LAPORAN KERJA PRAKTIK
PROSES PRODUKSI GULA PTPN XI, PG SOEDHONO, NGAWI

Disusun Oleh :

HUSNI ADAMI 2031910027
DARIS AQIL AL DZAKWAN 2031910015
ACO RASIHAN ANWAR 2031910054

JURUSAN TEKNIK KIMIA
UNIVERSITAS INTERNASIONAL SEMEN INDONESIA
GRESIK
2022

LAPORAN KERJA PRAKTIK
PROSES PRODUKSI GULA PTPN XI, PG SOEDHONO, NGAWI

JUDUL: PROSES PRODUKSI GULA PTPN XI, PG SOEDHONO, NGAWI

Disusun Oleh :

HUSNI ADAMI 2031910027
DARIS AQIL AL DZAKWAN 2031910015
ACO RASIHAN ANWAR 2031910054

JURUSAN TEKNIK KIMIA
UNIVERSITAS INTERNASIONAL SEMEN INDONESIA
GRESIK
2022

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN KERJA PRAKTIK
PTPN XI, PG SOEDHONO, NGAWI
(Periode : 1 September – 30 September 2022)

Disusun Oleh :

HUSNI ADAMI	2031910027
DARIS AQIL AL DZAKWAN	2031910015
ACO RASIHAN ANWAR	2031910054

Mengetahui,	Menyetujui,
Kepala Departemen Teknik Kimia UISI	Dosen Pembimbing Kerja Praktik
Yuni Kurniati, S.T., M.T	**Yuni Kurniati, S.T., M.T.**
NIP. 9117249	**NIP. 9117249**

Ngawi, 30 September 2021
PTPN XI, PG SOEDHONO, NGAWI
Menyetujui,

Manager Pengolahan	Pembimbing Kerja Praktik
Heri Supono, S.T.	**M. Mukhsin, S.TP.**

Dipindai dengan CamScanner

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah swt yang telah memberikan rahmat, hidayah serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat melaksanakan Kerja Praktik di PG Soedhono Ngawi dan dapat menyusun Laporan Kerja Praktik ini tepat pada waktunya. Adapun kegiatan kerja praktik ini merupakan salah satu syarat yang harus dilaksanakan untuk menyelesaikan program studi Sarjana Jurusan Teknik Kimia Universitas Internasional Semen Indonesia.

Dalam penyusunan Laporan Kerja Praktik ini tidak lepas dari bimbingan, dukungan, dan bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak yang ikut berpartisipasi diantaranya:

1. Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya penulis masih diberikan kesehatan serta kemampuan dalam melaksanakan Kerja Praktik dan dapat menyelesaikan Laporan Kerja Praktik ini.
2. Bapak Abdul Halim, ST, MT, PhD. Selaku Kepala Departemen Jurusan Teknik Kimia, Universitas Internasional Semen Indonesia.
3. Ibu Yuni Kurniati, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing dan Koordinator Kerja Praktik Departemen Teknik Kimia, Universitas Internasional Semen Indonesia.
4. Bapak M. Mukhsin selaku Pembimbing Lapangan Kerja Praktik atas bimbingan dan arahan dalam penyusunan Laporan ini.
5. Orang tua dan keluarga kami atas dukungan dan doanya sehingga kami tetap dapat melaksanakan Kerja Praktek dengan baik.
6. Seluruh pihak lainnya yang telah membantu selama pelaksanaan Kerja Praktik di PG Soedhono Ngawi.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Laporan Kerja Praktik ini masih terdapat kekurangan baik dari segi susunan kalimat maupun dalam pembahasannya. Oleh karena itu, penulis menerima segala saran dan kritik dari pembaca agar dapat memperbaiki laporan ini. Semoga Laporan Kerja Praktik ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca. *Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Gresik, 30 September 2022

Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL i
LEMBAR PENGESAHAN ii
KATA PENGANTAR iii
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL x
BAB I 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Tujuan dan Manfaat 2
1.2.1 Tujuan Umum 2
1.2.2 Manfaat 2
1.2.3 Materi yang Akan Dipelajari 3
1.3 Metodologi Pengumpulan Data Metode Orientasi (Pengenalan) Metode Interview 4
1.4 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Kerja Praktik 4
1.5 Nama Unit Kerja Tempat Pelaksanaan Kerja Praktik 4
2.1 Sejarah dan Perkembangan PG Soedhono 5
2.2 Visi dan Misi PG Soedhono 6
2.2.1 Visi 6
2.2.2 Misi 6
2.3 Lokasi dan Tata Letak PG Soedhono 6
2.3.1 Lokasi PG Soedhono 6
2.3.2 Tata Letak PG Soedhono 7
2.4 Struktur Organisasi 7
2.5 Produk 9
2.5.1 Produk Utama 9
2.5.2 Produk Samping 10
DIAGRAM ALIR PROSES PRODUKSI GULA PG. SOEDHONO 11
TINJAUAN PUSTAKA 12

3.1 Gula 12
3.2 Kualitas Gula 14
3.3 Bahan Baku Pembuatan Gula 16
1. Batang 16
2. Daun 16
3. Akar 16
4. Bunga 17
1. Air Imbibisi 20
2. Susu Kapur 20
3. Gas Blerang (SO_2) 20
4. Flokulan 20
5. Asam Fosfat 21
3.3.1 Proses Pembuatan Gula Tiap Stasiun 21
1. Jembatan Timbang 23
2. *Digital Crane Scale* (DCS) 24
3.3.2 Stasiun Penggilingan 26
A. Alat Pengangkut Tebu 26
B. Meja Tebu 27
C. Cane Preparation 28
1. Pisau Tebu 29
Cara Kerja 29
2. Unigrator atau hummer shredder 30
D. Gilingan 32
1. Fungsi Bagian-bagiannya 32
2. Unit gilingan melakukan pemerahan 33
E. Alat Penekan Rol Gilingan 33
1. Fungsi dari bagian-bagian alat 33
2. Cara kerja alat penekan rol gilingan (hydrolic) 34

F. Krepyak Tebu atau Krepyak Ampas 37
G. Imbibisi 38
H. Saringan Nira 39
3.4 1. DSM Screen 39
2. Cara Kerja DSM Screen 40
3.4.1 Stasiun Pemurnian 40
1. Flow Meter 41
3.5 Badan Pemanas Nira (*Juice Heater*) 42
3.6 Alat Pengeluaran Air Embun 42
3.7 Pompa 43
3.8 Peti-Peti Reaksi 43
3.9 Flash Tank 44
3.10 Peti Pengendapan (*clarifier*) 45
3.11 Alat Penapisan 45
3.12 Alat Pembuatan Susu Kapur 45
3.13 Tobong belerang 46
3.14 Sublimator 47
3.15 Saringan Nira Encer 47
3.15.1 Unit Pendukung Di Stasiun Pemurnian 47
A. Uap 47
B. Tangki Preparasi Acufolk 47
C. Tobong Belerang 48
D. Instalasi Susu Kapur 48
3.16 Rotary Vacuum Filter 49
3.17 Stasiun Penguapan 49
3.18 Alat yang digunakan pada Stasiun Penguapan 50
3.18.1 Evaporator 50
3.19 2. Pipa Amoniak, Pipa Air, dan Penangkap Nira 51
3.20 Bejana pengembun 52

3.21 Alat Pengeluaran Air Embun 52
3.22 Alat Pengontrol di Stasiun Penguapan 52
3.23 Alat pengaman tekanan atau Safety Valve 53
3.24 Sulfitasi Nira Kental 53
3.24.1 Stasiun Masakan 53
B. Operasional Pan Kristalisasi 56
1. Persiapan Masak 57
2. Menarik Larutan 58
3. Mengakhiri Pan / menurunkan masakan 58
4. Cara Masak 58
3.25 Palung Pendingin 59
3.26 Palung Transfer/Trog 60
b. Palung *Rapid Cristaliser* 60
D. Operasional Pendinginan Masakan 61
E. Kondensor Masakan 61
3.27 Unit Pendukung di Stasiun Masakan 62
1. Uap 62
2. Nira Kental 62
3. Air Pendingin 62
4. Bibitan Masakan 62
3.27.1 Stasiun Puteran 63
A. Puteran High Grade 66
B. Puteran Low Grade 66
3.28 Unit Pendukung pada Stasiun Puteran 70
1. Motor 70
2. Pompa 70
3. *Remelter* 70
4. Talang Goyang 70

5. Air 71
3.29 Laboratorium 71
3.29.1 Analisis Brix dan Pol 71
3.29.2 Cara pengambilan contoh 72
3.29.3 Alat Ekstraksi Ampas 73
3.29.4 Dust Collector 76
3.30 UNIT KETEL (BOILER) 76
3.31 UNIT PENGOLAHAN LIMBAH 79
3.31.1 LIMBAH CAIR 80
3.31.2 LIMBAH PADAT 82
A. Oksigen (O_2) 84
B. Bakteri 85
C. Nutrient 85
D. Air Limbah 85
BAB IV 86
PEMBAHASAN 86
4.1 Tugas khusus 86
4.2 Latar belakang 86
4.3 Rumusan masalah 87
4.4 Tujuan 87
4.5 Metodologi 87
4.6 Analisa Data 87
4.7 Pembahasan 88
Perhitungan Analitis Menghitung material dan *heat balance* Q air pada air dingin (nira) 89
Laju alir air pada Uap Panas 89
 Menghitung LMTD (log mean temperatur) 89
 Menghitung Suhu Caloric Tc dan tc) 89

Menghitung U_D 89
Menghitung overall coefficient (Uc) Uc= $\frac{hohio}{ho+hio} = 13{,}375{,}9 \frac{kj}{hr} m^2\ ^0C$ 92
BAB V 94
KESIMPULAN DAN SARAN 94
5.1 Kesimpulan 94
5.2 Saran 94
DAFTAR PUSTAKA 96
LAMPIRAN 97
6 Keterangan rumus pada tabel kesimpulan hasil perancangan 99

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Jembatan Timbang 23
Gambar 3.2 Jembatan Timbangan Tebu 24
Gambar 3.3 Stasiun Penggilingan 25
Gambar 3.4 Meja Tebu 27
Gambar 3.5 Cane Leveller 28
Gambar 3.6 Unigrator 30
Gambar 3.7 Alat Penekan Rol Gilingan 34
Gambar 3.8 Cakar Ampas 37
Gambar 3.9 Stasiun Peurnian 40
Gambar 3.10 Flowmeter 41
Gambar 3.11 Stasiun Penguapan 50
Gambar 3.12 Stasiun Masakan 55
Gambar 3.13 Stasiun Puteran High Grade 64
Gambar 3.14 Stasiun Puteran Low Grade 65
Gambar 3.15 Bagan Stasiun Puteran Dan Penyelesaian 66
Gambar 3.16 Saringan Gula, Belt Conveyor, Dan Sugar Bin 65

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 syarat mutu gula Kristal putih 14
Tabel 3.2 matrik perbedaan sni gula Kristal putih (GKP) 15
Tabel 3.3 komposisi tanaman tebu 17
Tabel 3.4 Fungsi dari Pan Masakan 34
Tabel 3.5 Data Ukuran dan Isi Pan Masakan 35
Tabel 3.6 Data UPLC SAL 45
Tabel 4.1 Data-data Proses Yang Telah Diketahui 83

Tabel 4.2 Kesipulan Hasil Perancangan ……... 85

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor industri merupakan salah satu tulang punggung perekonomian dan pembangunan di Indonesia. Oleh karena itu untuk menciptakan perekonomian yang stabil maka dibutuhkan pengembangan di sektor industri yang kokoh dan berkelanjutan. Untuk mencapai hal demikian maka perlu ada pemahaman terhadap perkembangan teknologi dan ilmu–ilmu yang berkelanjutan dalam bidang–bidang penerapan yang ada. Sejalan dengan hal tersebut maka diperlukan peranan dari akademisi untuk memberikan kontribusi berupa sumbangan pikiran terhadap perkembangan industri di Indonesia.

Ditinjau dari kondisi bangsa sebagai aktualisasi kehidupan manusia secara komunal, maka pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi mempunyai peranan yang penting dalam kemajuan bangsa sekaligus mempengaruhi keberhasilan pembangunan masyarakat yang mandiri. Pada era globalisasi saat ini, banyak industri berbasis kimia yang membutuhkan tenaga kerja profesional khususnya dalam bidang Teknik Kimia. Program Studi Teknik Kimia merupakan salah satu cabang ilmu teknik maupun rekayasa yang mempelajari mengenai pemrosesan bahan mentah menjadi barang yang bernilai ekonomis baik itu dilakukan di dalam skala kecil maupun di dalam skala besar. Beberapa bidang terkait yang menjadi fokus dari program studi Teknik Kimia, antara lain: proses produksi, pengolahan air limbah, sistem utilitas pabrik, perancangan alat, desain pabrik dan alat industri kimia, penentuan bahan konstruksi pabrik, manajemen dan keselamatan pabrik kimia, beserta perencanaan anggaran dan perekonomian di dalam suatu pabrik.

Hal tersebut tentunya juga diterapkan oleh Universitas Internasional Semen Indonesia (UISI). Universitas Internasional Semen Indonesia (UISI) merupakan salah satu perguruan tinggi swasta yang berbasis korporasi di bawah naungan PT. Semen Indonesia, Tbk. Universitas ini terletak di kawasan pabrik Semen Indonesia, di Kompleks PT. Semen Indonesia (Persero), Tbk., Kabupaten Gresik Jawa Timur. Salah satu program studi di UISI adalah Teknik Kimia, yang berfokus mempelajari pemrosesan satu bahan menjadi produk bernilai dengan mengedepankan beberapa aspek seperti ekonomi, manajerial, ketersediaan bahan baku dan faktor lingkungan. Untuk menunjang hal tersebut maka Jurusan Teknik Kimia UISI mewajibkan mahasiswanya untuk melaksanakan KERJA

PRAKTEK sebagai kelengkapan teori (khususnya dalam bidang keahlian) yang dipelajari di bangku kuliah. Sesuai dengan kurikulum jurusan Teknik Kimia UISI, yaitu adanya kerja praktek (4 SKS), kami memilih PT. Perkebunan Nusantara XI karena merupakan perusahaan yang bergerak di produk antara lain Gula Kristal Putih, Gula Pasir Sebelas (GUPALAS), dan Karung Plastik PK Rosella Baru. Dalam pengolahan produk gula selalu menerapkan proses-proses kimia dan unit operasi kimia yang mana sesuai dengan materi kuliah yang di pelajari di bangku kuliah. Dengan demikian nantinya diharapkan dapat menambah pemahaman dan pengetahuan kami dalam mempelajari proses-proses industri kimia, khususnya pengolahan produk gula.

1.2 Tujuan dan Manfaat

1.2.1 Tujuan Umum

Tujuan dari pelaksanaan Kerja praktek di PT Perkebunan Nusantara XI Surabaya, Jawa timur, adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan pengalaman dalam suatu lingkungan kerja dan mendapat peluang untuk berlatih menangani permasalahan dalam pabrik serta melaksanakan studi perbandingan antara teori yang didapat di kuliah dengan penerapannya di pabrik PG Soedhono.
2. Menambah wawasan aplikasi keteknik-kimiaan dalam bidang industri.
3. Dunia usaha mampu mewujudkan kepedulian dan partisipasinya dalam ikut memberikan kontribusi pada sistem pendidikan nasional.
4. Menumbuhkan dan menciptakan pola berpikir konstruktif yang berwawasan bagi mahasiswa dan dunia kerja.
5. Mengetahui perkembangan teknologi modern di bidang Industri, terutama yang diterapkan di PT Perkebunan Nusantara XI PG Soedhono**.**
6. Memperoleh pemahaman yang komprehensif dalam dunia kerja melalui *learning by doing*.
7. Untuk memenuhi beban satuan kredit semester (SKS) yang harus ditempuh sebagai persyaratan akademis di Jurusan Teknik Kimia Universitas Internasional Semen Indonesia.

1.2.2 Manfaat

Adapun manfaat-manfaat yang diharapkan dari pelaksanaan kerja praktek ini adalah:

Manfaat bagi mahasiswa:

1. Mendapatkan gambaran tentang kondisi *real* dunia industri dan memiliki pengalaman terlibat langsung dalam aktivitas industri, serta mendapatkan kesempatan untuk mengaplikasikan ilmu-ilmu yang diperoleh di bangku perkuliahan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik mengenai dunia industri.
2. Kegiatan kerja praktek ini juga dapat mengembangkan wawasan berpikir, bernalar, menganalisa dan mengantisipasi suatu problema, dengan mengacu pada materi teoritis dari disiplin ilmu yang ditempuh dan mengaitkannya dengan kondisi sesungguhnya, sehingga mahasiswa dapat lebih sigap dan siap menghadapi berbagai problema di lapangan, serta mempunyai kemampuan untuk mengembangkan ide-ide kreatif dan inovatif.

Manfaat bagi Perusahaan:

1. Dapat memperoleh masukan mengenai kondisi dan permasalahan yang dihadapi perusahaan.
2. Mengetahui metode-metode baru yang diperoleh dari materi diperkuliahan yang dapat diaplikasikan pada perusahaan tersebut berkaitan dengan permasalahan yang dihadapi.

Manfaat bagi Perguruan Tinggi:

Sebagai tambahan referensi khususnya mengenai perkembangan industri di Indonesia maupun proses dan teknologi yang mutakhir, dan dapat digunakan oleh pihakpihak yang memerlukan.

1.2.3 Materi yang Akan Dipelajari

Dalam kerja praktek ini kami tertarik untuk mempelajari proses yang terdapat di PT Perkebunan Nusantara XI secara spesifik. Adapun materi yang ingin kami pelajari adalah tentang masalah:

1. Profil Perusahaan (Sejarah dan Manajemen Pabrik) 2. Pengenalan Proses Pengolahan.
   a. Jenis proses pengolahan yang diterapkan
   b. Diagram alir proses pengolahan.
   c. Kapasitas produksi

3. Peralatan-peralatan utama yang digunakan.
4. Alat kontrol : *performance* dan cara kerja.
5. Laboratorium : uji kualitas bahan baku dan produksi.
6. Sistem utilitas
   a. Unit pengolahan air untuk industri
   b. Unit pengolahan limbah.
   c. Utilitas pendukung lainnya (Pengadaan energi listrik, dll).
7. Tugas khusus: Perhitungan neraca massa dan neraca panas pada alat tertentu (tergantung dari dosen pembimbing Jurusan Teknik Kimia UISI dan/atau dari pembimbing PT Perkebunan Nusantara XI PG Soedhono**.**

1.3 Metodologi Pengumpulan Data Metode Orientasi (Pengenalan) Metode Interview

Metode yang dilakukan dengan cara pengumpulan data dan dalam penyusunannya dilakukan dengan cara bertanya dan mengadakan diskusi kepada beberapa narasumber yang berada pada setiap stasiun proses pembuatan gula.

1.4 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Kerja Praktik

Lokasi : PG Soedhono Desa Tepas, Geneng, Kabupaten Ngawi, Jawa Timur
Waktu : 1 September – 30 September 2022

1.5 Nama Unit Kerja Tempat Pelaksanaan Kerja Praktik

Unit Kerja : Bagian Proses Pengolahan Gula

BAB II
PROFIL PG SOEDHONO

2.1 Sejarah dan Perkembangan PG Soedhono

Pabrik Gula Soedhono yang berlokasi di Desa Tepas, Geneng, Kabupaten Ngawi, Jawa Timur didirikan pada tahun 1888 oleh perusahaan Verenigde Vorsendsche Cultural Maatschaapy (VVCM). Pada tanggal 10 Desember 1957 Direksi sebagai pimpinan tertinggi Perusahaan Negara (PN) yang berpusat di Jakarta melakukan perubahan struktur organisasi perkebunan dari sentralisasi menjadi desentralisasi dan status PG. Soedhono menjadi Perusahaan Perkebunan Negara (PPN). Dengan dikeluarkannya Peraturan Pemerintah (PP) nomor 1 /1962 dan nomor 2 /1962 tentang Perusahaan Negara (PN) maka PG. Soedhono berubah dari Perusahaan Perkebunan Negara (PPN) menjadi Perusahaan Negara Perkebunan (PNP). Tanggal 2 Mei 1981 berdasar Peraturan Pemerintah RI nomor 6 tahun 1972 (Lembaran Negara RI nomor 7 tahun 1972) yang menetapkan pengalihan bentuk Perusahaan Negara Perkebunan XX menjadi Persero, sehingga terjadi perubahan status dari Perusahaan Negara menjadi Persero PTP XX (Perseroan Terbatas Perkebunan). Berdasarkan SK Pengesahan dari Menteri Kehakiman RI nomor C2-7749-HT-01-01 tahun 1983, telah disahkan berdirinya PTP XX menjadi badan hukum untuk waktu 75 tahun terhitung sejak tanggal 3 Desember 1983.

