X 100% = 49

Weighted Average Cost of Capital (WACC)
 Modal Sendiri (a1) = 60%
 Modal Pinjaman (a2) = 40%

Interest yang diharapkan
 dari modal sendiri (b1) = 10,00%
 Bunga kredit korporasi
 bank (b2) = 8,00%

WACC ((a1 * b1) + (a2 * b2) = 9,20%

Suku Bunga Dasar Kredit Bank Umum Konvensional di Indonesia
Juni 2021
 Dalam Persen (%)

No.	Nama Bank	Korporasi	Ritel	Mikro	KPR	Non KPR
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)

1	PT BANK RAKYAT INDONESIA (PERSERO), Tbk	8,00	8,25	14,00	7,25	8,75
2	PT BANK MANDIRI (PERSERO), Tbk	8,00	8,25	11,25	7,25	8,75
3	PT BANK NEGARA INDONESIA (PERSERO), Tbk	8,00	8,25	-	7,25	8,75

WACC harus lebih besar daripada IRR sehingga investasi dinyatakan layak secara ekonomi.

Waktu Pengembalian Modal Sebelum Pajak

Payout time =
 FCI/(depresiasi + laba) = 0,137695644 10 tahun
 16,52347724 Bulan

Waktu Pengembalian Modal Setelah Pajak

Payout time =
 FCI/(depresiasi + laba) = 0,183584306 10 tahun
 22,03011671 Bulan

Break Even Point

No.	Komponen Biaya	Biaya
1	Biaya Tetap (FC)	59455970799
2	Biaya Semi Variabel (SVC)	
	Pemeliharaan dan perbaikan	28980640688
	Tenaga kerja	8826000000
	Laboratorium	8826000000
	Biaya overhead	2029112679952
	Biaya Umum	4295231499297
	Supervisi	8826000000
	Sub total	6,36392E+12
	Total	1,60842E+13
3	Biaya Variabel (VC)	
	Bahan Baku	1,32028E+13
	Utilitas	2537367090
	Pengemasan	86675772367
	Sub total	1,32921E+13
	Total	3,35944E+13
4	Hasil Penjualan Produk (S)	5,33882E+13

BEP = 57 %
 Kapasitas Produksi = 75822,1502 ton/10 tahun
 titik BEP terjadi pada kapasitas produksi = 43394,69179 ton/10 tahun

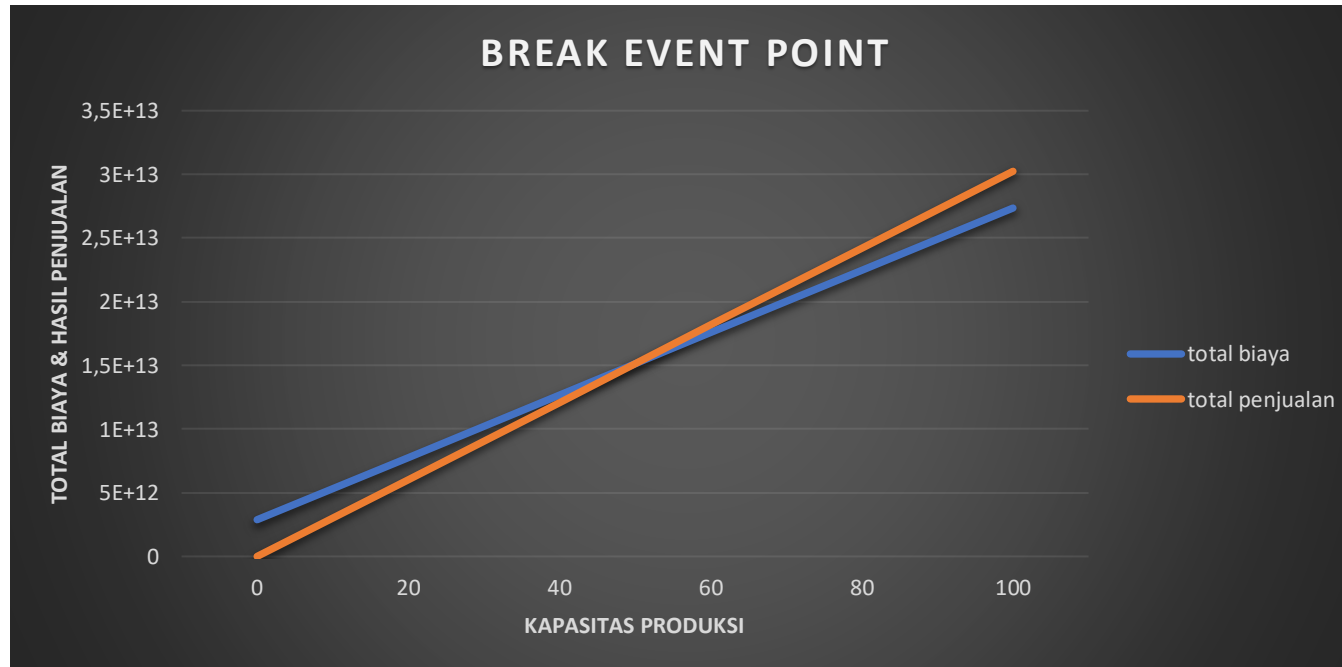
investasi = 1,73884E+11
 land = 18000000000
 pinjaman = 1,15923E+11
 working capital = 51142307097

Shut Down Point	=	$\frac{0,3 \text{ SVC}}{S- \text{VC}-0,7 \text{ SVC}}$ x	100
	=	$\frac{4,82526\text{E}+12}{8,5349\text{E}+12}$ x	100
	=	56,53558796 %	

Break Event Point

			0	20	40	60	80	100
No.	Komponen Biaya	Biaya	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
1	Biaya Tetap (FC)	59455970799	59455970799	59455970799	59455970799	59455970799	59455970799	59455970799
2	Biaya Semi		0	0	0	0	0	0
	Pemeliharaan dan perbaikan	73245816370	0	14649163274	29298326548	43947489822	58596653096	73245816370
	Tenaga kerja	22306876588	0	4461375318	8922750635	13384125953	17845501271	22306876588
	Laboratorium	2230687659	0	446137531,8	892275063,5	1338412595	1784550127	2230687659
	Biaya overhead	2,82093E+12	2,82093E+12	2,82093E+12	2,82093E+12	2,82093E+12	2,82093E+12	2,82093E+12
	Biaya Umum	6,01013E+12	0	1,20203E+12	2,40405E+12	3,60608E+12	4,8081E+12	6,01013E+12
	Supervisi	2230687659	0	446137531,8	892275063,5	1338412595	1784550127	2230687659
	Sub Total	8,93107E+12	2,82093E+12	4,04296E+12	5,26499E+12	6,48702E+12	7,70904E+12	8,93107E+12
3	Biaya Variabel (VC)		0	0	0	0	0	0
	Bahan Baku	1,81316E+13	0	3,62633E+12	7,25266E+12	1,0879E+13	1,45053E+13	1,81316E+13
	Utilitas	6412954287	0	1282590857	2565181715	3847772572	5130363430	6412954287
	Pengemasan	2,27128E+11	0	45425622915	90851245830	1,36277E+11	1,81702E+11	2,27128E+11
	Sub Total	1,83652E+13	0	3,67304E+12	7,34607E+12	1,10191E+13	1,46921E+13	1,83652E+13
TOTAL BIAYA		2,73557E+13	2,88039E+12	7,77545E+12	1,26705E+13	1,75656E+13	2,24606E+13	2,73557E+13
4	Hasil Penjualan Produk (S)	3,02426E+13	0	6,04851E+12	1,2097E+13	1,81455E+13	2,41941E+13	3,02426E+13