Dalam surat edaran nomor XX-SURED / 96.001, dengan berdasar pada peraturan Pemerintah nomor 16/1996 tanggal 14 Februari 1996 maka PTP XX dan PTP XXIVXXV (Persero) telah dibubarkan dan tanggal 11 Maret 1996 dibentuk perusahaan baru dengan nama PTP.Nusantara XI (Persero) dengan alamat di jalan Merak no 1 Surabaya. Pada tahun 2021, PG Soedhono merencanakan menggiling tebu sebanyak 240.208,1 ton. Gula dihasilkan diproyeksikan mencapai 18.626,1 ton dan tetes 10.809,4 ton. PG Soedhono beberapa kali mengalami peningkatan kapasitas sejalan meningkatnya ketersediaan tebu. Sadar akan pentingnya tebu rakyat dalam pemenuhan kebutuhan bakan baku dan pengembangan PG lebih lanjut, pelayanan prima kepada petani teru diupayakan dengan sebaik-baiknya. Secara periodik, PG menyelenggarakan Forum Temu Kemitraan (FTK) guna membahas berbagai persoalan yang dihadapi petani, baik di luar maupun dalam masa giling.

Dalam upaya peningkatan produktivitas, PG Soedhono antara lain melakukan optimalisasi masa tanaman, penataan varietas menuju komposisi

ideal (proporsi antara masak awal, tengah dan akhir berbanding 30-40-30%), penyediaan agroinputs secara tepat, intensifikasi budidaya, dan perbaikan manajemen tebang angkut. Sedangkan untuk percepatan alih teknologi, PG Soedhono aktif menyelenggarakan kebun percobaan. Melalui kebun semacam ini, petani diharapkan dapat belajar lebih banyak tentang pengelolaan kebun melalui *best agricultural practices*.

2.2 Visi dan Misi PG Soedhono

2.2.1 Visi

Menjadi perusahaan agribisnis rasional yang unggul dan berdaya saing kelas dunia serta berkontribusi secara berkesinambungan bagi kemajuan bangsa

2.2.2 Misi

Mewujudkan grup usaha berbasis sumber daya perkebunan yang terintegrasi dan bersinergi dalam memberi nilai tambah (*Value creation*) bagi stakeholders dengan :

1. Menghasilkan produk yang berkualitas tinggi bagi pelanggan
2. Membentuk kapabilitas proses kerja yang unggul (*operational excellence*) melalui perbaikan dan inovasi berkelanjutan dengan tata Kelola perusahaan yang baik
3. Mengembangkan organisasi dan budaya yang prima serta SDM yang kompeten dan sejahtera dalam merealisasi potensi setiap insan
4. Melakukan optimasi pemanfaatan asset untuk memberikan imbal hasil terbaik
5. Turut serta dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan menjaga kelestarian lingkungan untuk kebaikan generasi masa depan

2.3 Lokasi dan Tata Letak PG Soedhono

2.3.1 Lokasi PG Soedhono

Pabrik gula Soedhono terletak di daerah Ngawi ± 12 km sebelah selatan Kota Ngawi, tepatnya di desa Tepas Kecamatan Geneng Kabupaten Ngawi. Wilayah kerja meliputi 18 kecamatan di Kabupaten dan 1 kecamatan di Kabupaten Magetan, dengan radius +5 – 60 km.

Desa : Tepas

Kecamatan : Geneng
Kabupaten : Ngawi
Provinsi : Jawa Timur
Kode Pos : 63271
Terletak : ± 12 km dari kota Ngawi PG

Soedhono berbatasan dengan :

1. Sebelah Utara : Desa Paron, Kec. Paron
2. Sebelah Timur : Desa Geneng, Kec. Geneng
3. Sebelah Selatan : Kec. Kartoharjo, Kabupaten Magetan
4. Sebelah Barat : Desa Kedung Putri, Kec. Paron

2.3.2 Tata Letak PG Soedhono

Penyusunan layout yang tepat dapat memperlancar proses produksi sehingga dapat diperoleh dengan seefektif mungkin. Tata letak PG Soedhono disusun berdasarkan kondisi lingkungan sekitar. Halaman depan pabrik digunakan sebagai tempat parkir truk tebu dan stasiun emplacement. Bagian depan pabrik terdiri dari 2 lantai. Pada lantai bawah terdapat laboratorium, ruang untuk pertemuan, kantor, dan proses produksi. Ruang produksi meliputi 6 stasiun tersebut berada di lantai bawah dan atas (Stasiun Gilingan, Stasiun Pemurnian, Stasiun Penguapan, Stasiun Pemasakan, Stasiun Puteran, dan Stasiun Penyelesaian). Stasiun ketel berada di bagian paling belakang pabrik. Bagian belakang pabrik juga digunakan sebagai tempat pengolahan limbah.

2.4 Struktur Organisasi

Stuktur organisasi merupakan bagian yang penting dalam suatu perusahaan atau instansi, karena untuk melakukan kegiatan perusahaan harus diatur sedemikian rupa yaitu dengan jalan memisahkan fungsi-fungsi antara pemimpin dan pelaksana sehingga disusunlah struktur organisasi sedemikian rupa dan dapat menghasilkan kerja sama yang baik. Dengan tujuan apa yang direncanakan oleh perusahaan dapat berjalan dengan semestinya tanpa adanya penyimpangan berarti. Berdasarkan struktur organisasi yang ada tampak bahwa

PTPN XI pabrik Gula Soedhono dipimpin oleh *General Manager* yang bertanggung jawab langsung kepada Direksi dan dalam menjalankan tugasnya sehari-hari dibantu 5 orang manajer yaitu :

1. *Manager* Tanaman.
2. *Manager* Teknik.
3. *Manager* Pengolahan.
4. *Manager* Akuntasi Keuangan dan Umum.
5. *Manager* Quality Assurance

Masing-masing manajer dalam menjalankan tugasnya sehari-hari mempunyai hal-hal yang harus dilakukan agar dapat berjalan dengan lancar, diantaranya :

1. Tugas Pokok Direksi :
   Meminta pertanggung jawaban langsung dari beberapa *General Manager* mengenai kelangsungan hidup perusahaan yang dipimpin.

2. Tugas Pokok *General Manager* :

a. Bertanggung jawab kepada Direksi.
b. Mengkoordinir pekerjaan yang dilakukan bawahan.
c. Berusaha meningkatkan keterampilan, disiplin, dan memimpin serta mengawasi semua pekerjaan bawahan dan bagian.

3. Tugas Pokok *Manager* Tanaman :

a. Bertanggung jawab kepada *General Manager*
b. Mengolah dan mengawasi semua pekerjaan bagian tanaman tebu.
c. Member penyuluhan cara tanam tebu kepada bagian tanaman tebu.
d. Bertanggung jawab tentang persewaan tanah.
e. Bertanggung jawab produksi kebun.

4. Tugas Pokok *Manager* Teknik :

a. Bertanggung jawab kepada *General Manager*.
b. Mengelolah seluruh Instalasi dalam perusahaan.
c. Mengurusi perusahaan dinas.

d. Mengkoordinir pekerjaan yang dilakukan bawahan.

5. Tugas Pokok *Manager* Pengolahan.
a. Bertanggung jawab kepada *General Manager*.
b. Pengawasan umum terhadap pemakaian alat proses.
c. Pengawasan umum terhadap proses pengolahan gula.
d. Mengkoordinir bawahan.

6. Tugas Pokok Manajer AKU :
a. Bertanggung jawab kepada *General Manager*.
b. Mengkoordinir seluruh bagian Tata Usaha.
c. Mengawasi pengeluaran barang dan keuangan.
d. Menyusun RAB.
e. Mengevaluasi dan mengurusi urusan personalia.
f. Mengurusi keperluan perusahaan yang bersifat umum.
g. Mengurusi tentang perburuhan.

7. Tugas Pokok *Manager Quality Assurance* :
a. Bertanggung jawab terhadap bagian *Quality Assurance*.
b. Mengembangkan strategi pabrik dengan prinsip *good corporate governance* selaras dengan panduan *code of conduct* dan persyaratan peraturan lain yang berlaku.
c. Mengkoordinir bidang - bidang produksi.
d. Melakukan penelitian dan pengembangan bidang produksi.
e. Memberikan saran dan pendapat kepada *General Manager*.
f. Menyusun RKAP dan pengendalian pelaksanaannya bagian QA.

2.5 Produk

Produk yang dihasilkan oleh PG Soedhono ada 2 jenis yaitu produk utama dan produk samping.

2.5.1 Produk Utama

Produk utama yang dihasilkan oleh PG Soedhono adalah gula kristal putih yang disebut sebagai SHS (*Super High Sugar*). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) gula kristal diklasifikasikan menjadi

2 kelas mutu Gula Kristal Putih (GKP 1) dan Gula Kristal Putih 2. Gula Kristal Putih yang dihasilkan oleh PG Soedhono termasuk dalam mutu Gula Kristal Putih 1 dan 2.

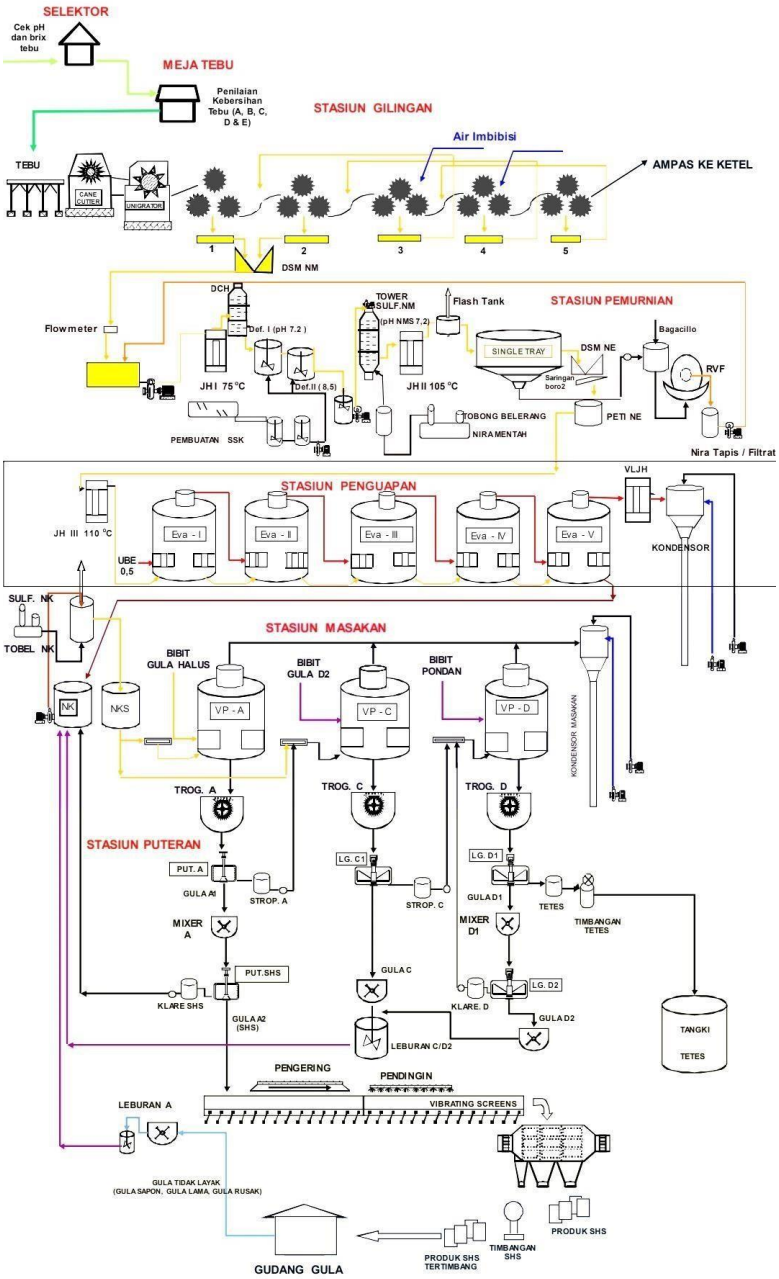
2.5.2 Produk Samping

PG Soedhono menghasilkan sebuah produk samping berupa:

1. Tetes Tebu

   Tetes tebu yang dihasilkan biasanya dijual kembali ke industri-industri yang digunakan sebagai campuran makanan ternak atau sebagai bahan baku produk MSG, alkohol, dan lain-lain.

DIAGRAM ALIR PROSES PRODUKSI GULA PG. SOEDHONO TAHUN 2022



BAB III
TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Gula

Gula sebagai suksrosa diperoleh dari nira tebu, bit gula, atau aren. Gula adalah suatu karbohidrat sederhana yang menjadi sumber energi dan komoditi perdagangan utama. Gula paling banyak diperdagangkan dalam bentuk kristal sukrosa padat. Gula sederhana, seperti glukosa yang diproduksi dari sukrosa dengan enzim atau hidrolisis asam (Wahyudi,2013).

Sukrosa kurang melimpah di daerah yang tumbuh secara aktif, terutama portmanit lunak dari ujung batang dan gulungan daun. Sukrosa terjadi di semua bagian tanaman tebu, paling banyak terdapat pada tangkai tebu, dimana sukrosa dimasukkan di vakuola berair sel penyimpanan parenkim (Chen and Chou, 1993).

Rumus bangun dari sukrosa terdiri atas satu molekul glukosa ($C_6H_{12}O_6$) yang berikatan dengan satu molekul fruktosa ($C_6H_{12}O_6$). Sukrosa atau gula secara kimia termasuk dalam golongan karbohidrat, yang memiliki rumus molekul $C_{12}H_{22}O_{11}$. Kedua jenis gula sederhana ini juga terdapat dalam bentuk molekul bebas di dalam batang tanaman tebu, tetapi tidak didalam umbi bibit gula. Rumus sukrosa tidak memperlihatkan adanya gugus formil atau karbonil bebas. Karena itu, sukrosa tidak memperlihatkan sifat mereduksi, misalnya dengan larutan Fehling campuran glukosa dna fruktosa disebut gula *invert* (Fessenden, 1986). Sukrosa memiliki sifat-sifat antara lain :

Sifat fisik : Tidak berwarna, larut dalam air, tidak larut dalam eter dan kloroform, densitas kristal 1,588 kg/m^3.
Sifat kimia : Dalam suasana asam dan suhu tinggi akan mengalami *inverse* menjadi glukosa dan fruktosa

Proses hidrolisis sukrosa disebut juga proses inversi, karena menghasilkan gula invert yang merupakan campuran glukosa dan fruktosa dalam jumlah yang sama. Proses ini akan bertambah cepat dengan adanya asam yang bekerja sebagai kristalisator. Perpecahan gula disebabkan oleh adanya mikroorganisme yang engeluarkan enzim yang akan bekerja sebagai kristalisator. Hal ini dipengaruhi juga oleh sifat optis aktif dari sakarosa dimana sebelum terhidrolisa sakarosa

memutar bidang polarisasi kekanan. Sedangkan D-fruktosa dalam larutan memutar ke kiri dan berputarnya lebih kuat dibandingkan D-glukosa sehingga hasil hidrolisa akan berputar ke kiri. Sehingga reaksi inversi dipengaruhi oleh :

1. Semakin tinggi suhu, maka semakin besar daya inversinya.
2. Daya inversi semakin besar dalam suasana asam
3. Reaksi semakin cepat dengan adanya enzim yang dikeluarkan oleh bakteri.

(Susanto, 1995)

Sukrosa pada temperatur tinggi akan mengalami inversi yaitu terurainya sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa yang disebut sebagai gula invert. Hal ini disebabkan oleh adanya mikroorgansime mengeluarkan enzim sebagai kristalisator, inversi sukrosa dapat terjadi pada suasana asam sehingga sukrosa tidak membentuk kristal karena kelarutan glukosa dan fruktosa sangat besar (Winarno, 1997).

$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$

Sukrosa **D-glukosa** **D-fruktosa**

Standart kualitas gula pasir antara lain ditentukan oleh nilai polaritas, kadar abu, kadar air dan kadar gula reduksi. Semakin tinggi polaritasnya, semakin tinggi kadar suksrosanya dan semakin baik kualitas gula, sebab akan tahan dalam penyimpanan yang ditentukan juga oleh kadar airnya. Makin tinggi kadar abu, maka makin rendah kualitas gulanya, sebab kadar abu menunjukkan adanya suatu bahan organik yang akan berpengaruh pada warna dan sifat higroskopis gula. Kadar gula reduksi akan mempengaruhi nilai polarisasi. Apabila kadar gula reduksi tinggi maka nilai polarisasi tidak akan menunjukkan kualitas gula rendah sehingga lebih mudah rusak (Moerdokusumo, 1993).

Adapun tabel syarat mutu gula kristal putih berdasarkan SNI BSN 3140.3:2010 adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1 Syarat mutu gula kristal putih

No.	Parameter uji	Satuan	Persyaratan	
			GKP 1	GKP 2
1.	Warna			
1.1	Warna kristal	CT	4,0 -7,5	7,6 - 10,0
1.2	Warna larutan (ICUMSA)	lU	81 - 200	201 - 300
2.	Besar jenis butir	mm	0,8 - 1,2	0,8 - 1,2
3.	Susut pengeringan (b/b)	%	maks 0,1	maks 0,1
4.	Polarisasi (°Z, 20°C),	”Z”	min 99,6	min 99,5
5.	Abu konduktiviti (b/b)	%	maks 0,10	maks 0,15
6.	Bahan tambahan pangan			
6.1	Belerang dioksida (SO_2)	mg/kg	maks 30	maks 30
7	Cemaran logam			
7.1	Timbal (Pb)	mg/kg	maks 2	maks 2
7.2	Tembaga (Cu)	mg/kg	maks 2	maks 2
7.3	Arsen (As)	mg/kg	maks 1	maks 1

Sumber : SNI BSN 3140.3:2010

3.2 Kualitas Gula

Standar kualitas gula pasir antara lain ditentukan oleh nilai polarisasi, kadar abu, kadar air, dan kadar gula reduksi. Semakin tinggi polarisasinya, semakin tinggi pula kadar sukrosanya dan semakin baik kualitas gula sebab akan tahan dalam penyimpanan yang juga ditentukan kadar airnya. Makin tinggi kadar abu, maka akan rendah kualitas gulanya, sebab kadar abu menunjukkan adanya bahan anorganik yang akan berpengaruh pada warna dan sifat

higroskopis gula. Kadar gula reduksi akan mempengaruhi nilai polarisasi. Apabila kadar gula reduksi tinggi maka nilai polarisasi tidak akan menunjukkan jumlah sukrosa yang terdapat dalam gula dan menunjukkan kualitas gula rendah sehingga lebih mudah rusak (Moerdokusumo, 1993). Pada tabel
3.2 matrik perbedaan SNI Gula Kristal Putih (GKP) antara SNI 3140-3:2010/amandemen 1:2011 dan SNI 3140-3:2020

Tabel 3.2 Matrik Perbedaan SNI Gula Kristal Putih (GKP)

Parameter Uji	Satuan	SNI GKP SNI 3140-3:2010/amandemen 1:2011		SNI GKP 31403:2020
		GKP 1	GKP 2	
Warna • Warna Kristal • 1.2 Warna Larutan (ICUMSA)	 CT IU > 0	 4,0 – 7,5 81 - 200	 7,6 – 10,0 201 - 300	 - 76 – 300 *)
Besar Jenis Butir	mm	0,8 – 1,2	0,8 – 1,2	0,2 – 1,2
Susut Pengeringan (b/b)	%	maks 0,1	maks 0,1	maks 0,1
Polarisasi (‘z 20°C)	“z”	min 99,6	min 99,5	min 99,5
Abu Konduktiviti (b/b)	%	maks 0,10	maks 0,15	maks 0,15
Bahan Tambahan Pangan Belerang Dioksida	 mg/kg	 maks 30	 maks 30	 maks 30
Cemaran Logam Timbal (Pb)	 mg/kg	 maks 2	 maks 2	 maks 2,0
• Tembaga (Cu) • Arsen (As) • Cadium (Cd) • Merkuri (Hg) • Timah (Sn)	mg/kg mg/kg mg/kg mg/kg mg/kg	maks 2 maks 1 - - -	maks 2 maks 1 - - -	- maks 1,0 maks 0,20 maks 0,05 maks 40,0

3.3 Bahan Baku Pembuatan Gula

Tebu *(Saccharum officinarum)* merupakan tanaman perkebunan semusim. Tebu tumbuh di dataran rendah daerah tropika dan dapat tumbuh juga di sebagian daerah subtropika. Manfaat utama tebu adalah sebagai bahan baku pembuatan gula pasir. Ampas tebu atau lazimnya disebut *bagasse* adalah hasil samping dari proses ekstraksi cairan tebu yang berasal dari batang tanaman tebu (Zultiniar dkk., 2011). Tanaman tebu *(Saccharum officinarum L)* termasuk keluarga *Graminae* atau rumput-rumputan dan berkembang biak di daerah beriklim udara sedang sampai panas. *(Saccharum officinarum L)* merupakan spesies paling penting dalam genus *Saccharum* sebab kandungan sukrosanya paling tinggi dan kandungan seratnya paling rendah (Wijayanti,2008).

Berikut merupakan deskripsi (*Saccharum offinacanarum L)* atau tanaman tebu :

1. **Batang**

   Tanaman tebu mempunyai batang yang tinggi, kurus, tidak bercabang dan tumbuh tegak. Tinggi batangnya dapat mencapai 3-5 m. Kulit batang keras berwarna hijau, kuning, ungu, merah tua atau kombinasinya. Pada batang terdapat lapisan lilin yang berwarna putih ke abu-abuan dan umumnya terdapat pada tanaman tebu yang masih muda (Sinaga, 2011).