BEP = 48,684 %
kapasitas produksi = 75.822,15 ton/tahun
titik BEP terjadi pada k_ε = 54591,94814 ton/tahun
BEP diantara 40% - 60% → memadai



Arus Kas (Cash Flow)

a. Dasar Perhitungan

1. Modal

- a. 60% merupakan modal sendiri
- b. 40% merupakan modal bank

- 2. Bunga Pinjaman Bank 8,00% per tahun (bri.co.id)
- 3. Pengembalian pinjaman 10 tahun sebesar
- 4. Kapasitas Produksi

Tahun ke - I	=	10 %
Tahun ke - II	=	18 %
Tahun ke-III dan seterusnya	=	100 %

- 5. Pajak pendapata = 0,25 (UU No.36 Tahun 2008 Pasal 17 ayat 2a)
- 6. Umur pabrik diperkirakan 10 tahun dengan depresiasi
- 7. Masa Konstruks 2 tahun
Tahun pertama menggunakan 50% modal sendiri dan 50% pinjaman.
Tahun kedua menggunakan sisa modal pinjaman dan modal sendiri
- 8. Pembayaran modal pinjaman selama konstruksi dilakukan secara diskrit dengan cara sebagai berikut:
 - a. Pada awal masa konstruksi (awal tahun ke (-2) dilakukan pembayaran sebesar 50% dari modal pinjaman untuk keperluan pembelian tanah dan uang muka.
 - b. Pada akhir tahun kedua masa konstruksi tahun (-1) dibayarkan sisa modal pinjaman.
- 9. Laju inflasi = 3,00% (Sumber: bi.go.id pada Juli 2021)
- 10. Bunga Deposito Ba = 2,825 %

b. Investasi

Kebutuhan investasi dipenuhi dengan cara modal sendiri dan modal pinjaman dari Bank, dengan ketentuan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Modal sendiri} &= 60\% \times \\ &= 60\% \times \text{Rp } 289.806.406.883 \\ &= \text{Rp } 173.883.844.130 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Modal pinjaman} &= 40\% \times \\ &= 40\% \times \text{Rp } 289.806.406.883 \\ &= \text{Rp } 115.922.562.753 \end{aligned}$$

Dari data-data tersebut dapat dibuat tabel cash flow seperti yang terlihat pada tabel cash flow dan didapatkan:

1. Bagian pertama: menurut tahun pengembangan 2 tahun dan umur operasi pabrik yang diperkirakan 10 tahun dengan kapasitas produksi Membran 30.000 ton/tahun.
2. Bagian kedua : memuat modal investasi yang terdiri dari kolom-kolom = modal sendiri, inflasi dan jumlah modal sendiri, modal pinjaman , bunga dan jumlah pinjaman saat pabrik siap dioperasi.
3. Bagian ketiga: memuat sisa pinjaman, bunga pinjaman, total penjualan, biaya operasi yang terdiri dari = depresiasi, bunga *fixed chargers* , *variable cost*, dan *semi variable*
4. Bagian keempat: memuat *cash flow* yang terdiri dari = laba kotor, pajak, laba bersih, *cash flow*, dan *net cash flow*.

c. Internal Rate of Return (IRR)

Untuk menentukan nilai IRR harus digambarkan jumlah pendapatan dan pengeluaran dari tahun ke tahun yang disebut *cash flow*. Untuk menentukan *Discounted Cash Flow* (P) dapat menggunakan persamaan berikut ini:

$$P = \frac{1}{(1 + i)^n} \times CF$$

Dimana:

i = Rate of return

n' = Tahun pada saat *cash flow* dihitung

Pada saat ratio = 1, yang artinya total dari *Discounted Cash Flow* sama dengan *Fixed Capital Investment* maka nilai *i* disebut dengan nilai IRR. Nilai IRR kemudian harus lebih besar dari deposito bunga Bank agar pabrik tersebut dapat dikatakan layak untuk didirikan.