2. **Daun**

   Daun tebu merupakan daun tidak lengkap, karena hanya terdiri dari pelepah dan helaian daun, tanpa tangkai daun. Daun berpangkal pada buku batang dengan kedudukan yang berseling. Pelepah memeluk batang, makin ke atas makin sempit.

   Pada pelepah terdapat bulu-bulu dan telinga daun (Sinaga, 2011).

3. **Akar**

   Tebu mempunyai akar serabut yang panjangnya dapat mencapai satu meter. Sewaktu tanaman masih muda atau berupa bibit, ada 2 macam akar yaitu akar setek dan akar tunas. Akar setek/bibit berasal dari setek batangnya, tidak berumur panjang, dan hanya berfungsi sewaktu tanaman masih muda. Akar tunas berasal dari tunas, berumur panjang, dan tetap ada selama tanaman masih tumbuh. (Sinaga, 2011).

4. Bunga

Bunga tebu merupakan bunga majemuk yang tersusun atas mulai dengan pertumbuhan terbatas. Panjang bunga majemuk 70-90 cm. Setiap bunga mempunyai tiga daun kelopak, satu daun mahkota, tiga benang sari dan dua kepala putik (Sinaga, 2011).

Tebu atau *(Sugar Cane)* dalam bahasa inggris adalah tanaman yang memiliki klasifikasi sebagai berikut :

Kingdom	: *Plantae* (tumbuhan)
Sub Kingdom	: *Tracheobionta* (tumbuhan berpembuluh)
Super Divisi	: *Spermatophyta* (menghasilkan biji)
Divisi	: *Magnoliophyta* (tumbuhan berbunga)
Kelas	: *Liliopsida* (berkeping satu /monokotil)
Sub Kelas	: *Commelinidae*
Ordo	: *Poales*
Famili	: *Graminae atau Poaceae* (suku rumput-rumputan)
Genus	: *Saccharum*
Spesies	: *Saccharum officinarum Linn*

(Tarigan dan Sinulingga 2006)

Tebu cocok pada daerah yang mempunyai ketinggian tanah sampai 1300 meter di atas permukaan laut. Tebu termasuk tumbuhan berbiji tunggal. Tinggi tanaman tebu berkisar 2-4 meter. Batang pohon tebu terdiri dari banyak ruas yang setiap ruasnya dibatasi oleh buku-buku sebagai tempat duduknya daun. Panjang daun dapat mencapai panjang 1-2 meter dan lebar 4-8 centimeter dengan permukaan kasar dan berbulu.

Bunga tebu berupa bunga majemuk yang berbentuk di puncak sebuah poros gelagah.

Pada nira terdapat kandungan *amylum* 0,5-1,5 %, sakarosa atau gula tebu 11,19 % dan fruktosa (gula invert) 0,5-1,5 %. Sakarosa mempunyai kandungan yang maksimal pada waktu tanam mengalami kemasakan optimal yaitu

menjelang berbunga. Apabila ditambahkan air, sakarosa akan terurai menjadi glukosa dan fruktosa.
Kandungan glukosa makin tinggi saat tanaman semakin tua (Sukardjo, 1994).

Tabel 3.3 Komposisi Tanaman Tebu

Komponen	Persentase (%)
• Sabut	12,5
• Nira	87,5
a) Air	65,5 – 70
b) Bahan kering :	17,5 – 21,8
- Bahan terlarut	3,2 – 4,4
- Bahan tidak terlarut	0,4 – 1,1

(Sukardjo, 1994).

Kandungan sukrosa maksimal pada waktu tanaman mengalami kemasakan optimal yakni menjelang berbunga. Apabila ditambah air, sukrosa, akan terurai menjadi glukosa dan fruktosa. Kandungan glukosa makin tinggi saat tanaman semakin tua (Sukardjo, 1994). Komponen yang ada dalam tebu terdiri dari :

1. Air
   Air merupakan komponen terbesar dalam tebu, sehingga untuk mendapatkan gula, maka air harus dihilangkan sebanyak-banyaknya dalam proses penguapan dan kristalisasi.
2. Senyawa anorganik
   Zat-zat anorganik yang terkandung dalam tebu biasanya berbentuk oksida, antara lain : Oksida besi (Fe_2O_3), Kalsium oksida (CaO), Aluminium oksida (Al_2O_3), Magnesium oksida (MgO), Asam phospat, K_2O, SO_2, dan H_2SO_4.
3. Senyawa organik
   Asam oksalat, Asam suksinat, Asam laktat, dan Asam glukonat. Sebagian dari asam-asam tersebut terikat sebagai garam-garam dalam keadaan basa. Karena sebagian besar kandungan senyawa organik dalam nira berupa asam maka pH nira tebu 5,5 - 5,6.
4. Gula reduksi

Gula reduksi yaitu glukosa dan fruktosa dalam perbandingan yang berlebihan satu sama lain. Makin masak tebu maka kandungan gula reduksinya makin kecil. Proses pemecahan dalam gula reduksi akan menimbulkan kerugian pada industri gula. Suhu tinggi dan pH tinggi akan mempercepat pemecahan gula reduksi, oleh karena itu harus dihindari.

5. Senyawa phospate

   Senyawa ini merupakan senyawa yang penting dalam proses pemurnian, karena pada proses pengendapan dapat menarik kotoran, menurut reaksi sebagai berikut :

$$P_2O_5 + 3\ H_2O \quad 2\ H_3PO_4$$

$$2\ H_3PO_4 + 3\ Ca(OH)_2 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 6\ H_2O$$

   Dilihat dari reaksi diatas maka keperluan kapur dan senyawa phospate harus mencukupi, karena itu dalam permurnian harus ditambah susu kapur dan asam phospate (250 - 300 ppm).

6. Zat warna

   Banyak terdapat pada kulit, daun, dan zat warna ini sulit larut dalam air (air dalam suhu kamar). Zat warna ini dapat dihilangkan pada pemurnian.

7. Zat bergetah

   Terdapat pada sabut. Pada proses penggilingan kemungkinan zat ini bisa terikut dalam nira dan hanya sebagian saja yang dapat dihilangkan.

8. Sabut

   Sabut yaitu kumpulan zat-zat padat pada tebu yang tidak terdapat dalam air tebu dan nira, zat ini dapat berupa selulosa, lignin dan sebagian abu. Ampas terdiri dari sebagian besar sabut.

   Umur panen tebu tergantung dari jenis tebu :

a. Varietas masak awal, adalah tebu yang dipanen pada umur ≤ 12 bulan seperti BZ 132, PS 80-1484, PS 85-21050, dan triton.
b. Varietas masak tengah, adalah tebu yang dipanen pada umur 12-14 bulan seperti PS 81-1321 dan PS 851.

c. Varietas masak akhir, adalah tebu yang dipanen pada umur > 14 bulan seperti BZ 148 dan PS 863. Panen dilakukan pada bulan Agustus pada saat rendemen (% gula tebu) maksimal dicapai. Panen dilakukan satu kali pada akhir musim tanam.

Selain bahan baku yaitu tebu, terdapat bahan-bahan tambahan lain yang digunakan dalam proses produksi gula. Bahan-bahan tambahan tersebut adalah:

1. Air Imbibisi

Air Imbibisi merupakan air yang ditambahkan saat tahap penggilingan. Air imbibisi ditambahkan agar memaksimalkan proses pemerahan nira mentah dari batang tebu. Air imbibisi yang ditambahkan mencapai 20- 30% dari total tebu yang masuk penggilingan (Cicilia,2014).

2. Susu Kapur

Kapur tohor yang dibuat menjadi susu kapur cair berfungsi untuk menaikkan pH nira menjadi 6,0,-6,7 agar tidak terjadi inversi. Di pemurnian ditambahkan di *defekator* I sampai pH 7,0-7,2 dan di *defekator* III pH 8,5-8,7 bereaksi dengan H_3PO_4 membentuk endapan.

3. Gas Blerang (SO_2)

Belerang adalah bahan pembantu yang digunakan pada tahap pemurnian di tangki sulfitasi. Belerang digunakan di *sulfur* NM agar pH netral 7,2-7,3 dan menangkap kelebihan dari $Ca(OH)_2$. Dan *sulfur* NK sebagai *bleaching* pada pH 5,4-5,6.

4. Flokulan

Flokulan adalah bahan yang juga ditambahkan pada stasiun pemurnian. Tujuan dari pemberian flokulan ini adalah sebagai katalisator yang akan mempercepat proses koagulasi kotoran sehingga proses pengendapan dapat berlangsung lebih cepat dan nira murni yang dihasilkan lebih banyak. Flokulan berfungsi untuk mengikat kotoran sehingga mempercepat proses pengendapan. Pemasukan flokulan ke dalam air yang akan dikoagulasikan dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu:

a. ***Liquid feeder***, yaitu banyaknya larutan dapat diatur sebanding dengan tingkat aliran air. Untuk tipe–tipe ini koagulan dikeluarkan sudah dalam bentuk larutan, dengan terlebih dahulu dilarutkan didalam tangkitangki pelarut.

b. Dry feeder, yaitu diperlukan bahan-bahan dalam bentuk serbuk. Keuntungan dari *dry feeder* adalah sifat korosif dari bahan ini tidak seperti dalam bentuk larutan (Lestari, 2006).

5. Asam Fosfat

Penambahan asam fosfat dimaksudkan untuk membentuk endapan kalsium fosfat yang bersifat untuk menggumpalkan kotoran, sehingga nira dan kotoran mudah dipisahkan. Nira yang sudah dipisahkan dari kotoran menjadi lebih jemih. (Cicilia, 2014).

3.3.1 Proses Pembuatan Gula Tiap Stasiun

3.3.1.1 Stasiun Penerimaan

Penerimaan atau *Emplacement* merupakan suatu area pabrik yang digunakan untuk menampung tebu sebelum diproses di stasiun giling, *emplacement* sendiri berasal dari bahasa Belanda yang berarti lapangan terbuka yang disediakan guna kegiatan industry dengan beragam komponen yang menunjang aktivitas di dalamnya. Tempat ini digunakan untuk menampung tebu dari lahan pertanian yang kemudian akan dipilah kualitas tebunya pada *selector*, ditimbang lalu dipindahkan pada lori. PG Soedhono mengambil pasokan tebu dari lahan yang dikategorikan menjadi 4 bagian, yaitu:

1) TS (Milik pabrik)
   - SPAT berwarna biru
   - Daerah pemasok tebu: Paron (Ngawi) 2) TRK (Milik pribadi 1 orang petani)
   - SPAT berwarna putih
   - Daerah pemasok: Bendo, Pitu, Jogorogo

3) TRLD (Milik luar daerah)
   - SPAT warna kuning
   - Dareah pemasok: Sragen, Pati, Blora, dll

Prosedur :

1.) Tebu diambil dari beberapa daerah pemasok tebu
2.) Tebu dibawa menggunakan truk (kurang lebih 400 truk)
3.) Tebu yang telah sampai di tempat selektor untuk diseleksi
4.) Tebu yang tidak memenuhi persyaratan pada selektor 1 akan ditolak, sedangkan yang lolos dilakukan pengisian SPAT (Surat Pengisian Angkut Tebu) oleh petugas selektor I dan selanjutnya akan dibawa ke selektor II untuk dilakukan penimbangan.

1. Selektor I

Selektor I berfungsi sebagai tempat menyeleksi tebu yang baru datang dari kebun, Selektor I juga dilengkapi *Hand brix refractometer* dan pH meter. Pada selektor ini dilakukan pengecekan nilai *brix* dengan cara mengambil sedikit nira tebu dengan mesin giling tebu peras lalu dicek menggunakan *Hand brix refractometer.* Berikut merupakan kriteria tebu agar tebu dari kebun dapat diterima oleh pabrik antara lain:

1.) Tebu sudah berumur minimal 12 bulan.
2.) Kadar *brix* pucuk minimal 17.
3.) Tebu harus bersih, manis dan segar.
4.) Nilai pH minimal 5

Apabila truk tebu lolos seleksi selektor I, sopir akan diberi surat perintah timbang untuk dibawa ke selektor II. Tetapi apabila tebu tidak memenuhi kriteria di atas maka akan dilakukan penolakan tebu. Hal-hal yang menyebabkan tebu ditolak oleh *pabrik,* Antara lain:

1.) Tebu terlihat kotor.
2.) Kadar *brix* kurang dari 17.
3.) Nilai pH kurang dari 5.

2. Selektor II

Di pos selektor II untuk penilaian kualitas BBT (bahan baku tebu) untuk kriteria kebersihan dengan melihat daduk, sogolan, pucuk, akar tanah, dan non tebu, cacahan.

Dengan hasil berikut :

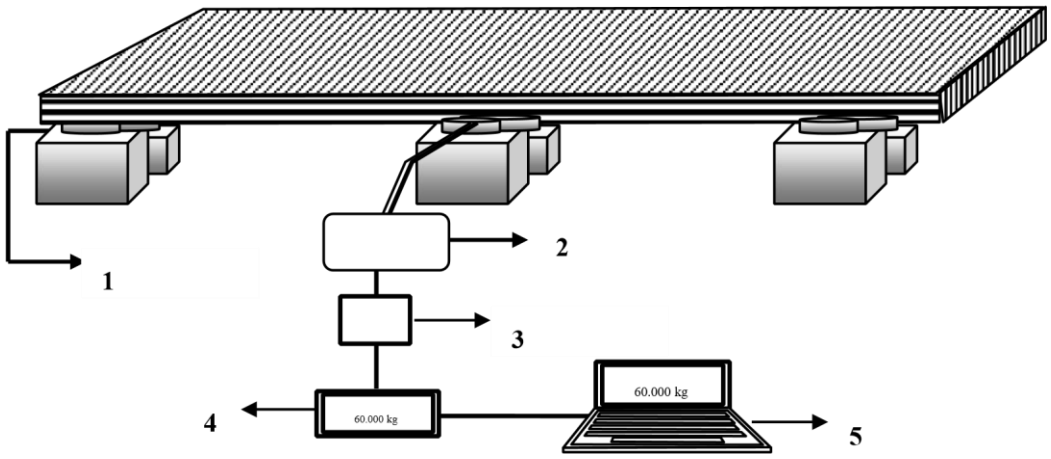
- Penilaian kualitas kebersihan dengan kriteria A, B, C.
- Melakukan pembobotan nilai pada masing-masing jenis kotoran.
- Hasil penilaian dimasukkan kedalam *computer* dengan *form* yang sudah disediakan dan bila hasil komutatif kebersihan 97% maka berada pada kiteria A, jika <97-95% maka berada pada kriteria B, sedangkan < 95% maka berada pada kriteria C.
- Bobot parameter penilaian kebesihan.
- Penilaian kualitas kebersihan dengan nilai D untuk tebu terbakar.
- Penilaian kualitas kebersihan dengan nilai E untuk tebu brondolan

3.3.1.2 Stasiun Timbangan

Penimbangan tebu dilakukan agar setiap tebu yang masuk diketahui jumlah sesuai dengan rata rata yang ditentukan setiap angkutan. Terdapat dua timbangan di PG. Soedhono yaitu :

1. Jembatan Timbang

Jembatan timbang merupakan tempat menimbang bahan baku (terutama tebu) dengan metode digital. Rata-rata berat yang ditimbang maksimal 15 ton (termasuk angkutan).



GAMBAR 3.1 JEMBATAN TIMBANG

Keterangan :

1. Load cell
2. Box kabel
3. Indikator
4. Monitor
5. CPU

Fungsi bagian :

Load cell : Sensor

Indikator : Menerima sinyal dari Load Sel dan meneruskannya ke Monitor

Monitor : Menerima data dari indikator dan mengirim data pada CPU untuk dimunculkan nilai angka beban

CPU : Menerima data dan mengeluarkan Struk

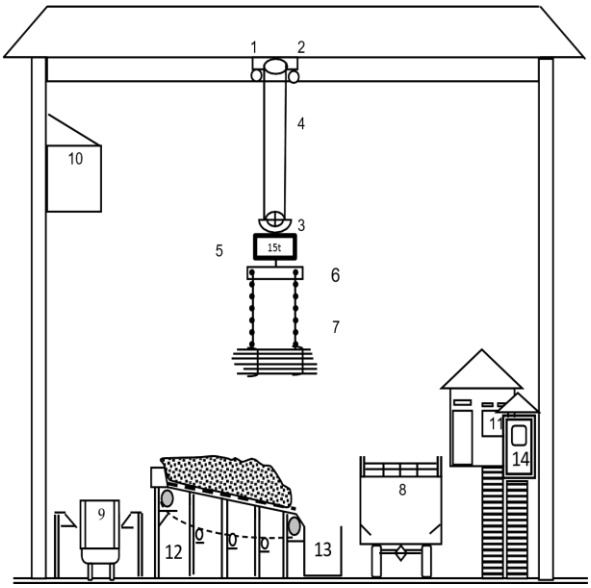
Box Kabel : Tempat menyambungnya semua kabel load sel

Cara Kerja Jembatan Timbang

Bila landasan timbang menerima beban akan menyentuh sensor load sel. Selanjutnya load sel akan mengirimkan sinyal pada indikator, lalu indikator akan mengirim data ke layar monitor pada CPU. Maka akan diketahui nilai dari beban yang berada diatas jembatan timbang kapasitas 60 ton.

2. *Digital Crane Scale* (DCS)

Timbangan *crane* merupakan tempat menimbang tebu dengan mengangkut tebu dari truk yang dikaitkan pada pengait pada timbangan yang selanjutnya petugas mencatatnya.



GAMBAR 3.2 TIMBANGAN TEBU DIGITAL CRANE

Keterangan :

1. Motor penggerak horizontal
2. Motor penggerak vertical
3. Roda
4. Stall drad
8. Truk
9. Lori
10. Ruang operator crane
11. Ruang operator komputer

5. Gabaral
6. Digital scale
7. Rantai
12. Meja tebu
13. Cane Carier
14. Ruang operator cane carier

Fungsi bagian :

1. Motor penggerak horizontal : Untuk menggerakkan ke arah horizontal
2. Motor penggerak vertical : Untuk menggerakkan ke arah vertical
3. Motor drad : Menggerakkan naik dan turunnya stall
4. Stall drad : Tali pengangkat tebu
5. Gabaral : Tempat digital scale
6. Digital scale : Alat penimbang / pembacaan skala berat
7. Rantai : Pengikat tebu
8. Truk : Pengangkut tebu
9. Lori : Tempat tebu setelah ditimbang
10. Ruang operator crane : Tempat pengoperasian crane
11. Ruang operator computer : Ruang pengoperasian unit computer dan pencatat hasil penimbangan
12. Meja tebu : Tempat tebu setelah diangkat dari truk/lori
13. Cane carier : Alat angkut menuju ke gilingan
14. Ruang operator cane carier : Tempat operator mengatur gerakan rantai meja tebu dan cane carier

Cara Menimbang Tebu :

Truk masuk ke tempat penimbangan. Petugas pencatat menerima SP, kemudian tebu diangkat dengan cane crane dan digital scale akan menunjukkan berat tebu. Data kemudian diterima teledisplay dan masuk ke monitor, angka berat tebu kemudian di cetak. Setelah itu tebu di pindahkan ke meja tebu untuk digiling. Prosedur Penimbangan Tebu

1. Sopir memberikan SPAT kepada petugas timbang.
2. SPAT dimasukan kedalam komputer untuk dibaca barcodenya.
3. Tebu ditimbang menggunakan SIMPG, lalu secara otomatis jumlah berat tebu akan muncul dimonitor.
4. *Print out* data hasil penimbangan.

5. Penandatanganan data hasil timbang oleh petugas.
6. Data tersebut diserahkan kembali pada sopir truk.

3.3.2 Stasiun Penggilingan

Stasiun Pemerahan merupakan proses awal pengolahan gula dengan tujuan untuk memerah batang tebu sehingga dapat memisahkan nira dengan kotoran, koloid, dan sabut tebu. Di pabrik gula Soedhono mempunyai dua alat Cane Preparation dan lima unit Gilingan.

Gambar 3.3 Stasiun Penggilingan

A. Alat Pengangkut Tebu

Cane Crane merupakan alat pengangkut tebu yang berfungsi untuk mengangkat atau memindahkan tebu dari lori atau truck ke meja tebu. Alat ini di Pabrik Gula Soedhono ada Cane Crane dan Crane Cadangan.