Tahun Ke-	Kapasitas Pabrik (%)	Investasi		
		Modal Sendiri		
		Pengeluaran	Inflasi	Jumlah
-1	-2	-3	-4	-5
-2	-	86941922065	0	86941922065
-1	-	86941922065	2608257662	89550179727
0	-	0	5294763054	5294763054
1	10	-	-	-
2	18	-	-	-
3	20	-	-	-
4	25	-	-	-
5	30	-	-	-

6	35	-	-	-
7	35	-	-	-
8	40	-	-	-
9	40	-	-	-
10	50	-	-	-

Tabel N.17 Cash Flow (lanjutan)				
Tahun Ke-	Kapasitas Pabrik (%)	Investasi		
		Modal Pinjaman		
		Pengeluaran	bunga	Jumlah
-1	-2	-6	(7)	-8
-2	-	57961281377	0	57961281377
-1	-	57961281377	4636902510	62598183887
0	-	0	9644757221	9644757221
1	10	-	-	-
2	18	-	-	-
3	20	-	-	-
4	25	-	-	-
5	30	-	-	-
6	35	-	-	-
7	35	-	-	-
8	40	-	-	-
9	40	-	-	-
10	50	-	-	-

Tabel N.17 Cash Flow (lanjutan)				
Tahun Ke-	Kapasitas Pabrik (%)	Investasi		
		Jumlah Modal sampai Pabrik Beroperasi		
		Modal Sendiri	Modal Pinjaman	Total
-1	-2	-9	-10	-11
-2	-	0	0	0
-1	-	0	0,00	0
0	-	Rp 181.786.864.846	1,30204E+11	311.991.087.330
1	10	-	-	-
2	18	-	-	-
3	20	-	-	-
4	25	-	-	-
5	30	-	-	-
6	35	-	-	-
7	35	-	-	-

8	40	-	-	-
9	40	-	-	-
10	50	-	-	-

Tabel N.17 Cash Flow (lanjutan)				
Tahun Ke-	Kapasitas Pabrik (%)	Sisa Pinjaman	Pengembalian Pinjaman	Total Penjualan
-1	-2	-12	-13	-14
-1	-	-	-	-
-2	-	-	-	-
0	-	1,30204E+11	-	0
1	10	1,17184E+11	13020422248	3,02426E+12
2	18	1,04163E+11	13020422248	5,44366E+12
3	20	91142955739	13020422248	6,04851E+12
4	25	78122533491	13020422248	7,56064E+12
5	30	65102111242	13020422248	9,07277E+12
6	35	52081688994	13020422248	1,05849E+13
7	35	39061266745	13020422248	1,05849E+13
8	40	26040844497	13020422248	1,2097E+13
9	40	13020422248	13020422248	1,2097E+13
10	50	0	13020422248	1,51213E+13

Tabel N.17 Cash Flow (lanjutan)				
Tahun Ke-	Kapasitas Pabrik (%)	Production cost		
		Depresiasi	Bunga	Fixed Cost
-1	-2	-15	-16	-17
-1	-	-	-	-
-2	-	-	-	-
0	-	-	-	-
1	10	340000000	9374704019	13654401868
2	18	340000000	8333070239	12612768088
3	20	340000000	7291436459	11571134308
4	25	340000000	6249802679	10529500528
5	30	340000000	5208168899	9487866748
6	35	340000000	4166535120	8446232968
7	35	340000000	3124901340	7404599188
8	40	340000000	2083267560	6362965408
9	40	340000000	1041633780	5321331629
10	50	340000000	0	4279697849

Tabel N.17 Cash Flow (lanjutan)				
Tahun Ke-	Kapasitas Pabrik (%)	Production cost		
		Variable Cost	Semi Variable Cost	Total
-1	-2	-18	-19	-20
-1	-	-	-	-
-2	-	-	-	-
0	-	-	-	-
1	10	1,83652E+12	8,93107E+11	2,74362E+12
2	18	3,30573E+12	1,60759E+12	4,92628E+12
3	20	3,67304E+12	1,78621E+12	5,47116E+12
4	25	4,5913E+12	2,23277E+12	6,83493E+12
5	30	5,50955E+12	2,67932E+12	8,1987E+12
6	35	6,42781E+12	3,12588E+12	9,56247E+12
7	35	6,42781E+12	3,12588E+12	9,56143E+12
8	40	7,34607E+12	3,57243E+12	1,09252E+13
9	40	7,34607E+12	3,57243E+12	1,09242E+13
10	50	9,18259E+12	4,46554E+12	1,36527E+13

Tabel N.17 Cash Flow (lanjutan)				
Tahun Ke-	Kapasitas Pabrik (%)	laba		
		Kotor	Pajak	Bersih
-1	-2	-21	-22	-23
-1	-	-	-	-
-2	-	-	-	-
0	-	-	-	-
1	10	2,80637E+11	57127413105	2,2351E+11
2	18	5,17384E+11	1,04477E+11	4,12907E+11
3	20	5,77352E+11	1,1647E+11	4,60881E+11
4	25	7,25709E+11	1,46142E+11	5,79567E+11
5	30	8,74067E+11	1,75813E+11	6,98253E+11
6	35	1,02242E+12	2,05485E+11	8,16939E+11
7	35	1,02347E+12	2,05693E+11	8,17772E+11
8	40	1,17182E+12	2,35365E+11	9,36458E+11
9	40	1,17286E+12	2,35573E+11	9,37292E+11
10	50	1,46854E+12	2,94708E+11	1,17383E+12

Tabel N.17 Cash Flow (lanjutan)

Tahun Ke-	Kapasitas Pabrik (%)	Cash Flow	
		gross	net
-1	-2	-24	-25
-1	-	-	-
-2	-	-	-
0	-	-	-
1	10	2,2385E+11	2,10829E+11
2	18	4,13247E+11	4,00227E+11
3	20	4,61221E+11	4,48201E+11
4	25	5,79907E+11	5,66887E+11
5	30	6,98593E+11	6,85573E+11
6	35	8,17279E+11	8,04259E+11
7	35	8,18112E+11	8,05092E+11
8	40	9,36798E+11	9,23778E+11
9	40	9,37632E+11	9,24611E+11
10	50	1,17417E+12	1,16115E+12

Tabel N.18 Internal Rate of Return (IRR) secara Cash Flow				
Tahun Ke-	Cash Flow	Discounted Cash Flow		
		i =	0,632728967	i =	0,632728967
1	2,2385E+11		1,37102E+11	1,37102E+11
2	4,13247E+11		1,55018E+11	1,55018E+11
3	4,61221E+11		1,05966E+11	1,05966E+11
4	5,79907E+11		81602264463	81602264463
5	6,98593E+11		60207955909	60207955909
6	8,17279E+11		43140563991	43140563991
7	8,18112E+11		26449307559	26449307559
8	9,36798E+11		18549547632	18549547632
9	9,37632E+11		11371175699	11371175699
10	1,17417E+12		8721477081	8721477081
	WCI		51142307097	51142307097
	Total		6,9927E+11	6,9927E+11

ratio = Rp 2,241

Pada ratio = 2,41, maka dapat dikatakan bahwa nilai *trial i* adalah nilai IRR.