Berikut merupakan bagian dan juga fungsi dari masing-masing alat pengangkut tebu antara lain :

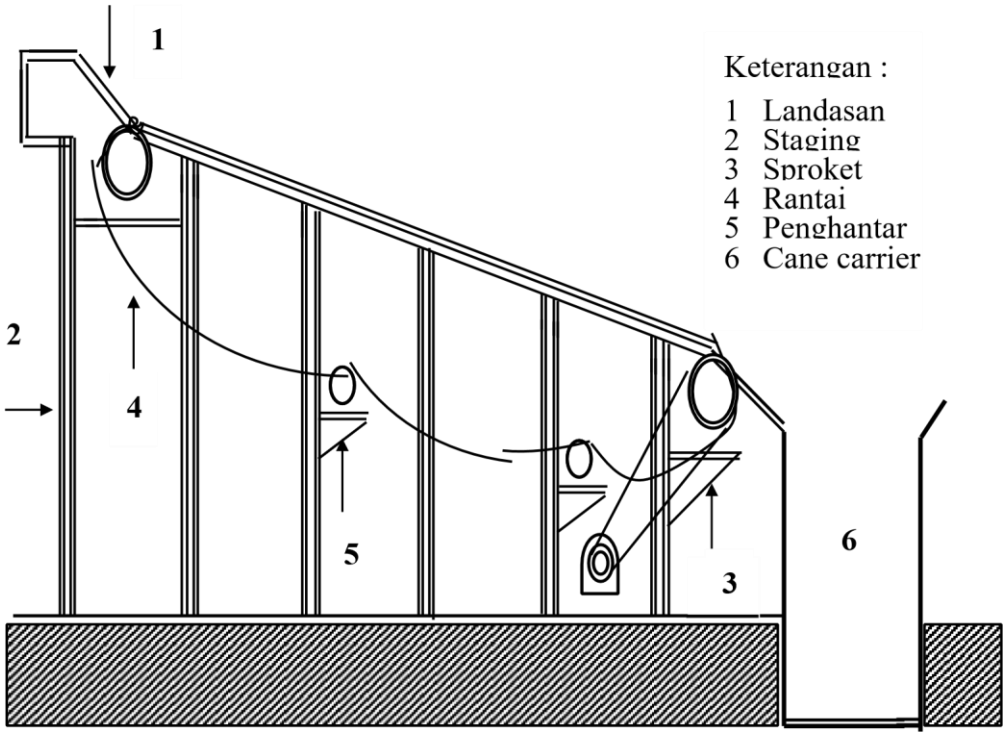
1. Motor penggerak vertical, berfungsi mengangkat tebu dari lori atau truck.
2. Motor penggerak horizontal, berfungsi untuk menggerakkan tebu menuju meja tebu dengan posisi yang tepat.
3. Rail motor penggerak, berfungsi sebagai tempat motor penggerak berjalan.
4. Penggulung stall draad, berfungsi untuk menarik dan manggulung stall dread sehingga bisa mengangkat tebu.
5. Stall Dreat, berfungsi sebagai tali penghubung untuk mengangkat dan menurunkan tebu.
6. Roda, berfungsi mempermudah naiknya kaitan tebu.
7. Jangkar, berfungsi sebagai tempat tergantungnya rantai pengikat tebu

8. Rantai, berfungsi sebagai alat pengikat tebu
9. Pengait Tebu, berfungsi sebagai pengait rantai pengikat tebu
10. Meja Tebu, berfungsi untuk mengatur masuknya tebu ke krepyak tebu
11. Krepyak Tebu, berfungsi untuk membawa tebu ke gilingan
12. Ruang Operator Cane Crane, berfungsi sebagai tempat mengoperasikan cane crane
13. Ruang Operator Meja Tebu, berfungsi sebagai tempat mengoperasikan meja
    tebu
14. Satu unit Crane cadangan jika Crane rusak Cara pengangkatan tebu

- Setelah lori atau truk berada dibawah crane cane, petugas mengaitkan seling tebu ke jangkar
- Dengan motor penggerak vertical tebu diangkat dan dengan motor penggerak horizontal tebu diarahkan ke meja tebu
- Setelah tepat diatas meja, tebu pengait dilepas oleh petugas sehingga tebu jatuh ke meja tebu dan crane kembali ke posisi semula untuk melakukan pengangkatan lagi
- Dilakukan demikian secara terus menerus dan berkelanjutan

B. Meja Tebu

Alat ini berfungsi sebagai tempat untuk meletakkan tebu yang telah diangkat dari lori/truk menuju *cane carrier*, sebelum masuk *cane carrier* ada satu alat yang berfungsi sebagai Perata atau pengatur jatuhan tebu yang disebut *Cane Leveler*.



GAMBAR 3.4 MEJA TEBU

Fungsi Bagian :

1. Landasan : Tempat tebu diletakkan
2. Staging : Penyangga alat
3. Sproket : Roda gigi untuk menggerakkan rantai
4. Rantai : Bagian yang berfungsi sebagai perantara gerakan karena tebu berada di atasnya maka ikut berjalan
5. Penghantar : Untuk menyangga rantai saat posisi di bawah agar tidak kendor
6. Cane Carrier : Alat angkut menuju ke gilingan

C. Cane Preparation

Alat ini bertujuan untuk mempersiapkan tebu sebelum diperas di unit gilingan. Alat ini bekerja dengan cara memotong, memecah dan menyayat tebu

sehingga tebu menjadi potongan-potongan kecil sehingga diharapkan memperingan kerja gilingan dan meningkatkan ekstraksi.

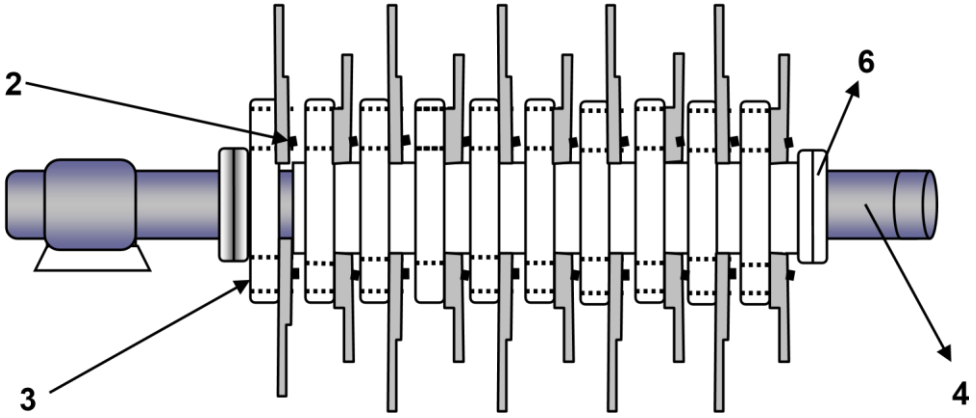
1. Pisau Tebu

Cane cutter berfungsi sebagai pemotong batang tebu menjadi bagian-bagian kecil sehingga mudah untuk dihancurkan oleh unigrator.

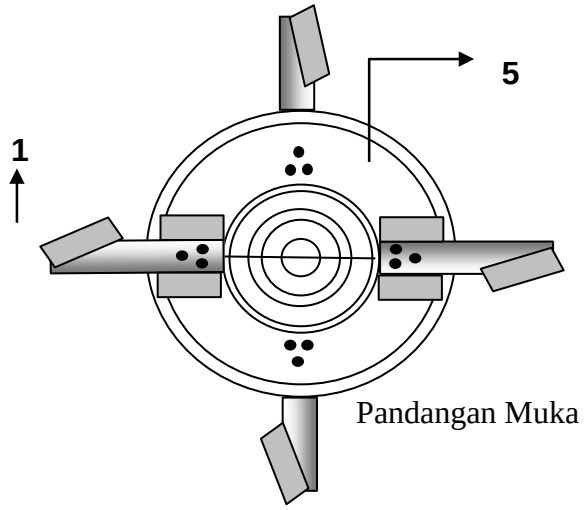
Cara Kerja

Tebu yang berada di meja tebu selanjutnya dibawa oleh krepyak tebu/cane carrier menuju pisau tebu. Oleh pisau tebu dipotong-potong dan dicacah menjadi bagian kecilkecil, sehingga sel-sel tebu terbuka dan pemerahan nira lebih mudah.

Pisau dipasang pada ujung atas tangkai pisau, tangkai pisau dikaitkan pada piringan yang terdapat pada disc dengan menggunakan tiga baut. Arah ujung pisau sama dengan arah putaran piringan.



Pandangan Samping



1.Mata pisau
2.Baut pengikat
3.Disc
4.Poros
5.Piringan
6.Bearing

GAMBAR 34 CANE CUTTER

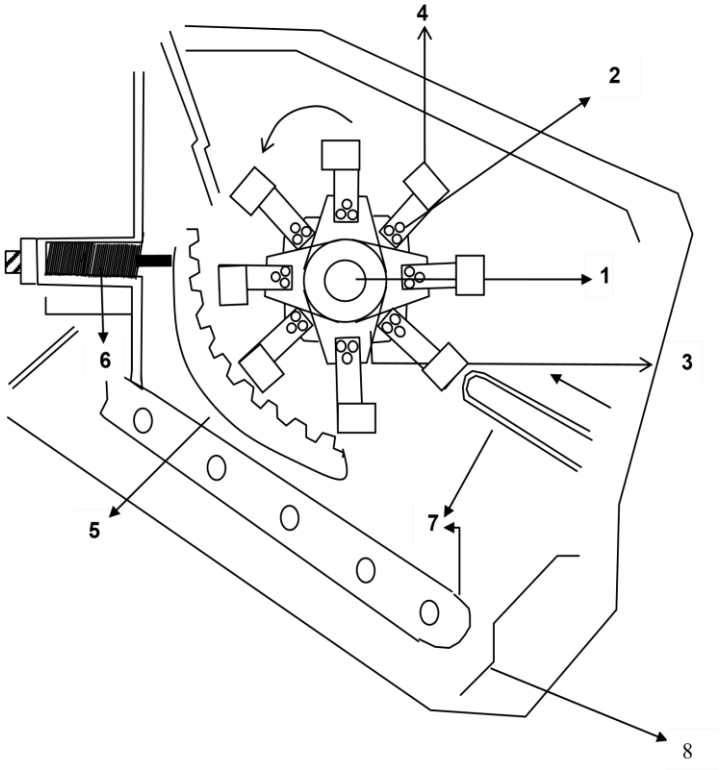
Fungsi bagian :

1. Mata pisau : Sebagai alat pemotong dan pencacah batang tebu
2. Baut pengikat : Sebagai pengait pisau dengan piringan
3. Disc : Tempat menempelnya piringan
4. Poros : Tempat kedudukan/penyusunan piringan
5. Piringan : Tempat dipasangnya pisau-pisau pemotong
6. Bearing : Penahan poros agar dapat berputar stabil

2. Unigrator atau hummer shredder

Alat ini berfungsi sebagai perusak struktur tebu atau membuka sel batang tebu sehingga nira yang terdapat dalam batang tebu dapat diambil dengan sempurna, selain itu juga memperingan kerja gilingan, mempengaruhi kapasitas gilingan. Alat ini merusak struktur tebu dengan cara memukul dan menghancurkan batang tebu yang sebelumnya sudah dipotong potong oleh Cane Cutter menghasilkan ampas tebu yang arahnya berlawanan dengan arah Cane Cutter atau searah dengan Cane Carrier. Alat ini dikatakan berhasil jika ampas yang dihasilkan berupa sabut sabut halus, tidak terjadi slip pada gilingan karena

kerja gilingan menjadi ringan, sehingga gilingan dapat disetel agar menghasilkan perahan nira yang maksimal.



GAMBAR 3.5 UNIGRATOR

Keterengan :

1. Posros
2. Baut pengikat
3. *Disc*
4. *Hummer tip*
5. Anvil
6. Pengatur anvil
7. *Cane carrier* tebu
8. *Deflector plate*

Fungsi bagian :

1. Poros : As yang berhubungan dengan electromotor sebagai pusat perputaran
2. Baut pengikat : Baut untuk mengikat/menempelkan pisau
3. Disc : Tempat diikatnya/ditempelkannya pisau

4. Hummer Tip : Bagian yang berfungsi memukul-mukul tebu sehingga sel-selnya terbuka
5. Anvil : Jarak antara hammer dengan dasar
6. Pengatur Anvil : Pengatur jarak anvil
7. Cane Carrier tebu : Carrier untuk membawa/menggerakkan tebu
8. Deflector plate : Untuk mengatur agar serpihan tebu mengikuti arah putaran dari hammer

Cara Kerja :

Pemukul/hammer pada unigrator terbagi menjadi empat deret selangseling dan saling tegak lurus, sehingga bersamaan unigrator bekerja dengan putaran tinggi hammer memecah tebu. Rumah unigrator dibuat sedemikian rupa sehingga tebu dapat dipukul oleh hammer secara optimal. Anvil untuk pengaturan jarak terdapat pada bagian bawah rumah unigrator. Tebu yang keluar dari unigrator dalam keadaan hancur sehingga luas permukaan sel-sel yang terbuka menjadi besar. Keberhasilan kerja alat ini ditentukan dengan hasil analisa PI yang besarnya sekitar ± 86 %.

D. Gilingan

PG Soedhono memiliki 5 unit gilingan yang dilengkapi dengan penggerak yang berbeda pada masing-masing unit. Gilingan 1 menggunakan *electromotor* sebagai penggerak, gilingan 2 dan 3 menggunakan uap dari ketel tekanan rendah/ketel *battery* . Gilingan 4 dan 5 menggunakan turbin untuk menggerakkan gilingan, turbin penggerak menggunakan uap dari ketel tekanan menegah/ketel *Storkk. Satu* unit gilingan terdiri dari 1 buah rol pengumpan atau fiding rol, 1 buah rol gilingan atas, 1 buah rol gilingan depan, 1 buah rol gilingan belakang. Tekanan hidrolik gilingan dan setelan unit gilingan sangat dipengaruhi oleh hasil umpanan dari hummer shredder yang juga mempengaruhi kecepatan dan kapasitas giling. Kecepatan putaran rol gilingan sebesar ± 3 putaran per menit atau 180 putaran per jam.

1. Fungsi Bagian-bagiannya

- Rol pengumpan atau feeding rol, berfungsi sebagai pengumpan ampas ke rol atas dan depan
- Rol atas, berfungsi memberikan tekanan pada ampas dengan rol gilingan depan

- Rol depan, berfungsi sebagai pemerah utama dengan rol gilingan atas
- Rol belakang, berfungsi sebagai tempat pemerahan atau penekanan antara rol atas dengan rol belakang
- Penyekrap ampas, berfungsi untuk membersihkan ampas yang melekat pada alur rol gilingan
- Plat ampas, berfungsi untuk jalan ampas dari rol depan ke rol belakang
- Bak penampung nira, berfungsi sebagai tempat penampung nira hasil perahan
- Saluran pengeluaran nira, berfungsi untuk saluran hasil nira perahan ke saringan dan imbibisi
- Lubang penekan minyak, berfungsi untuk saluran minyak yang akan memberikan penekanan pada metal rol gilingan
- Metal rol gilingan, berfungsi sebagai tempat kedudukan as rol atas • Motor listrik, berfungsi sebagai penghasil tenaga penggerak untuk gilingan 1.
- Uap ketel *Storkk* berfungsi sebagai tenaga penggerak untuk gilingan 2 dan 3. • Turbin penggerak, berfungsi sebagai tenaga penggerak dari gilingan 4 dan 5.

2. Unit gilingan melakukan pemerahan

- Ampas tebu diumpan masuk ke bukaan pertama
- Kemudian ampas mendapat perahan dari rol gilingan atas dan depan
- Melalui plat ampas kemudian ke bukaan belakang dan mendapat penekanan dan perahan antara rol atas dan belakang
- Ampas keluar lewat bukaan belakang
- Hasil perahan ditampung di bak penampung nira

E. Alat Penekan Rol Gilingan

Alat ini berfungsi untuk membuat gaya tekan pada ampas yang digiling secara teratur sehingga terjadi penekanan yang merata, selain itu juga dapat menyesuaikan fluktuasi ampas agar pol ampas dapat ditekan serendah rendahnya.

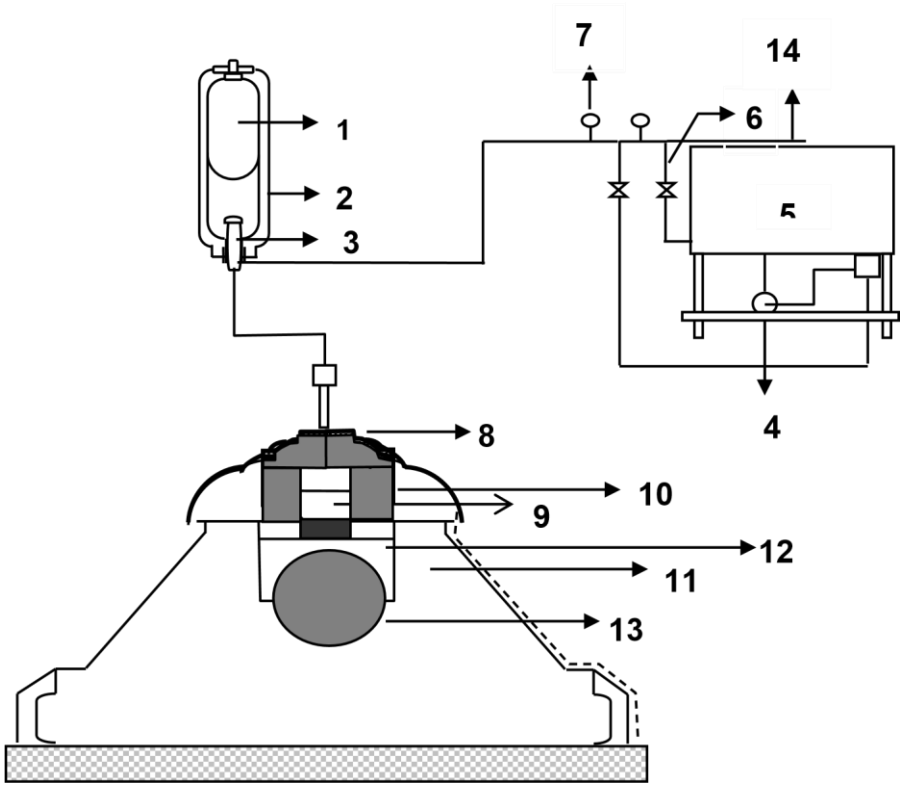
1. Fungsi dari bagian-bagian alat

- Tangki minyak, berfungsi sebagai penampung minyak

- Pompa, berfungsi memompa minyak untuk memberikan tekanan awal
- Manometer, berfungsi untuk menunjukkan tekanan pada gilingan
- Tabung accumulator, berfungsi sebagai tempat gas nitrogen dan minyak
- Ruang gas nitrogen kering, berfungsi membuat tekanan balik pada minyak
- Pipa minyak, berfungsi sebagai tempat aliran minyak dari pompa ke tabung
- Ruang minyak, berfungsi untuk meneruskan tekanan dari rol gilingan ke tabung accumulator
- Torak, berfungsi sebagai silinder yang meneruskan tekanan minyak ke metal
- Metal atas, berfungsi sebagai penahan rol gilingan
- As rol gilingan atas, berfungsi sebagai tempat penekanan dari tabung accumulator

2. Cara kerja alat penekan rol gilingan (hydrolic)

Fungsi alat penekanan gilingan untuk mendapatkan tekanan pada rol atas yang konstan terhadap tebal tipisnya ampas yang biasanya dengan tekanan ± 200 kg/cm^2.



GAMBAR 3.7 ALAT PENEKAN ROL GILINGAN

Keterangan :

1. Bola berisi gas nitrogen
2. Tabung accumulator
3. Katup minyak
4. Pompa minyak
5. Tangki minyak
6. Pipa pengembalian minyak
7. Manometer
8. Ruang minyak
9. Piston
10. Packing
11. Standard gilingan
12. Metal gilingan
13. As rol gilingan
14. Pipa minyak ke penekan rol sisi lain

Fungsi bagian :

1. Bola berisi gas nitrogen : Sebagai alat penekan keseimbangan tekanan
2. Tabung accumulator : Tabung besi yang berisi gas nitrogen dan minyak

3. Katup minyak : Sebagai pengatur keluar masuknya minyak hidrolis
4. Pompa minyak : Untuk memompa minyak pada accumulator saat pengisian
5. Tangki minyak : Tempat menampung minyak hidrolis
6. Pipa pengembalian minyak : Sebagai saluran minyak yang masuk kembali ke tangki
7. Manometer : Sebagai alat pengukur tekanan minyak hidrolis pada metal rol atas gilingan
8. Ruang minyak : Ruang berisi minyak hidrolis
9. Piston : Sebagai alat mekanis penekan metal rol atas gilingan
10. Packing : Pencegah terjadinya bocoran minyak pada gerak mekanis piston
11. Standard gilingan : Tempat tumpuan roll gilingan
12. Metal gilingan : Sebagai penahan as gilingan agar tetap berputar pada sumbunya
13. As rol gilingan : Poros gilingan yang mendapat tekanan dari alat penekan
14. Pipa minyak ke penekan : Saluran minyak hidrolis ke penekan sisi lain roll sisi lain

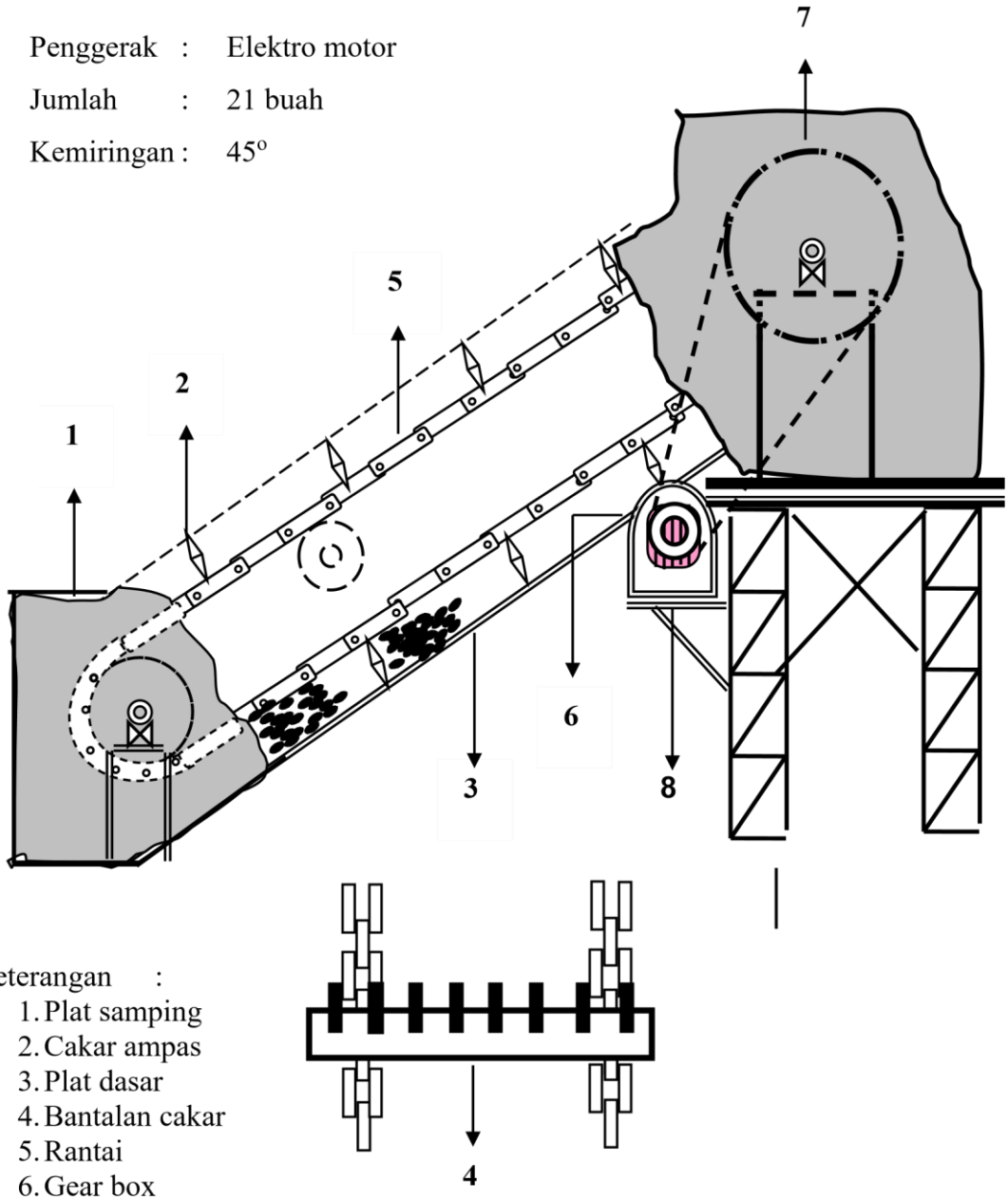
Cara kerja :

Gas nitrogen dimasukkan pada tabung accumulator, kemudian minyak dipompa ke ruang minyak pada tekanan yang sama, yaitu ditunjukkan oleh manometer kemudian aflsuiter/valve pipa tekan dan pipa isap ditutup. Bila ampas yang masuk tebal, rol gilingan atas menekan metal diteruskan oleh torak yang akan menekan minyak ke accumulator, gas nitrogen akan memberi tekanan kontra sehingga tekanan tetap stabil, apabila ampas yang masuk tipis accumulator memberi tekanan yang sama seperti saat ampas yang masuk tebal (tekanan tetap stabil).

F. Krepyak Tebu atau Krepyak Ampas

Krepyak tebu atau krepyak ampas terletak diantara unigrator dengan gilingan 1, gilingan 1 dan 2, gilingan 2 dan 3, gilingan 3 dan 4, gilingan 4 dan 5 sering disebut krepyak intermediate.

Penggerak : Elektro motor
Jumlah : 21 buah
Kemiringan : 45°



Keterangan :
1. Plat samping
2. Cakar ampas
3. Plat dasar
4. Bantalan cakar
5. Rantai
6. Gear box

Gambar 3.8 CAKAR AMPAS

1. Fungsi – fungsinya :

1. Plat samping : Sebagai penutup samping kiri/kanan
2. Cakar ampas : Untuk mencakar ampas yang jatuh dari roll gilingan untuk dibawah ke gilingan berikutnya
3. Plat dasar : Sebagai penutup bagian bawah carrier juga sebagai tempat jalannya ampas
4. Bantalan cakar : Sebagai tempat/kedudukan cakar
5. Rantai : Sebagai tempat penyusunan deretan cakar ampas
6. Gear Box : Tempat roda gigi melakukan transmisi/perubahan putaran
7. Roda gigi/sproket : Roda gigi yang menggerakkan rantai cakar ampas
8. Elektromotor : Sebagai penggerak roda melalui gear box

2. Cara Kerja :

Sebagai penggerak digunakan elektromotor, sehingga kecepatan carrier konstan, roda gigi penggerak dihubungkan dengan roda gigi sprokret yang akan menarik rantai cakar yang dibawahnya terdapat bantalan, cakar dapat berputar sehingga ampas yang ada diplat dasar dapat terbawa sampai puncak dan ampas jatuh ke peluncur menuju ke gilingan berikutnya. Untuk mengimbangi banyaknya ampas yang masuk maka operator dapat menyesuaikan putaran gilingan.

G. Imbibisi

PG Soedhono dalam stasiun pemerahan tebu menggunakan sistem imbibisi majemuk berupa air dengan suhu antara 60 – 80°C diberikan di ampas 2, 3, dan 4, dan nira hasil perahan gilingan 3, 4, 5 dengan tujuan mempermudah pelarutan nira yang masih terdapat dalam ampas setelah digiling dengan harapan mendapatkan nira sebanyak – banyak nya. PG. Soedhono menggunakan imbibisi majemuk yaitu selain dari air kondensat yang berasal dari air embun pemanas nira dan badan penguapan juga menggunakan imbibisi dari nira hasil perahan gilingan 3, 4, 5 yang diberikan pada ampas yang keluar dari gilingan 2, 3, dan 4 dengan cara di semprotkan melalui lubang – lubang pipa. Jika air imbibisi kurang akan menyababkan pol ampas tinggi, yang berarti kehilangan gula juga tinggi, namun bila terlalu banyak kerja evaporator menjadi berat,

untuk mengoptimalkan pemberian air imbibisi maka perlu menghitung jumlah air imbibisi yang sesuai dengan kebutuhan dan kemampuan evaporator. Adapun standar pemberian imbibisi adalah sebesar 30% tebu digiling dengan presentase 20% pada ampas gilingan 2 dan 4 serta 60% pada ampas gilingan 3 jumlah air imbibisi yang diberikan, untuk mengatuhuinya ada suatu alat yaitu water meter atau cubik meter dan dihitung setiap jam.

Contoh perhitungan air imbibisi:

Jumlah air imbibisi 24 jam =625 m^3

Bj air diasumsikan =1 ton/m^3

Berat air imbibisi =6.235 kui

Berat tebu digiling =23.725 kui

Imbibisi % tebu $= \frac{\text{Berat air imbibisi}}{\textit{Berat tebu digiling}} \times 100\%$

$= \frac{6235}{23725} \times 100\%$

=26,28%

H. Saringan Nira

Saringan nira mentah yang terdapat di PG Soedhono yaitu DSM Screen dengan tujuan memisahkan kotoran dan ampas yang masih ada dalam nira mentah dari gilingan 1 dan 2.

3.4 1. DSM Screen

Fungsi bagian – bagiannya :

- Saringan DSM, untuk menyaring filtrate hasil vibrating screen
- Pipa nira masuk, sebagai penyalur filtrate vibrating screen dengan pompa
- Pipa saluran filtrate DSM, sebagai penyalur filtrate hasil dari DSM Screen menuju peti nira mentah 2
- Kotoran dari filtrate Vibrating dan DSM Screen diarahkan ke ampas antara gilingan 1 dan 2 untuk di giling lagi

2. Cara Kerja DSM Screen

Motor listrik menggetarkan kayu penyangga yang dihubungkan dengan saringan, karena nira mentah dari gilingan 1 dan 2 dialirkan melalui talang nira ke saringan getar, maka nira mentah tersaring oleh saringan getar dan masuk ke peti nira mentah 1, sedangkan kotorannya dikembalikan ke krepyak ampas dan digiling lagi digilingan 3. Nira mentah hasil filtrate dalam peti nira mentah 1 ditarik oleh pompa menuju ke DSM Screen sehingga terjadi penyaringan lagi. Kotorannya dijatuhkan ke ampas antara gilingan 1 dan 2 yang akan digiling lagi, Adapun hasil filtrate dari DSM Screen ditampung dalam peti nira mentah 2 yang kemudian di pompakan ke peti nira mentah melewati flow meter untuk diukur debit nira mentah yang masuk dan kemudian diteruskan ke Stasiun Pemurnian.

3.4.1 Stasiun Pemurnian

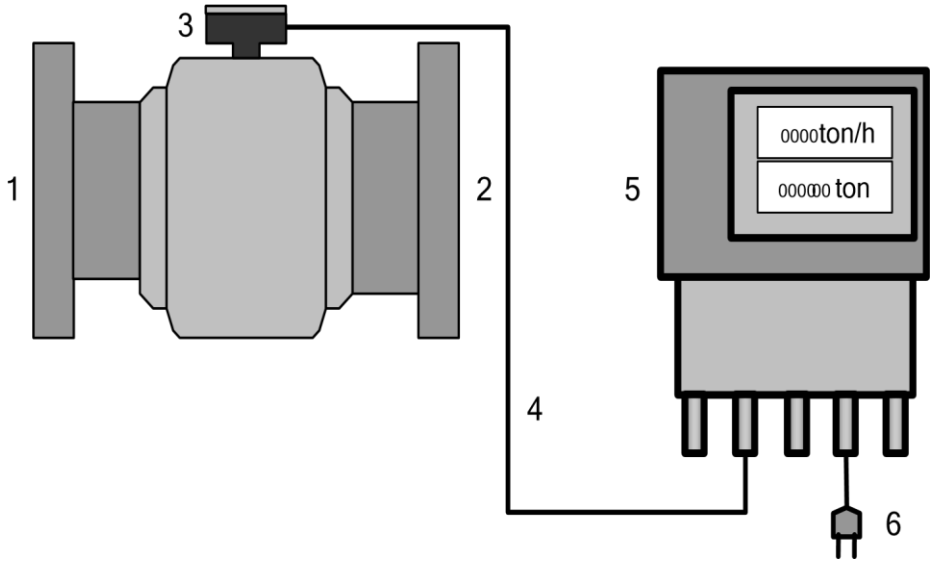
Stasiun Pemumian adalah tempat proses berikutnya setelah stasiun pemerahan nira (penggilingan), dimana nira mentah hasil pemerahan masih mengandung macam komponen organik dan anorganik berupa koloid, kotoran dan unsur bukan gula. Tujuan dari proses ini adalah menghilangkan koloid, kotoran dan unsur bukan gula sebanyak-banyaknya dan menekan kerusakan sukrosa sekecil-kecilnya.

Gambar 3.9 Stasiun Pemurnian

Alat yang digunakan pada Stasiun Pemurnian

1. Flow Meter

Flow meter ini bertujuan untuk mengetahui berapa banyak nira mentah yang masuk dalam proses pemurnian, mengetahui efisiensi gilingan dan sebagai dasar angka pengawasan pabrik. Alat flow meter terdapat dalam pipa input dari peti nira mentah. Cara kerja dari alat flow meter adalah alat ukur volume yang bersifat continue artinya setiap nira yang melewati flow meter secara otomatis akan tercatat dalam panel volume yang terdapat di alat tersebut. Setiap satu jam terdapat petugas yang mencatat volume yang tercanum pada panel volume dalam flow meter. Untuk mengetahui berapa berat nira yang masuk dalam proses yaitu dengan mengurangi volume terakhir dengan volume 8 jam atau 24 jam sebelumnya.



GAMBAR 3.10 *FLOWMETER*

Keterangan:

1. Saluran masuk nira mentah
2. Saluran keluar nira mentah
3. Sensor
4. Kabel sensor ke layar monitor
5. Layar monitor
6. Kabel ke *power suply*

Fungsi bagian:

1. Saluran masuk nira mentah menuju alat sensor : Saluran masuknya nira mentah
2. Saluran keluar nira mentah dari alat sensor : Saluran keluarnya nira mentah
3. Sensor : Alat pendeteksi aliran nira
4. Kabel sensor ke layar monitor : Kabel yang menghubungkan hasil pembacaan sensor ke layar monitor
5. Layar monitor : Alat untuk membaca jumlah berat nira mentah
6. Kabel ke *power suply* : Kabel yang menghubungkan layar monitor ke *power supply*

3.5 Badan Pemanas Nira (*Juice Heater*)

Di Pabrik Gula Soedhono terdapat 9 buah badan pemanas nira yaitu 6 buah berfungsi sebagai PP I dan PP II serta 3 buah berfungsi sebagai PP III. Tujuan dari badan pemanas nira adalah mempercepat reaksi dan pengendapan, membunuh jasad renik, dan membantu pemanasan di evaporator agar lebih ringan. Bahan yang digunakan untuk pemanas nira adalah uap nira yang terdapat dalam *bleeding* dari badan penguapan (BP I dan BP II) dan uap bekas. Sedang suhu nira yang dicapai pada BP I (A) 75°C, BP II (B) 105°C, dan BP III (C) 110°C. Apabila di badan pemanas terdapat gas yang tidak terembunkan maka gas harus dikeluarkan agar tidak mengurangi luas bidang pemanas atau menghambat pemanasan, gas tersebut biasanya terdapat di bagian ruang nira dan ruang pemanas yaitu dengan cara membuka afsluiter pipa ammonia untuk gas pada ruang pemanas dan tutup atas untuk gas pada ruang nira. Pada pemanas nira terdapat gangguan seperti kurangnya tekanan uap bekas, skrapan tidak bersih, ada kebocoran pipa, dan tidak lancarnya air koncen yang dapat mempengaruhi tidak tercapainya panas yang diinginkan.

3.6 Alat Pengeluaran Air Embun

Condenspot berfungsi untuk mengeluarkan air embun yang jatuh dari badan pemanas guna memperluas bidang pemanasan agar kontak panas yang dilakukan sempurna. Cara kerja dari alat ini adalah saat condenspot kosong pelampung turun dan klep pemasukkan pada posisi membuka, air embun masuk

hingga mengisi penuh condenspot sampai pelampung ikut naik yang akan mengangkat tangga klep sehingga klep membuka dan air embun keluar. Air embun yang keluar akan ditampung dalam peti dari hasil analisa jika air embun tidak mengandung gula akan diteruskan ke ketel, namun jika hasil analisa menunjukkan sebaliknya akan dibuang.

3.7 Pompa

Pada pabrik soedhono terdapat pompa yang berfungsi sebagai alat transport alir nira, air dan uap. Pompa digolongkan menjadi dua macam yaitu pompa centrifugal dan pompa plunyer. Pada pompa centrifugal digunakan untuk memompa atau menarik zar cair dengan viskositas rendah ± < 30 Be. Fungsi pompa centrifugal adalah memompa nira mentah dari stasiun gilingan menuju peti nira mentah yang berada di satsiun pemurnian, memompa nira encer dan nira kental, memompa air imbibisi, memompa air injeksi, dan memompa air pendingan, air embun dan lainnya. Sedangkan pompa plunyer digunakan untuk memompa atau menarik zat dengan viskositas tinggi seperti memompa susu kapur dari instalasi susu kapur ke stasiun pemurnian, memompa nira kotor dari bak penampung nira kotor ke RVF dan memompa gula krikilan di stasiun puteran.

3.8 Peti-Peti Reaksi

Peti reaksi di PG Soedhono yaitu 3 Defekator dan 1 buah sulfiter, fungsi peti reaksi ini adalah tempat terjadinya reaksi dari nira mentah yang divcampurkan kapur dan gas belerang untuk proses pemurnian. Defekator yang digunakan PG Soedhono sebanyak 2 buah. Defekator adalah peti tempat terjadinya reaksi antara susu kapur, gas belerang, dan nira mentah yang bertujuan untuk menetralkan pH dalam nira dan membersihkan nira dari kotoran yang terlarut berupa zat *organic*, zat aniorganik, koloid, dan unsur bukan gula. Reaksi yang terjadi dalam defekator adalah

a. Pada Lime milk

$$Ca(OH)_2 \rightarrow Ca(OH)^+ + OH^-$$

$$Ca(OH)^+ \rightarrow Ca^{2+} + OH^-$$

b. Reaksi pada phospat

$$H_3PO_4 \rightleftharpoons H+ + H_2PO_4^-$$

$$H2PO4- \rightleftharpoons H+ + HPO_4^{2-}$$

$$HPO_4^{2-} \rightleftharpoons H^+ + HPO_4^{2-}$$

c. Hasil Reaksi

$$Ca2+ + H2PO4 - \rightarrow Ca(PO4)3$$
$$Ca2+ + HPO4\ 2- \rightarrow CaHPO4$$
$$3Ca2+ + PO4\ 3- \rightarrow Ca3(PO4)2$$

Selain defekator juga terdapat alat bernama peti sulfiteur, sulfiteur adalah tempat berlangsungnya raksi antara SO_2 dan nira yang sudah terkapur sehingga reaksi dengan SO_2 akan menetralkan kelebihan kapur dari 8,5 menjadi 7,2 sehingga akan terbentuk endapan ekstra. Endapan inilah yang akan mengikat koloid dan dan kotoran yang melayang-layang dalam nira dan endapan akan di sulfitasi yang akan menjadi selubung disekitar endapan. Selubung ini memiliki sifat untuk mengubah endapan yang tadinya bersifat *incompressible* menjadi *compressible* sehingga endapan akan lebih kompak, hal ini memudahkan proses pemisahan di single tray. Pemberian gas SO_2 dilakukan 2 kali yaitu setelah proses defekasi selesai yang bertujuan menurunkan pH menjadi normal, lalu yang kedua untuk diberikan setelah proses di stasiun penguapan. Reaksi yang terjadi:

$$Ca(OH)2 \rightarrow Ca(OH)+ + OHCa(OH)+ \rightarrow Ca2+ + OHSO2 + H2O \rightarrow$$
$$H2SO3\ H2SO3 \rightarrow H + + HSO3 - HSO3 - \rightarrow H + + SO3$$

2- Sehingga :

$$Ca2+ + SO3\ 2- \rightarrow CaSO3$$

Pada dasarnya, proses pemurnian yang terjadi adalah menaikkan ph nira yang awalnya hanya ± 5,5 menjadi pH 7,2 pada peti *defecator* 1 dan pH 8,5 pada *defecator* 2, naiknya pH disebabkan pemberian susu kapur, kemudian diturunkan lagi menjadi 7,2 pada peti sulfitasi dengan pemberian gas SO_2. Faktor yang mempengaruhi pemurnian nira adalah pH, suhu, waktu tinbggal nira pada tiap peti reaksi. Untuk mengecek pH pada tiap peti reaksi telah terhubung dengan pH meter dengan panel *control.*

3.9 Flash Tank

Flash Tank (Bejana Pengembang) adalah tempat pembuangan gas dan udara yang tidak berguna, gas tersebut muncul sebagai hasil dari reaksi yang terjadi. Gas tersebut dapat menganggu proses pengendapan yang menghilangkan kotoran dalam nira.

3.10 Peti Pengendapan (*clarifier*)

Peti pengendapan berfungsi untuk mengendapkan kotoran yang larut dan terkandung dalam nira sehingga dapat dipisahkan antara nira jernih dan nira kotor. Nira jernih akan diteruskan ke badan pemanas III kemudian masuk ke DSM screen dan masuk ke Evaporator sebagai nira encer. Namun nira kotor akan diteruskan ke Rotary Vacum Filter.

3.11 Alat Penapisan

Pada alat penapisan terdapat *rotary vacuum filter* dan *mud mixer* yang masing alat berfungsi sebagai tempat untuk mencampurkan nira kotor dari *single tray* dengan ampas bagasilo. *Rotary vacuum filter* bertfungsi sebagai filter pemisah antara nira tapis dan blotong, PG Soedhono memiliki 2 buah alat tersebut namun hanya satu yang dioperasikan saat ini. Cara kerja dari alat penapisan adalah :

- RVF dikontrol dengan baik low atau high vacuum antara 23-45 cmHg.
- Ketika drum terendam dalam air nira kotor yang berpengaduk akan terjadi proses penghisapan kotoran pada nira kotor, kotoran menempel pada saringan
- Pada saat proses penghgisapan nira kotor oleh tekanan vacuum 23-45 cmHg, air pencuci diberikan melalui bagian atas untuk melarutkan gula dalam blotong
- Pengaruh tarikan vacuum menyebabkan nira keluar dari blotong dan selanjutnya blotong akan dibawa ke daereah bebas vacuum dimana, blotong akan dilepas dengan bantuan scrapper dan ditampung di bak blotong.