Dari Tabel 20 didapatkan IRR = 0,633 atau = 63,27 % 63,27

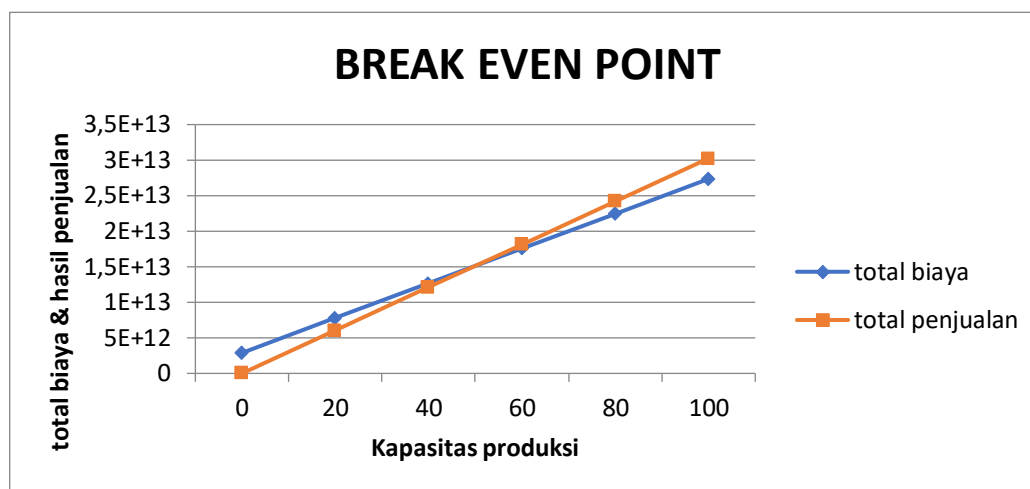
Dimana pada IRR tersebut *Fixed Capital Investment* sampai pabrik siap beroperasi, Karena harga IRR yang diperoleh lebih dari bunga deposito bank 8% per tahun, maka dapat disimpulkan bahwa pabrik layak untuk didirikan.

Tabel N.19 Data untuk Membuat Grafik BEP

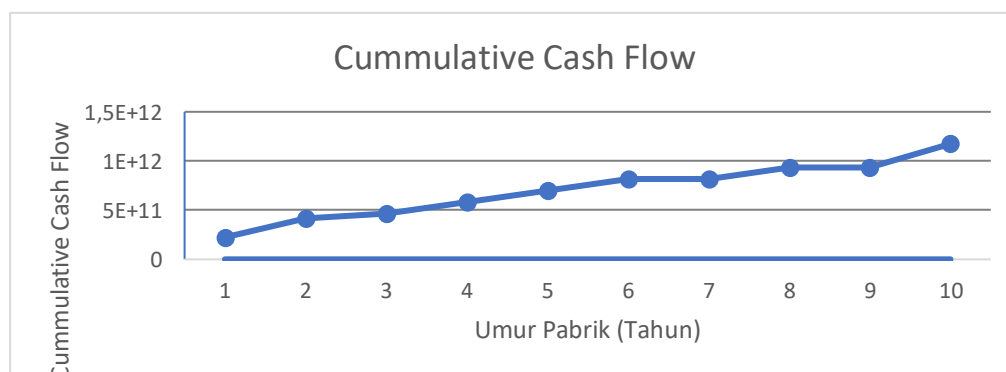
Keterangan	Nilai	10 ⁹
Sales Prices (S)	3,02426E+13	30242,5682
Variable Cost (VC)	1,83652E+13	18365,1807
Semi Variable Cost (SVC)	8,93107E+12	8931,0728
Fixed Cost (FC)	59455970799	59,4560

Tabel N.19 Data untuk Membuat Grafik BEP (lanjutan) dalam

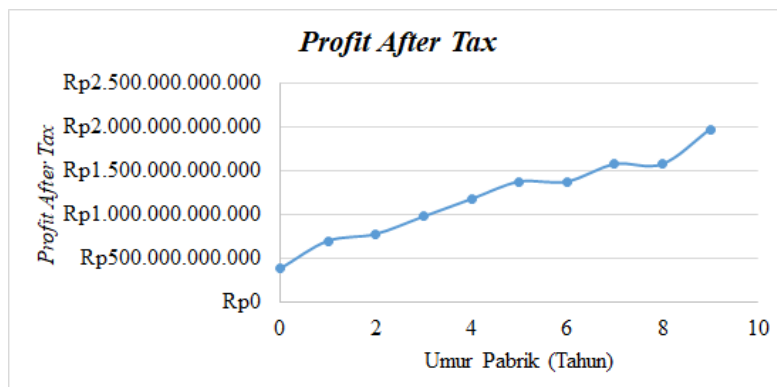
Keterangan	0	100
Sales Prices (S)	0	30242,5682
Fixed Cost (FC)	59,4560	59,4560
Variable Cost (VC)	59,4560	18424,6367
Pengeluaran Total (Ca)	2738,7778	27355,7095
Tota Cost (TC)	2679,3218	27296,2535