3.12 Alat Pembuatan Susu Kapur

Alat ini berfungsi untuk membuat susu kapur yang dilarutkan dalam air pada kecepatan tertentu. susu kapur mengandung berat padatan sebesar 40% dan pada kandungan padatan tinggi sering disebut lime slurry. Kapur yang digunakan dicampur dengan air panas pada tromol hingga mencapai kekentalan 6-7 Be. Tromol adalah silinder yang bagian dalamnya terdapat sekat-sekat seperti pengaduk, yang berfungsi memadam kapur dengan air panas. Susu kapur

yang keluar dari tromol disaring menggunakan saringan getar untuk memisahkan susu dari kerikil dan pengotor yang terikut. Susu kapur kemudian dialirkan ke bak pengaduk dan peti penampung. Bagian dan fungsi masing-masing komponen alat pembuat susu kapur adalah:

a. Tromol kapur, adalah tempat pemadam kapur tohor dengan air.
b. Sekat, berfungsi untuk membantu penghancuran kapur tohor.
c. Saringan Getar, berfungsi untuk menyaring kotoran dan kerikil.
d. Penampung kotoran, berfungsi sebagai penampung kotoran hasil saringan.
e. Bak penampung, berfungsi sebagai penampung susu kapur yang sudah brersih.
f. Bak tunggu, berfungsi untuk menampung susu kapur yang sudah siap untuk didistribusi.
g. Pengaduk, berfungsi untuk mengaduk susu kapur agar tidak mengendap
h. Bak pengambilan, sebagai tempat penampung lebihan susu kapur.
i. Pompa plunyer, berfungsi sebagai alat yang mengembalikan susu kapur menuju bak tunggu.

3.13 Tobong belerang

Berfungsi sebagai pembakar belerang padat menjadi gas SO_2 untuk menetralkan pH pada nira dari defecator. Tujuan pembakaran belerang menjadi gas SO_2 ini adalah untuk mendapatkan endapan yang compressible, pada PG Soedhono terdapat 2 macam tobong yaitu tobong NM dan tobong NK. Cara kerja dari tobong belerang adalah:

- Belerang padat dimasukkan kedalam dua tempat yaitu pipa input belerang dan pipa pembakaran awal. Kemudian api dimasukkan dalam ruang bakar menggunakan bahan mudah terbakar (biasanya berupa kertas/alcohol/spirtus) dan uap untuk pembakaran disalurkan melalui selubung uap.
- Setelah nyala api dalam ruang pembakaran sempurna, buka saluran udara dengan perlahan agar kebutuhan oksigen untuk pembakaran terpenuhi sekaligus meniup gas SO_2 keluar. Pipa

pembakaran dibuka pada saluran belerang yang dipanaskan dengan uap control aliran air dan suhu air pendingin.

Pemanasan di tobong belerang membutuhkan suhu sebesar 250^0C-450^0C, suhu ini dipertahankan dengan memberikan air pendingin agar tidak terbentuk SO_3 yang punya daya larut tinggi sehingga dapat mempengaruhi peningkatan kadar kapur nira jernih. Adapun tekanan.

3.14 Sublimator

Dalam proses sulfitasi terdapat alat penting lainya selain peti reaksi dan tobong belerang, alat tersebut bernama sublimator. Sublimator berfungsi untuk menyublim belerang yang masih terbawa oleh gas SO_2, pada sublimator yang terletak pada tobong belerang terdapat 2 lubang yang digunakan untuk mengetahui dan mengontrol api. Uap belerang yang keluar dari tonbong masuk melalui pipa pemasukkan SO_2 ke ruang penyubliman. Uap tersebut disaring dengan batu bata sehingga sisa belerang yang tidak ikut terbakar dan menempel di batu penyaring dan gas SO_2 yang keluar hanya berupa gas yang bersih dan bersuhu rendah karena terdapat air pendingin.

3.15 Saringan Nira Encer

Saringan ini berfungsi untuk menyaring atau memisahkan nira encer dari kotoran yang mungkin masih terlarut sehingga akan diperoleh nira encer yang jernih, kemudian ditampung dalam peti tampung yang nantinya akan dialirkan ke badan pemanas III sebelum masuk evaporator.

3.15.1 Unit Pendukung Di Stasiun Pemurnian

A. Uap

Uap pada PG Soedhono dihasilkan dari ketel/boiler yang diperoleh saat mendidihkan air, uap tersebut dialirkan melalui pipa ke berbagai stasiun di proses pengolahan. Selain dari ketel uap yang digunakan oleh stasiun pemurnian berasal dari bleeding dari BP 1 dan BP II dan uap bekas.

B. Tangki Preparasi Acufolk

Adalah alat yang digunakan untuk melarutkan bahan penggumpal (*Accufolk*) untuk kemudian ditambahkan pada nira yang ada di dalam *Single Tray*. Bahan penggumpal berfungsi untuk mengikat kotoran yang mengendap di dasar nira untuk memurnikan nira dari kotoran yang merupakan zat anorganik

dan unsur bukan gula. Bahan penggumpal dilarutkan sebanyak 6 bungkus plastic pada tiap shiftnya.

C. Tobong Belerang

Berfungsi sebagai pembakar belerang padat menjadi gas SO2 untuk menetralkan pH pada nira dari defecator. Tujuan pembakaran belerang menjadi gas SO2 ini adalah untuk mendapatkan endapan yang compressible, pada PG Soedhono terdapat 2 macam tobong yaitu tobong NM dan tobong NK. Cara kerja dari tobong belerang adalah:

- Belerang padat dimasukkan kedalam dua tempat yaitu pipa input belerang dan pipa pembakaran awal. Kemudian api dimasukkan dalam ruang bakar menggunakan bahan mudah terbakar (biasanya berupa kertas/alcohol/spirtus) dan uap untuk pembakaran disalurkan melalui selubung uap.
- Setelah nyala api dalam ruang pembakaran sempurna, buka saluran udara dengan perlahan agar kebutuhan oksigen untuk pembakaran terpenuhi sekaligus meniup gas SO2 keluar. Pipa pembakaran dibuka pada saluran belerang yang dipanaskan dengan uap control aliran air dan suhu air pendingin.
- Pemanasan di tobong belerang membutuhkan suhu sebesar 2500C4500C, suhu ini dipertahankan dengan memberikan air pendingin agar tidak terbentuk SO3 yang punya daya larut tinggi sehingga dapat mempengaruhi peningkatan kadar kapur nira jernih.

D. Instalasi Susu Kapur

Susu kapur atau *milk of lime* adalah suspense kalsium hidroksida atau $Ca(OH)_2$, susu kapur mengandung berat padatan sebesar 40% dan pada kandungan padatan tinggi sering disebut *lime slurry*. Kapur yang digunakan dicampur dengan air panas pada tromol hingga mencapai kekentalan 6-7 Be. Tromol adalah silinder yang bagian dalamnya terdapat sekat-sekat seperti pengaduk, yang berfungsi memadam kapur dengan air panas. Susu kapur yang keluar dari tromol disaring menggunakan saringan getar untuk memisahkan susu dari kerikil dan pengotor yang terikut. Susu kapur kemudian dialirkan ke bak pengaduk dan peti penampung. Bagian dan fungsi masing-masing komponen alat pembuat susu kapur adalah:

a. Tromol kapur, adalah tempat pemadam kapur tohor dengan air.
b. Sekat, berfungsi untuk membantu penghancuran kapur tohor.
c. Saringan Getar, berfungsi untuk menyaring kotoran dan kerikil.
d. Penampung kotoran, berfungsi sebagai penampung kotoran hasil saringan.
e. Bak penampung, berfungsi sebagai penampung susu kapur yang sudah brersih.
f. Bak tunggu, berfungsi untuk menampung susu kapur yang sudah siap untuk didistribusi.
g. Pengaduk, berfungsi untuk mengaduk susu kapur agar tidak mengendap
h. Bak pengambilan, sebagai tempat penampung lebihan susu kapur.
i. Pompa plunyer, berfungsi sebagai alat yang mengembalikan susu kapur menuju bak tunggu.

3.16 Rotary Vacuum Filter

Rotary vacuum filter adalah alat yang digunakan dalam menyaring partikel untuk mempercepat proses penyaringan. Rotary vacuum filter terdiri dari padatan yang terstruktur dan keras yang tidak dapat di compress. Pada stasiun pemurnian rotary vacuum filter digunakan untuk menyaring nira kotor dari bagasilo.

3.17 Stasiun Penguapan

Nira encer hasil dari proses pemurnian masih mengandung air yang cukup banyak untuk mengurangi kandungan air nira encer diuapkan di stasiun penguapan. Penguapan dilakukan hingga nira kental 30-32˚ Be, untuk menguapkan air dalam badan penguapan menggunakan uap bekas dengan suhu ± 120˚C. Apabila uap bekas kurang mencukupi, maka dapat di supplysi dari uap baru yang direduser. Penguapan dapat berlangsung dengan memberikan panas pada nira hingga terjadi perubahan fase air menjadi uap, untuk menghemat penggunaan uap maka uap hasil penguapan dari badan pertama digunakan untuk memanasi badan berikutnya. Badan berikutnya dilakukan dalam suasana vacuum

dan pengaliran uap nira maupun nira terjadi karena perbedaan tekanan antar badan satu dengan badan yang lain.

Proses pemisahan air dalam pabrik ada 2 tahap :

1) Stasiun penguapan : untuk menguapkan air
2) Stasiun kristalisasi : menguapkan lanjut yang diikuti dengan pembentukan kristal.

Syarat-syarat didalam stasiun penguapan :

1) Waktu penguapan sangat pendek
2) Tidak terjadi kerusakan gula

Proses penguapan harus efektif dan efisien (dengan pemakaian biaya yang paling rendah)

Gambar 3.11 Stasiun Penguapan

3.18 Alat yang digunakan pada Stasiun Penguapan

3.18.1 Evaporator

PG Soedhono memiliki 6 buah badan penguap dengan system quintuple effect dimana 5 badan penguap yang dihubungkan secara seri dan 1 badan berfungsi sebagai cadangan. Alur nira dan uap pada evaporator adalah:

a. Alur uap pada badan penguapan

BP I menggunakan uap bekas dan uap tersebut juga akan digunakan untuk BP II, III, sampai BP terakhir menggunakan uap bekas BP 1. Uap nira pada kondensor akan didinginkan hingga mengembun. Uap pemanas dari BP 1 dialirrkan sebagian untuk digunakan pada *Juice Heater* dan stasiun masakan.

b. Alur nira pada badan penguapan

Nira encer dari *juice heataer* III dengan suhu 105^0C-110^0C dialirkan ke badan penguap I melalui pipa inlet nira dan pipa pembagi agar nira masuk secara merata. Nira pada bagian BP I mendapat pemanasan dari uap bekas penggerak turbin, ketika output nira dibuka maka nira akan turun ke pipa jiwa kemudian nira akan keluar melaui corong yang terletak di pipa jiwa. Nira akan keluar dari pipa jiwa untuk masuk ke BP II hingga BP terakhir. Hasil nira yang diharapkan pada sirkulasi di badan penguap mencapai viskositas sekitar 28^0-30^0.

3.19 2. Pipa Amoniak, Pipa Air, dan Penangkap Nira

- Amonia Pipe

Pipa ammonia berfungsi untuk mengeluarkan gas-gas yang tak terembunkan di ruang pemanas agar tidak menghambat perpindahan panas dari uap pemanas ke nira. Gas yang dikeluarkan pada pipa ammonia adalah NH_3, NH_4, CO_2, O_2, dan N_2. Gas ini apabila tidak dibuang akan mengakibatkan penurunan suhu ketika terakumulasi di ruang pemanas. Pipa ammonia dipasang melalui bagian bawah ruang uap untuk mengeluarkan uap gas dengan berat jenis lebih besar dari uap, sedangkan pada bagian atas ruang pemanas digunakan untuk mengeluarkan gas dengan berat jenis lebih kecil dari uap.

- Water Pipe

Berfungsi sebagai saluran air untuk mengecek kebocoran pipa nira serta untuk membilas larutan pelunak kerak ketika BP akan di scrap.

- Juice Scrap

Berfungsi sebagai penangkap nira agar tidak ada uap nira yang ikut terbawa oleh uap. Penangkap nira dipasang di pipa uap badan pemanas terakhir sebelum masuk kondensor. Penangkap nira bertugas untuk menarik percikan nira yang dibawa oleh uap yang akan masuk ke badan selanjutnya, lalu verkliker berfungsi menangkap nira ahgar tidak masuk ke kondensor. Tujuan dipasangnya penangkap nira di badan terakhir adalah untuk memastikan uapyang masuk ke kondensor benarbenar bersih dari nira. Nira yang tertangkap oleh verkliker di tamping di peti untuk kemudian dialirkan kembali ke peti nira encer.

3.20 Bejana pengembun

Alat ini berfungsi untuk mengembunkan uap nira dari badan terakhir, terjadinya pengembunan dikarenakan adanya kontak antara uap nira dan air pendingin sehingga akan terjadi vacuum dan titik didih di badan penguapan akan rendah. Cara kerja condenser atau bejana pengembun :

- Uap nira dari badan terakhir masuk ke kondensor melalui sisi bawah, kemudian air injeksi dimasukkan lewat sisi atas (diguyur) dan air injeksi jatuh ke sekatsekat dalam kondensor sehingga akan membentuk semacam tirai air
- Uap nira yang masuk akan mengarah ke atas sehingga terjadi kontak antara uap nira dan air injeksi, karena kontak tersebut uap akan mengembun dan turun ke bawah bersama dengan air jatuhan. Sedangkan gas-gas yang tidak terembunkan akan keluar ke udara dengan bantuan pompa udara

3.21 Alat Pengeluaran Air Embun

Berfungsi sebagai tempat penampung air embun mulai pada BP III sampai dengan BP terakhir, untuk kemudian dipompa untuk keperluan proses seperti siraman di RVF, siraman di puteran, pencuci masakan. Pengeluaran air embun harus benarbenar lancer, jika tidak lancer akan mengakibatkan permukaan dan ruang uap tertutup. Hal ini menyebabkan pemanasan akan berkurang dan suhu tidak tercapai. Alat pengeluaran air embun menggunakan tipe Selling Vessel atau Condensat. Cara kerja dari alat ini adalah.

- Air embun mengalir karena adanya gaya gravitasi. Air embun yang dihasilkan dari BP I dan II dengan pipa U langsung dialirkan ke stasiun ketel untuk mengisi boiler.
- Air condensate dari BP III sampai BP terakhir masuk ke tangki penampungan melalui pipa inlet, kemudian dipompa ke peti penampungan untuk dialirkan ke proses.

3.22 Alat Pengontrol di Stasiun Penguapan

Alat pengontrol yang digunakan adalah manometer air raksa, manometer logam, dan alat pengaman tekanan, yang berfungsi untuk mengetahui tekanan vacuum dan tekanan udara dalam ruang tertutup dalam badan penguapan

- Manometer air raksa

Pipa karet yang sudah tersambung dengan pipa gelas dihubungkan dengan badan penguap, apabila terjadi *vacuum* maka pipa gelas manometer juga akan *vacuum* dan air raksi akan tersedok naik. *Vacuum* ditunjukkan oleh permukaan air raksa pada manometer

- Manometer logam
  Uap masuk ke saluran uap, dilanjutkan ke pipa bourdon. Karena adanya tekanan pipa akan mengembang sehingga roda gigi akan tertarik dan berputar, dan perputaran ini akan menunjuk tekanan yang dapat diketahui dengan jarum manometer.

3.23 Alat pengaman tekanan atau Safety Valve

Fungsi dari alat ini adalah mengamankan tekanan apabila terjadi tekanan yang berlebih, alat ini bekerja secara otomatis. Jika tekanan lebih maka uap akan menekan katup, karena tekanan uap yang diterima lebih besar dari gaya tekan pegas sehingga katup akan membuka dan uap keluar. Katup menutup bila tekanannya sudah turun.

3.24 Sulfitasi Nira Kental

Setelah melalui penguapan dan menghasilkan nira kental pada proses selanjutnya nira kental direaksikan lagi dengan gas SO_2 pada sulfitir nira kental sehingga mendapatkan pH ± 5,4 – 5,5 dengan harapan agar terjadi pemucatan warna nira kental dan untuk menurunkan viskositas nira. Cara kerja alat ini yaitu nira kental dari badan penguap dipompa ke peti sulfitator, dihembuskan gas SO_2 dari bawah dengan bantuan sungkup gas SO_2 akan merata bereaksi dengan nira kental. Dengan adanya sekat pada sulfitator akan membantu reaksinya sempurna. Kemudian nira kental keluar dan sisa gas SO_2 yang tidak bereaksi keluar melalui cerobong pengeluaran.

3.24.1 Stasiun Masakan

Proses kristalisasi bertujuan untuk mengubah sacharosa dari bentuk larutan menjadi kristal sebanyak mungkin dengan meminimalisir kehilangan gula dalam bentuk tetes. Selain itu, tujuan kristalisasi dalam gula adalah merubah gula yang ada dalam larutan nira kental kedalam bentuk yang mempunyai ukuran diameter, keteraturan atau kerataan ukuran dan kemurnian seperti yang diinginkan.

Dengan menguapkan air secara cepat dari suatu larutan yang jenuh maka akan dicapai suatu keadaan dimana konsentrasi gula dalam larutan melampaui konsentrasi gula dalam keadaan jenuh. Kemudian timbul suatu keadaan dimana semua gula dalam larutan yang melebihi konsentrasi dalam larutan dengan keadaan jenuh, akan keluar dari larutan membentuk. Keadaan larutan ini salanjutnya disebut kelewat jenuh atau *super saturated.*

Pembentukan inti dalam larutan yang tidak murni, berjalan lebih lambat dari pada larutan yang murni, seperti yang terjadi pada masakan yang kemurnianya rendah. Makin rendah kemurnian larutan makin banyak terdapat zat bukan gula, makin turun pula kecepatan kristalisasi. Hal ini disebabkan sukar bergerak molekul sakarosa dalam larutan dan banyaknya bukan gula yang melapisi permukaan .

Untuk masakan dengan HK tinggi kecepatan kristalisasi naik dengan meningkatnya supersaturasinya. Tetapi untuk masakan dengan HK rendah peningkatan supersaturasinya akan diikuti dengan meningkatnya kepekatan larutan yang menyebabkan turunnya kecepatan kristalisasi.. Pada proses pembuatan kristal yang perlu diperhatikan adalah :

- Waktu yang sesingkat mungkin
- Kristal yang dihasilkan memenuhi syarat yaitu kering, putih, ukuran standar
- Kehilangan gula sekecil mungkin

Gambar 3.11 Stasiun Masakan

A. Pan Masakan

Di PG Soedhono ada 8 buah pan kristalisasi dengan type calendria

Tabel 3.4 Fungsi dari Pan Masakan

Pan Masakan	Fungsi
No.1	D
No.2	D
No.3	C/D
No.4	C/A
No.5	A
No.6	A
No.7	A
No.8	A

1. Bagian dan Fungsi

- Pipa uap nira, untuk saluran pengeluaran uap nira ke kondensor
- Penangkap nira, untuk menahan nira yang terikut uap nira
- Pipa pembuang vaccum, untuk membuang vaccum pada saat pan akan menurunkan masakan atau oper
- Pipa krengsengan, untuk saluran pemasukan uap baru untuk membersikan apabila pan habis menurunkan masakan
- Pipa amoniak, untuk saluran pengeluaran gas-gas yang tak terembunkan pada ruang uap
- Kaca penglihat, untuk mengetahui permukaan larutan / masakan didalam pan
- Ukuran volume, untuk mengetahui isi masakan dalam pan
- Vacuum meter, untuk mengetahui vacuum didalam pan dengan menggunakan air raksa
- Manometer, untuk mengetahui tekanan dalam ruang uap / calandria
- Manhole, sebagai lubang laluan orang apabila pan akan dibersihkan
- Pipa uap, untuk memindahkan uap pemanas ke nira
- Corong, untuk memasukkan fondant / bibitan
- Kran sogokan, untuk tempat pengambilan contoh dari dalam pan untuk dianalisa
- Pipa siraman, untuk memasukkan air untuk mencuci pan dan membersikan kaca penglihat
- Ruang pemanas, untuk tempat uap pemanas

- Pipa uap masuk, untuk saluran masuknya uap ke ruang pemanas
- Pipa pengeluaran, untuk menurunkan masakan
- Klep bol-bolan, untuk membuka dan menutup pengeluaran
- Pipa operan, untuk memindahkan atau membagi isi pan ke pan masak yang lainnya
- Pipa tarikan induk, sebagai saluran pemasukan bahan
- Pipa jiwa, untuk saluran sirkulasi masakan dalam pan

Tabel 3.5 Data Ukuran dan Isi Pan Masakan

	Pan Masakan						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Dia Badan (mm)	3850	4000	3850	3850	4400	4400	4500
Dia pipa Ube (mm)	305	530	305	530	305	305	530
Jumlah pipa pemanas	632	560	632	632	495	495	632
Tinggi badan	3200	3000	3200	3200	4900	4900	3800
Luas pemanas	160	170	170	155	170	170	170
Isi pan	270	270	270	270	270	270	350
Isi pan (Bruto) HL	300	300	300	300	300	300	420

B. Operasional Pan Kristalisasi

Di Pabrik Gula Soedhono menggunakan sistem masak A, C, dan D

- Masakan A

Pada batch vacuum pan A, bahan yang digunakan adalah nira kental yang telah tersulfitir yang ditambah dengan bibitan D, hasil dari bahan tersebut yang telah dimasak adalah gula A4, gula A4 ini merupakan gula yang sudah mengkristal dengan HK 90-91. Gula A4 ini kemudian ditambahkan dengan bibitan C sekitar 20 HL dan menarik nira kental secara kontinu, agar kristal dari bibitan D dapat hilang, penambahan bibitan C dan nira kental ini tentu akan mengakibatkan isi pan naik dari 150 HL menjadi 300 HL, volume yang penuh ini memungkinkan gula A4 tersebut dibagi menjadi dua pan, gula yang dibagi tersebut disebut dengan gula A2 yang

memiliki HK >80. Hampir sama seperti proses gula A4, gula A2 yang telah ditambah dengan nira kental sampai 300 HL dibagi lagi menjadi dua pan yang disebut gula A1, gula A1 ini merupakan gula produk, apabila volume telah mencapai 300 HL maka masakan harus turun ke palung kemudian dilakukan proses pemutaran. Hasil pemutaran masakan A adalah gula A dan stroop A (yang digunakan sebagai bahan masakan C), gula A diputar kembali menghasilkan gula produk (SHS) dan klare SHS (dipompa ke peti diksap). Gula produk lewat grasshopper menuju pengering gula untuk kemudian menuju sugar bin.

- Masakan C : bahan stroop A, bibit gula D_2 dan klare C
- Masakan D

  Bahan dasar masakan D2 adalah stroop A, stroop C dan fondan, hasil pemasakan kemudian ditampung pada palung, gula D2 yang telah didinginkan di palung kemudian dipompa menuju continuous vacuum pan. Pada alat ini gula D2 dirubah menjadi gula D1 melalui 12 kompartment dengan penambahan stroop A, stroop C dan klare D. Masakan D1 yang dihasilkan kemudian ditampung pada sebuah tangki yang kemudian dialirkan menggunakan sebuuah pipa ke alat yang disebut Mono Vertical Crystallizer, pada alat ini masakan D1 mengalami proses pendinginan yang kemudian dialirkan ke LGF. Produk gula D1 adalah bibitan D, sedangkan hasil putar lainnya berupa tetes dan klare D.

1. Persiapan Masak

Dengan dimulai menutup semua valve yang berhubungan dengan pan, buka afsluiter pancingan vaccum sehingga terdapat perubahan hampa yang bisa dilihat melalui manometer air raksa. Jika sudah mencapai $\pm$ 45 cmHg maka afsluiter yang menghubungkan masakan dengan kondensor dibuka sampai mencapai 65 cmHg.

2. Menarik Larutan

Penarikan pertama yaitu dengan membuka afsluiter larutan yang tersedia pada peti larutan nira kental sampai volume tertentu, kemudian pekatkan sampai timbul benangan ± 2 – 2,5 cm dan tambahkan bibit.

3. Mengakhiri Pan / menurunkan masakan

Langkah pertama tutup afsluiter uap masuk valve yang berhubungan dengan pan, kemudian afsluiter buangan vaccum dibuka sampai menunjukkan angka 25 cmHg, maka masakan siap diturunkan dengan membuka afsluiter bobolan menuju ke palung/trog.

4. Cara Masak

a. Masak A

- Tarik nira kental (Diksap) dari peti nira kental tersulfitir sebanyak 120 HL, Gula C_2 dan D_2 dilebur untuk menaikkan HK masakan A setelah kondisi kental atau jenuh (membentuk benangan ± 2 – 2,5 cm). Masukkan bibit yaitu gula halus dari peti Uinwurf sebanyak 30 HL.
- Periksa apakah ada peti pasir palsu, jika ada cuci dengan air
- Jika pasir sudah rata, besarkan dengan cara menarik diksap atau klare SHS secara bertahap sampai 240 HL. Kemudian tuakan
- Jika masakan sudah tua dan besar kristal sudah standar (± 0,9 – 1,1 mm) masakan siap turun, jika belum maka lakukan pemotongan
- Tutup afsluiter uap pemanas dan afsluiter yang berhubungan dengan kondensor, vaccum (udara luar masuk) dibuang dan afsluiter pengeluaran masakan dibuka.

b. Masak C

- Masukkan stroop A + klare C sebanyak 120 HL pekatkan sampai timbul benangan ± 2 – 2,5 cm
- Tambah bibit gula D_2 sebanyak 30 HL ratakan dengan pencucian air panas, bila kristal sudah rata, tambah stroop A sampai 240 HL secara bertahap dan tuakan
- Analisa sogokan dari HK dan pembesaran kristalnya, jika sudah tua (HK 74) dan kristal sesuai, maka masakan siap turun

- Tutup afsluiter uap pemanas dan afsluiter yang berhubungan dengan kondensor,

Vacum (udara luar masuk) dibuang dan afsluiter pengeluaran masakan dibuka

c. Masak D

- Masukkan stroop A 120 L kemudian pekatkan (timbul benangan ± 2 – 2,5 cm) Masukkan fondant ± 100 cc dan kemudian rapatkan
- Besarkan kristal dengan menambah klare D dan stroop C sampai 240 HL, jika HK Analisa sogokan tinggi ± 61-66, maka penambahan stroop C lebih banyak dari klare D dan sebaliknya, kemudian tuakan tuakan masakannya
- Jika sudah besar kristal tercapai, maka masakan siap turun
- Tutup afsluiter uap pemanas dan afsluiter yang berhubungan dengan kondensor, vacuum (udara luar masuk) dibuang dan afsluiter pengeluaran masakan dibuka

d. Langkah-langkah pemotongan masakan

Pemotongan untuk masak A dilakukan jika besar kristal belum standar atau pasir halus dan volumenya sudah mencapai oiptimal dengan Langkah-langkah sebagai berikut :

- Tarik larutan dari pan yang dipotong 120 HL, kemudian lakukan pembesaran kristal dengan cara menambah diksap secara bertahap dan hindari timbulnya pasir palsu, jika ada lakukan pencucian dengan air panas
- Jika volume sudah 240 HL dan kerapatan kristal memenuhi, maka masakan dituakan
- Langkah tersebut juga dilakukan pada pan yang dipotong

3.25 Palung Pendingin

Palung pendingin adalah tempat yang berfungsi untuk kristalisasi lanjutan, proses ini bertujuan untuk menempelkan molekul-molekul sukrosa dalam larutan pada Kristal. Palung pendingin digunakan sebagai tempat penampungan masakan setelah turun dari pan masak, dan sebelum dialirkan ke stasiun puteran. Palung ini juga digunakan untuk menurunkan suhu masakan

yang sebelumnya bersuhu 65^0C diturunkan hingga bersuhu 40^0C. Hal ini bertujuan untuk membentuk Kristal pada hasil masakan, terdapat dua jenis palung pendingin yang digunakan oleh PG Soedhono yaitu palung transfer/trog dan palung rapid cristaliser.

3.26 Palung Transfer/Trog

Alat ini berfungsi sebagai wadah penampung masakan, trog juga berfungsi untuk mendinginkan suhu masakan dan tempat kristalisasi lanjutan.

Data spesifikasi palung transfer

No Palung	**Penggunaan**	Kapasitas (HL)	**Rpm**
1-3	Masakan D	240	1
4-7	Masakan D	240	2
8-9	Masakan C	240	1
10-12	Masakan A	240	1,5
13	Krengsengan	240	1,5

Berikut merupakan cara kerja dari palung pendingin tipe transfer/trog

1. Roda gigi yang terletak pada as pengaduk digerakkan oleh motor penggerak, hal ini mengakibatkan pengaduk juga turut bergerak.
2. Afsluiter air panas dibuka jika inghin memanaskan masakan, hal ini berlaku sebaliknya apabila ingin mendinginkan afsluiter air dingin dibuka.
3. Air dipanaskan/didinginkan melalui pipa air yang dipasangi elemen, hal ini menyebabkan masakan melakukan kontak dengan elemen.

b. **Palung *Rapid Cristaliser***

Pendingin masakan ini sangat diperlukan terutama untuk masakan D yang merupakan masakan tingkat akhir. Shingga jumlah sukrosa yang tertinggal dalam gula semakin rendah yang dapat mencegah kehilangan gula semakin banyak. Pendinginan pada palung cristaliser dilakukan pada tempat yang dilengkapi pipa-pipa berisi air bersih, proses pendinginan dilakukan dengan terus mengaduk masakan agar tidak terjadi penggumpalan.

Berikut beberapa bagian dan fungsi dari rapid cristaliser

- Motor pengeerak, berfungsi sebagai penggerak roda gigi
- Elemen pendingin, berfungsi sebagai pipa pengeluaran air pendingin
- Roda gigi, berfungsi sebagai penggerak as pengaduk

- Pipa inlet, sebagai saluran masuknya air
- Pipa oulet, sebagai saluran pengeluaran air
- Pengaduk, berfungsi sebagai pengaduk yang dialiri air panas/dingin
- As pengaduk, berfungsi sebagai tempat duduknya pemutar dan pengaduk
- Saluran outlet masakan, berfungsi sebagai jalan keluar ,masakan
- Pipa air dingin, berfungsi sebagai saluran masuknya air pendingin.

D. Operasional Pendinginan Masakan

Masakan yang baru turun dari pan masih memiliki suhu ± 65 – 70^{o} C, maka pendinginan masakan perlu dilakukan khususnya untuk masakan D, dimana tetes yang diperoleh tidak akan di kristalkan lagi. Pendinginan dapat mencapai suhu ± 40 – 45^{o}C. suhu yang lebih rendah tidak berguna, karena kenaikan viskositas akan menjadi tinggi sekali sehingga sulit diputar. Waktu pendingan untuk masakan D agak lama karena viskositasnya masih tinggi, sehingga pengaturan waktu pendinginan sangat penting untuk proses kristalisasi lanjut ke yang lebih sempurna.

E. Kondensor Masakan

PG Soedhono menggunakan kondensor dengan tipe barometri yang digunakan pada pan masakan I-V dan VI-VIII. Cara kerja dari kondesnor barometri adalah: Uap masakan masuk ke kondensor melalui sisi bawah, air pendingin dialirkan kedalam kondensor dengan cara diguyur, air kondensor akan jatuh ke dalam sekat-sekat sehingga membentuk tirai pendingin. Uap nira yang masuk melaui sisi bawah akan berjalan keatas dan melakukan kontak dengan air pendingin sehingga turun bersama air injeksi. Gas yang tidak bisa diembunkan akan dipompa keluar. Bagian-bagian dari kondensor barometri beserta fungsinya adalah

- Pipa udar, berfungsi untuk mengeluarkan gas yang tidak bisa mengembun
- Pipa air injeksi, berfungsi untuk memasukkan air pendingin ke dalam kondensor.
- Tirai sekat, berfungsi sebagai pembagi aliran air injeksi Pipa uap nira, berfungsi sebagai saluran masuk dari uap nira.
- Pipa air jatuhan, berfungsi sebagai saluran untuk mengeluarkan air pendingin.

3.27 Unit Pendukung di Stasiun Masakan

Pada stasiun masakan terdapat unit pendukung proses yang diperlukan untuk menjalankan pemasakan pada nira kental. Unit pendukung tersebut berfungsi untuk menyediakan sarana penunjang keberhasilan proses. Adapun sarana pendukung pada stasiun masakan adalah:

1. Uap

Uap yang digunakan pada stasiun masakan berasal dari uap bekas yang digunakan oleh BP I-V, uap bekas turbin, dan uap bekas gilingan. Uap ini digunakan untuk proses pemasakan dalam pan masak, uap yang digunakan bersuhu sekitar 65-70^0.

2. Nira Kental

Nira kental adalah nira mentah yang sudah dihilangkan kadar airnya sekitar 70% menggunakan evaporator, nira kental ini yang digunakan dalam proses pemasakan gula. Nira kental akan ditarik keluar dari peti nira menuju pan masak untuk ditambahkan bahan lain seperti *stroop* A, *stroop* C, klare SHS, dan leburan dari remelter. Proses pemasakan nira bertujuan untuk membentuk kristal-kristal gula dalam waktu sesingkat mungkin untuk menghindari kerusakan sukrosa pada nira.

3. Air Pendingin

Umumnya digunakan pada kondensor masakan dan rapid cristaliser, air pendingin yang digunakan oleh PG Soedhono berasal dari sungai disekitar pabrik dan sumur bor. Air pendingin ini dibutuhkan untuk mendinginkan uap nira melalui kontak dengan uap sehingga panas dalam uap nira terlepas. Penggunaan air pendingin pada kondensor masakan bertujuan untuk mengubah uap nira menjadi air kembali, air dari hasil pendinginan kondensor disebut *condenspot* yang akan digunakan sebagai unit pendukung pada stasiun gilingan.

4. Bibitan Masakan

Bibitan masakan yang digunakan dalam proses masak bertujuan untuk membentuk kristal gula. Bibit masakan yang digunakan oleh PG Soedhono brerupa gula halus pada pan A, gula C pada pan masak C, dan fondant untuk pan masak D. Perbedaan bahan bibitan ini membuat gula yang dihasilkan berbeda pula ukuranya seperti pada masakan A ukuran kristal 0,8-1,2 mm, pada masakan C ukuran kristal sebesar 0,5 mm, dan pada masakan D ukuran kristal sebesar 0,3 mm. Bibitan masakan berfungsi sebagai inti kristal, sedangkan nira

kental dan bahan masakan akan menjadi pelapis dari inti sehingga menghasilkan kristal gula.

3.27.1 Stasiun Puteran

Stasiun pemutaran adalah suatu proses pemisahan antara kristal gula dan larutan induknya (stroop) dari hasil masakan. Dalam pemisahan campuran ini digunakan sistem penyaringan yang mekanismenya menggunakan gaya sentrifugal. Dengan adanya gaya sentrifugal benda akan terlempar menjahui pusat, tetapi karena adanya penyaring maka kristal gula akan tertahan, sedangkan stroop akan keluar melalui lubang-lubang saringan.

Kristal gula yang didapat selanjutnya dikeringkan dan disaring agar ukurannya sesuai dengan permintaan serta seragam. Pekerjaan ini dilakukan distasiun penyelesaian.

Faktor yang mempengaruhi proses puteran :

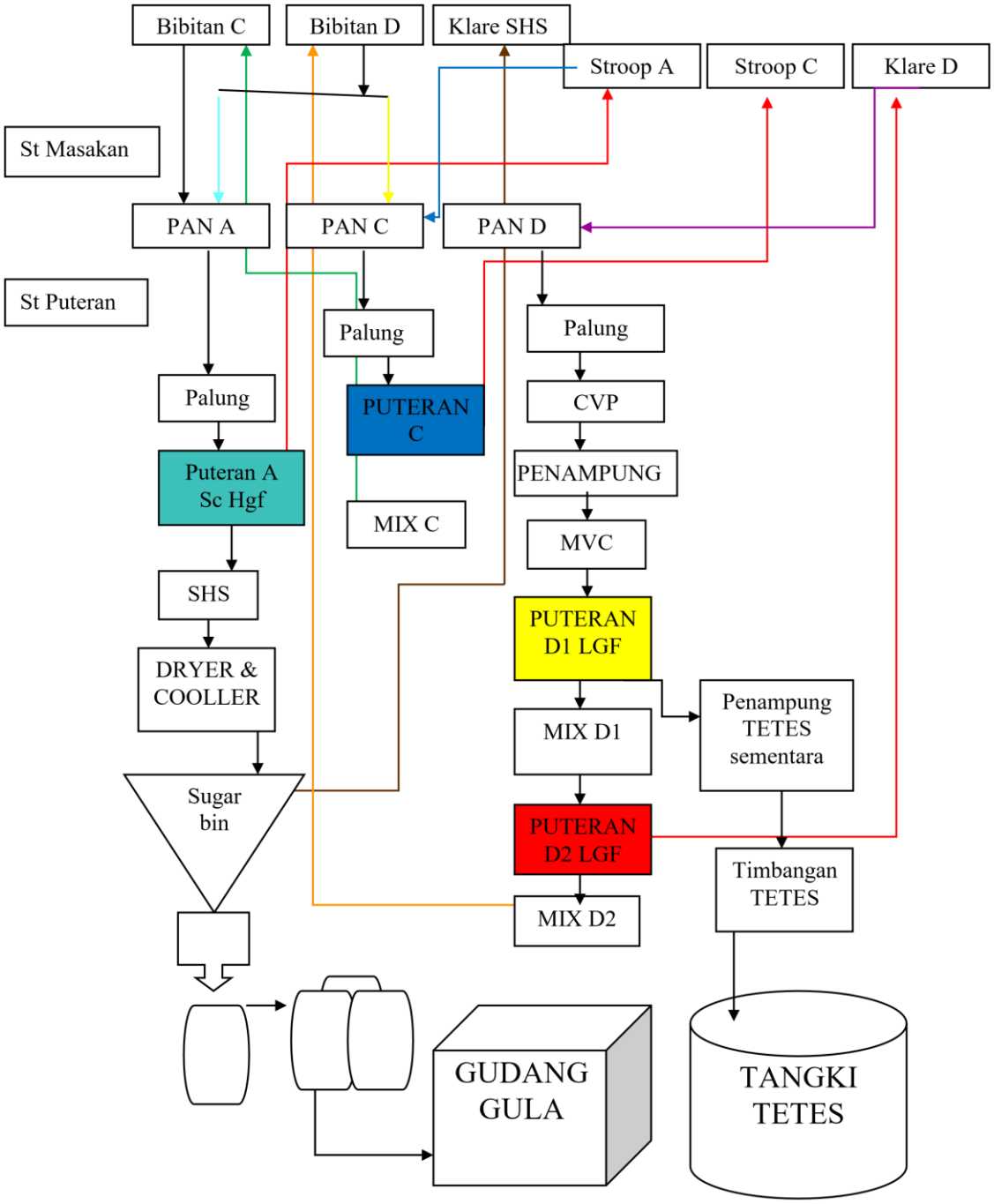
1. Viscositas larutan induk
2. Kecepatan puteran
3. Pencucian
4. Ukuran dan kerataan Kristal

Puteran yang digunakan di PG soedhono Baru ada 2 macam yaitu :

1. Puteran continue (Low Grade Fugal)
2. Puteran Dicontinue single curing (High Grade Fugal)

GAMBAR 3.12 STASIUN PUTERAN *HIGH GRADE*

GAMBAR 3.13 STASIUN PUTERAN *LOW GRADE*



GAMBAR 3.14 Bagan Stasiun Putaran Dan Penyelesaian

A. Puteran High Grade

Puteran high grade berfungsi untuk memutar masakan A dan SHS, pada putaran pertama akan memisahkan antara gula A dan stroop A. Pada putaran kedua akan memisahkan antara gula SHS dan klare SHS. Cara kerja dari puteran A adalah

- Motor penggerak pada puteran dinyalakan dan berputar mulai dari kecepatan rendah, katup pengisian dibuka dan masakan akan masuk ke stasiun puteran.
- Setelah terisi cukup katup akan ditutup dan pada putaran tinggi proses pencucian dilakukan, pencucian dilakukan agar gula A bersih dari stroopnya (dibilas). Stroop dialirkan kembali ke peti
- Motor penggerak di shut down dengan pengereman, klep dibuka hasil puteran di skrap. Gula akan turun ke talang goyang untuk dipindahkan ke mixer A
- Pada puteran gula SHS sama seperti gula A, namun pada SHS isi akan dicuci lalu dikeringkan dengan uap bersuhu 120^0C selama 510 menit. Hal ini bertujuan untuk membersihkan hasil puteran kristalnya dan memudahkan proses dryer

B. Puteran Low Grade

Puteran Low Gradee berfungsi untuk memutar masakan C diperoleh dari gula C dan stroop C, dari masakan D akan dihasilkan gula D_1 dan tetres. Molase/tetes akan ditampung dalam peti. Gula D_1 akan diputar kembali untuk menghasilkan gula D_2 dan klare D. Gula D_2 akan dilebur lagi bersama gula C pada remelter untuk dimasukkan kembali sebagai bahan masakan A.