Gambar N.1 Grafik Break Event Point



Gambar N.2 Cummulative Cash Flow



Gambar N.3 Profit After Tax

Tabel N.20 Hasil Uji Kelayakan Ekonomi

No	Analisa Kelayakan	Nilai	Batasan	Keterangan
1	ROI	20%	Min. 9,98%	Layak
2	POT	23	Maks. 5 tahun	Layak
3	BEP	60%	30 - 60%	Layak
4	SDP	48		
5	IRR	63,27%	Min. 8%	Layak

Apakah Inflasi? Sasaran Inflasi

Penetapan Target Inflasi

Target atau sasaran inflasi merupakan tingkat inflasi yang harus dicapai oleh Bank Indonesia, berkoordinasi dengan Pemerintah. Penetapan sasaran inflasi berdasarkan UU mengenai Bank Indonesia dilakukan oleh Pemerintah. Dalam nota kesepahaman antara Pemerintah dan Bank Indonesia, sasaran inflasi ditetapkan untuk 5-tahun ke depan melalui Peraturan Menteri Keuangan (PMK). Berdasarkan PMK No.124/PMK.010/2017 tanggal 18 September 2017 tentang sasaran inflasi tahun 2019, tahun 2020, dan tahun 2021, sasaran inflasi yang ditetapkan oleh Pemerintah untuk periode 2019 – 2021, masing-masing sebesar 3,5%, 3%, dan 3%, dengan deviasi masing-masing 0,5%.

Sasaran inflasi tersebut diharapkan dapat menjadi acuan bagi pelaku usaha dan masyarakat dalam melakukan kegiatan ekonominya ke depan, sehingga tingkat inflasi dapat dijaga pada tingkat yang rendah dan stabil. Salah satu upaya pengendalian inflasi menuju inflasi yang rendah dan stabil adalah dengan membentuk dan melaksanakan ekspedisi inflasi masyarakat agar mengacu simbolis pada sasaran inflasi yang telah ditetapkan (lihat Peraturan Menteri Keuangan tentang sasaran inflasi 2019, 2020, dan 2021).

Angka target atau sasaran inflasi dapat dilihat pada situs Bank Indonesia atau situs website Pemerintah lainnya seperti Kementerian Keuangan, Kantor Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian, atau Bappenas. Sebelum UU No. 23 Tahun 1999 tentang Bank Indonesia, sasaran inflasi ditetapkan oleh Bank Indonesia. Sementara setelah UU tersebut, dalam rangka meningkatkan kredibilitas Bank Indonesia maka sasaran inflasi ditetapkan oleh Pemerintah.

Inflasi IHK (yoy)

1.33%

30 Jun 2021



PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA

Lapisan Penghasilan Kena Pajak	Tarif Pajak
di atas Rp250.000.000,00 (dua ratus lima puluh juta rupiah) sampai dengan Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)	25% (dua puluh lima persen)
di atas Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)	30% (tiga puluh persen)

- b. Wajib Pajak badan dalam negeri dan bentuk usaha tetap adalah sebesar 28% (dua puluh delapan persen).
- (2) Tarif tertinggi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a dapat diturunkan menjadi paling rendah 25% (dua puluh lima persen) yang diatur dengan Peraturan Pemerintah.
- (2a) Tarif sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf b adalah 25% (dua puluh lima persen) yang diatur



UNIVERSITAS INTERNASIONAL
SEMEN INDONESIA