Tabel spesifikasi Low Grade

Spesifikasi	**Puteran D1**	**Puteran D2**	**Puteran C**
Diameter	850 mm	1100 mm	850 mm
Kapasitas	3 ton/jam	10 ton/jam	4-6 ton/jam
Puteran	2200 rpm	2000 rpm	2200 rpm
Jumlah	4 buah	3 buah	3 buah

Cara kerja dari puteran low grade adalah:

- Sebelum mengoperasikan puteran pengontrolan ban pengerak dan pengecekan minyak pelumas dilakukan, hal ini untuk memastikan apakah pelumas yang akan digunakan untuk menggerakkan puteran dan motor perlu penambahan.
- Afsluiter dibuka dan masakan masuk melalui corong masakan ke dalam pusat kerucut besar, dan pada saat bersamaan aliran air menuju pusat kerucut dasar basket dibuka. Gaya sentrifugal yang terjadi akan menyebabkan masakan menyebar dan naik ke atas mengikuti arah kerucut.
- Kristal gula keluar menuju ruang Kristal diatas basket, sedangkan stroop dan tetes keluar menuju lubang saringan. Filtrat berupa tetes akan ditampung dalam ruang dan dialirkan melalui pipa pengeluaran

C) Alat yang digunakan pada Stasiun Puteran

- Pengering Gula (Sugar Dryer)

  Alat ini berfungsi untuk mengeringkan gula produk dengan cara menghembuskan udara kering. PG. Soedhono memiliki dua buah alat pengering gula dengan suhu 80°C dan 100°C. Cara kerja nya adalah udara masuk ke pipa dan diluar pipa dipanasi dengan steam sehingga udara yang keluar jadi udara panas kemudian dihembuskan ke talang goyang. Untuk pengeringan yang pertama dihembuskan dari bawah, kemudian gula yang tidak menggumpal akan jauh dan ditangkap oleh Jacob's sleder kemudian dipindahkan ke talang goyang yang tertutup untuk dikeringkan lagi dengan bantuan hembusan udara panas dari atas oleh blower yang kedua kemudian didinginkan lagi dengan mendapatkan hembusan udara dingin dari kompresor udara, sedangkan gula yang menggumpal akan dikarungi untuk dilebur kembali. Gula hasil pengeringan tersebut selanjutnya akan dibawa talang goyang yang terdapat saringan halus untuk dipisahkan gula halusnya.

13. Alat peleburan gula : Alat untuk meleburkan gula halus dan krikil

    Saringan gula berfungsi untuk memisahkan gula krikilan dan gula halus serta gula produk, gula yang sudah dipisahkan dengan gula halusnya,

akan dibawa bucket elevator ke silo untuk dipisahkan antara gula krikilan dan gula produk. Sedangkan gula halus akan dibawa bucket elevator ke leburan gula untuk dijadikan bibit masakan A. Gula produk dipeti penampung dan turun untuk dikarungi sebagai hasil produk akhir. Adapun ukuran masing-masing saringan yaitu saringan gula kasar atau krikilan sebesar 6x6 in^2, saringan gula produk sebesar 9x9 in^2 dan saringan gula halus sebesar 23 x 23 in^2. Cara kerja alat ini yaitu :

- Motor penggerak dijalankan dan menggerakkan talang goyang
- Dengan Gerakan talang goyang maka gula akan berjalan dan tersaring pada saringan yang dipasang
- Gula yang tak tersaring akan dibawa oleh bucket elevator ke silo dan akan dipisahkan lagi antara gula produk dan gula krikilannya di silo

- Alat Pelebur Gula

  Alat pelebur gula (*remelter*) adalah alat yang berfungsi untuk melebur gula C, D, serta bongkahan gula krikil. Bahan tersebut dilebjur untuk dimasukkan lagi dalam pan masakan A, selain gula krikilan dari talang goyang gula yang butiranya terlalu halus juga akan dilebur dan dibawa ke pan masakan A. Cara kerja dari remelter adalah:

  1. Gula C, D, dan gula krikil dari talang goyang dimasukkan dalam peti remelter dan dimasukkan air panas untuk melarutkanya, suhu air pelarut ± 70^0 C.
  2. Pengaduk dalam peti remelter mencampur gula dan air panas. Proses pengadukan dilakukan pada suhu ±50^0C, campuran akan ditambah nira panas. Hasil leburan akan dimasukkan dalam peti nira kental

- Timbangan tetes

  Berfungsi untuk mengetahui berat tetes yang dihasilkan dari gula D_1, tetes tertimbang akan ditimbun di peti penampungan tetes. Cara kerja alat ini adalah tetes dari puteran D_1 akan dialirkan menuju peti tunggu, klep pada peti tunggu terhubung pada tuas di peti timbang hal ini menyebabkan peralihan apabila klep di peti timbang dibuka maka klep di peti tunggu terbuka. Hal sebaliknya dapat terjadi as tumpu akan menggerakkan bebabn dan jarum jika peti timbang sudah terisi, dan as

tumpu juga menggerakkan tuas yang terhubung pada klep di peti timbang jika beban sudah tercapai. Tetes selanjutnya dialirkan melaui talang dan akan mengalir ke peti penimbunan.

- Gudang Gula

  Gudang gula adalah tempat penyimpanan gula hasil produk yang sudah dikemas dalam zak dengan berat 50 kilogram tiap zaknya. Agar mutu gula dalam penyimpanan terjaga kualitasnya maka di PG Soedhono memperhatikan syarat gudang gula yang baik, yaitu :

- Dinding kokoh, lantai kuat menerima beban, air tidak dapat menembus
- Atap tidak bocor apabila turun hujan bebas banjir
- Sirkulasi udara baik, dilengkapi pemadam kebakaran
- Suhu dalam ruangan ± 70°C
-

- Tangki tetes

  Tangki tetes merupakan tempat penampungan tetes setelah ditimbang dalam Servo Balans, yang nantinya akan dikeluarkan lewat pompa pengeluaran tetes masuk ke truk tangki tetes. Di PG Soedhono terdapat 5 tangki tetes. Tetapi yang digunakan hanya 3 tangki tetes.

- Sistem Pengepakan

  Sistem pengepakan di PG Soedhono merupakan hasil dari stasiun puteran yang dilakukan dengan manual melaui alat pemisah ukuran Kristal gula yang bdernama silo. terdapat tiga jenis produk dari gula yang terdiri

  1. Gula krikil (gragal), gula ini akan dimasukkan dalam sak untuk ditampung sementara guna proses peleburan kembali.
  2. Gula halus, gula ini akan dimasukkan dalam mixer dan ditambahkan air panas untuk melarutkan. Larutan gula akan dipompa ke peti unwurf untuk digunakan sebagai bahan bibitan masakan A.
  3. Gula Kristal ukuran 0,7-1,1 adalah gula produk yang sesuai dengan baku standart mutu dan ukuran sesuai instruksi pemerintah.

  Cara pengepakan menggunakan karung zak dengan kapasitas 50 kg, gula SHS-I masuk dalam zak pada suhu sekitar 40% - 50%, kemudian

melakukan penimbangan menggunakan timbangan berkel. Berkel yang digunakan telah disetel sensor cahaya-nya dengan berat kotor sekitar 50,128 kg. Setelah melakukan penimbangan gula SHS –I selanjutnya dijahit dan gula dikumpulkan (menggunakan klutuk pada stamplour untuk selanjutnya diangkut ke gudang penyimpanan yang telah disediakan.

3.28 Unit Pendukung pada Stasiun Puteran

1. Motor

Motor berfungsi untuk menggerakkan alat pada stasiun puteran,banyak alat pada stasiun puteran yang menggunakan motor sebagai penggeraknya seperti puteran low grade, high grade, remelter, sugar dryer, dll. Motor pada puteran low grade berfungsi menggerakkan van belt, motor pada low grade juga digunakan sebagai basket. Motor pada stasiun puteran high grade berfungsi sebagai penggerak tromol/putaran basket. Motor pada alat remelter berfungsi untuk menggerakkan putaran pengaduk.

2. Pompa

Pompa yang digunakan pada stasiun puteran berfungsi sebagai penyalur hasil masakan dari palung menuju ke stasiun puteran low grade/high grade. Pompa ini juga digunakan untuk menyalurkan produk samping dari pengolahan gula yaitu tetes ke dalam tangki. Selain itu pompa juga digunakan sebagai penyalur bahan pendukung pada proses di stasiun puteran.

3. *Remelter*

Remelter adalah alat yang digunakan untuk melebur gula C, D, gula gragal, gula halus, untuk dijadikan bahan masak di pan masak A. Untuk gula halus dari talang goyang akan dicampur dengan air panas pada mixer untuk selanjutnya dibawa ke pan A guna dijadikan bibitan masakan.

4. Talang Goyang

Talang goyang berfungsi sebagai pemisah antara gula gragal, gula kristal putih, dan gula halus. Talang goyang menggunakan penggerak dan hambatan untuk memisahkan bongkahan gula kasar dari gula halus. Gula kasar/gragal akan dibawa menuju remelter untuk dilebur kembali, gula halus akan dipisahkan untuk selanjutnya dibawa ke mixer. Gula halus akan dijadikan bibitan masakan untuk pan A. Gula kristal yang ukuranya sesuai akan dilanjutkan untuk proses packing.

5. Air

Air yang digunakan untuk stasiun puteran adalah air panas dan air dingin, air panas akan digunakan pada mixer untuk membantu peleburan gula halus. Air dingin pada stasiun masakan digunakan untuk mencuci masakan D agar kristal gula yang terbentuk tidak larut. Selain digunakan pada remelter air panas juga digunakan untuk proses scrap kristal gula dari larutan *stroop*, suhu yang digunakan pada air panas di stasiun puteran adalah 70^0C.

3.29 Laboratorium

Pada PG Soedhono proses pengolahan gula dilengkapi sarana laboratorium yang merupakan tempat untuk melakukan sebuah analisa. Hasil analisa tersebut digunakan untuk pengawasan serta pengamatan dari setiap proses di pabrikasi dan pengawasan hasil kerja dari stasiun-stasiun lainnya. Adapun beberapa tujuan dari analisa yang dilakukan antara lain:

- Untuk menjaga kualitas dari gula yang dihasilkan, sehingga dari analisa tersebut dapat diketahui pula seberapa efektiv alat yang digunakan pada proses analisa.
- Sebagai tolak ukur untuk mengetahui jumlah gula yang dihasilkan dengan perbandingan dari bahan baku yang masuk. Sehingga dapat meminimalisir atau mengurangi kehilangan gula yang terjadi pada setiap proses.
- Agar dapat mengetahui apakah pada setiap proses yang dilakukan telah memenuhi ketentuan (SOP), sehingga ketika terjadia kesalahan dapat segera diketahui melalui proses analisa tersebut.

Analisa yang dilakukan pada laboratorium PG Soedhono dilakukan tiap jamnya dan berfungsi untuk menganalisis, memantau, dan mengendalikan proses dari mulai giling hingga menjadi gula. Hal ini dilakukan agar setiap produk yang dihasilkan sesuai dengan standart operasional. Berikut merupakan analisis yang dilakukan pada tiap jam

3.29.1 Analisis Brix dan Pol

Analisa brix merupakan analisa yang dilakukan untuk mengetahui nilai brix dari nira gilingan, sampel yang digunakan berupa NPP (Nira Perahan Pertama) dan NM (Nira Mentah). Analisa brix dilakukan untuk mengetahui besarnya zat

padat terlarut yang ada dalam nira, nilai brix sendiri sangat mempengaruhi kualitas gula. Nilai brix yang tinggi yang tinggi disertai harkat kemurnian (HK) tinggi akan memudahkan dalam pembentukan kristal gula. Jika nilai brix rendah disertai (HK) harkat kemurnian rendah akan menyulitkan proses pembentukan kristal gula. Analisa pol adalah analisa yang dilakukan untuk mengetahui kadar at gula terlarut dalam air nira. Sampel diperoleh dari gilingan 1 berupa (NPP), dan nira mentah dari penampungan, pada analisa pol nira digunakan zat penjernih bernama lud. Pada analisa pol zat yang dianalisis berupa filtrate dari NPP dan NM, analisa baru akan dilakukan apabila filtrate benar-benar jernih karena pada analisa yang dilakukan menggunakan alat manual bernama polarimeter. Alat pada analisa pol terdapat 2 macam, namun pada saat analisa dilakukan ada 1 alat yang sedang direparasi alat tersebut adalah Sucrhomat.

3.29.2 Cara pengambilan contoh

1. Nira Perahan
   Pengambilan contoh menggunakan sebuah sendok nira dari tembaga yang dipasang di atas talang nira yang baru keluar dari masing-masing unit gilingan, pada ujung sendok diberi tali yang dihubungkan dengan rol gilingan, sehingga sendok tersebut dapat bergerak naik turun sesuai putaran rol. Pada sisi sendok dibuatkan lubang yang berhubungan dengan ujung sendok yang diberi saringan sehingga pada saat turun naik nira akan masuk ke ujung sendok dan mengalir ke penampungan atau ember plastic
2. Ampas
   Pengambilan contoh ampas diambil secara manual dengan tangan berupa ampas yang keluar dari gilingan terakhir.

3. Blotong
   Pengambilan contoh blotong dilakukan dengan kaleng plastik dan diambil hanya dengan tangan, blotong diambil pada saat dibawa oleh conveyor blotong di rotary vacuum filter (setelah penyekrapan)
4. Nira encer
   Pengambilan contoh nira encer melalui lubang pipa contoh yang keluar dari single tray nomor 1 setiap jam dengan menggunakan tabung reaksi
5. Nira Kental

Pengambilan contoh dilakukan di dua tempat, yaitu nira kental di stasiun penguapan dan nira kental di sulfitir, untuk contoh nira kental diambil pada pipa pengeluaran dari badan terakhir yaitu pada pipa yang menuju ke peti penampung nira kental dibuatkan semacam pipa tap-tap an. Sedangkan pada nira kental tersulfitir dilakukan pada talang yang akan menuju ke peti nira kental tersulfitir. Adapun pengambilannya dengan menggunakan gelas/kaleng plastik.

6. Stroop

   Pengambilan stroop A dan C dilakukan dengan cintung pada talang pengeluaran stroop dari puteran low grade yang mengalir ke peti penampung stroop

7. Tetes

   Pengambilan contoh tetes dilakukan pada waktu penimbangan tetes tiap jam sekali. Pengambilan dilakukan setelah tetes tertimbang/diambil dari talang yang mengalir ke peti penimbunan

3.29.3 Alat Ekstraksi Ampas

Untuk mengetahui kadar gula dalam ampas gilingan akhir. Dalam analisanya menggunakan sebuah alat ekstrasi

1. Cara Kerja :

a. Menimbang ampas 1 kg kemudian dimasukkan dalam tahang
b. Mengalirkan air ke bejana dengan membuka kran air $\pm$ 10 liter
c. Bejana masuk ditutup rapat dan kran air pendingin dibuka
d. Hidupkan skakelar pemanas, biarkan sampai mendidih. Pemanasan dilakukan dalam 1 jam terhitung saat air embun terlihat menetes pada gelas penduga air embun
e. Setelah pemanasan selesai (1 jam), bejana masak diambil ampasnya lalu dimasukkan dalam labu takar 100/110 dinginkan dan dianalisa

2. Cara Analisa Ekstrak Ampas

a. Labu takar diisi ekstrak ampas sampai garis tanda 100 ml
b. Ditambah ATB 3 tets kemudian tambahkan aquadest sampai 110 ml
c. Digojog dan ditapis. Filtrat diamati dengan pembuluh pol 400 mm atau 200 mm dan amati pada polarimeter

d. Untuk mengetahui hasil % pol ampas dengan menggunakan table IV yaitu hubungan antara pol dengan kadar air

3. Cara Analisa Zak Kering Ampas

a. Timbang 1 kg ampas
b. Dimasukkan dalam tahang pengering
c. Dipanaskan selama 1 jam pada suhu 105ºC – 115ºC
d. Kadar air dengan rumus :

$$\frac{Ampas\ Basah - Ampas\ Kering}{1}\ x\ 100\%$$

C. Spektofotometri

Alat ini digunakan untuk menganalisa kejernihan nira encer atau biasa disebut Turbidity Nira Encer Cara Kerja :

- Sebelum giling dilakukan kalibrasi awal untuk menentukan grafik turbidity
- Ambil NE kemudian tentukan brixnya
- Masukkan kedalam kuvet, setelah spektofotometri di set nol maka masukkan kuvet ke dalamnya
- Tentukan nilai transmitennya dengan Panjang gelombang 900
- Hitung serapan atau absorben dengan rumus A = 2 – log T
- Dari kalibrasi didapat angka (A x 1286,37 – 1,28 = a)
- Tentukan turbidity dengan rumus : a dikalikan brix NE dibagi 15

D. Cara Mengetahui

Berat 1. Berat

Ampas Berat ampas

= (a+b) – c

A = berat tebu digiling

B = berat air imbibisi

C = berat nira mentah

2. Berat Air imbibisi

Berat air imbibisi dapat diketahui dengan melihat water meter/pencatat debit air yang pemakaiannya dengan cara mengurangi angka sekarang dengan angka jam sebelumnya

3. Berat Nira Mentah

Tiap jam counter teller dicatat, dari jumlah angka pada counter seller dikalikan dengan jumlah penimbangan dalam satu shift, dan untuk shift berikutnya sebelumnya melakukan timbang ulang untuk mengetahui berat sekali timbang 4. Berat Blotong

Untuk mencari berat blotong dapat dilakukan dengan cara menimbang, yaitu setelah truck diisi blotong kemudian ditimbang sehingga mendapatkan berat brutto kemudian dikurangkan dengan berat tarra truck tersebut dan akan mendapatkan berat netto/berat blotong sesunggunya

5. Berat Tetes

Dilakukan dengan menimbang tetes yang sudah ke dalam bak timbang servo balans yang berkapasitas 200 kg setiap kali imbang. Untuk mengetahui berat tetes selama 24 jam seperti pada penimbangan nira mentah, yaitu dengan mengurangi angka pada jam sebelumnya

6. Berat Gula

Pengepakan dilakukan dalam zak ukuran 50 kg dengan menggunakan timbangan berkel, namun dalam penimbangan per zak ditimbang sebesar 50,128 kg. Dalam timbangan berkel terdapat sensor yang dihubungkan dengan lampu, cara kerjanya bila jarum jam menutup, cahaya dalam sensor maka lampu

akan menyala berarti beratnya tepat 50,128 kg

E. UPLC (Unit Pengolahan Limbah Cair)

Untuk penanganan limbah cair di PG Soedhono dibangun suatu unit pengolahan limbah cair dengan sistem SAL (Saluran air langsung) atas lisensi P_3GI Pasuruan dengan kapasitas 2000 COD per hari dan debpit maximum sebesar 25 m^3/jam

Tabel 3.6 Data UPLC SAL

URAIAN	DATA-DATA
Ukuran T x L x P (cm)	270 x 2500 x 3500
Kapasitas Debit	25 m^3 per jam
Jumlah Aerasi	4 buah
Kapasitas Aerasi	2000 kg COD/hari
Sirkulasi Air	Berulang
Bibit mikroba dan nutrisi	Inola 221, Urea + TSP
Analisa - analisa	pH, Suhu, DO, Endapan, COD

3.29.4 Dust Collector

Disamping limbah cair terdapat pula unit penangkap debu dan pengendap abu yang dikenal dengan istilah Dust Collector. Dust Collector ini terdapat pada stasiun ketel dengan tujuan menyaring abu dan debu yang keluar dari pembakaran abu sehingga yang dikeluarkan ke udara melalui corong adalah udara bersih.

3.30 UNIT KETEL (BOILER)

Boiler atau ketel uap adalah salah satu alat konversi energy dengan cara memanaskan air hingga menjadi uap, uap dari boiler ini akan digunakan untuk keperluan dari proses. Uap boiler di PG Soedhono utamanya digunakan pada turbin pembangkit listrik, tipe ketel yang digunakan oleh PG Soedhono sendiri ada 2 macam yaitu tipe tekanan rendah dan tekanan menengah. Untuk menunjang kelancaran produksi uap serta memanfaatkan produk samping proses, boiler di PG Soedhono factor-faktor penunjang seperti ketersediaan bahan bakar harus diperhatikan. Boiler yang digunakan oleh PG Soedhono menggunakan ampas tebu (bagasse) dan kayu bakar. Berikut adalah tipe boiler yang ada di PG Soedhono.

1. Ketel Tekanan Rendah (*Battery*) dengan kapasitas 7-10 ton/jam, uap dari ketel ini digunakan untuk menggerakkan gilingan 2 dan 3, serta suplisi stasiun masakan.

Data spersifikasi ketel battery

Ketel Battery	Tekanan Rendah
Tekanan Kerja	7-10 kg/cm^2
Tekanan Maksimal	10 ton

2. Ketel Storkk dengan kapasitas 20 ton/jam, uap dari ketel stork digunakan untuk menggerakkan gilingan 4 dan 5, uap dari ketel stork juga digunakan untuk suplisi ketek Battery.

Data spesifikasi Ketel Storkk (Tekanan Menengah)

Ketel Storkk	Tekanan Menengah
Tekanan Kerja	19-20 kg/cm^2
Tekanan Maksimal	20 ton/jam
Temperatur Uap	350^{0}C
No Seri	

3. Ketel Takuma (Tekanan Menengah) dengan kapasitas 30 ton/jam. Uap dari ketel Takuma berfungsi untuk menggerakkan turbin pembangkit listrik Ebara.

Ketel Takuma	Tekanan Menengah
Model	N 90B
Tekanan Kerja Maksimal	24 kg/h
Penguapan Maksimal	3000 kg/h
Temperatur Uap	350^{0}C
Nomor Seri	N2578
Tahun Pembuatan	1981

Total kapasitas dari ketel yang ada di PG Soedhono sebesar 65 ton uap/jam. Uap untuk menggerakkan turbin generator menggunakan uap baru dengan tekanan 24 kg/cm^2 dan temperature uap mencapai 350^{0}C. Untuk keperluan proses menggunakan uap bekas dengan tekanan 0,5 kg/cm^2 dan temperature uap sebesar 115^{0}C.

Penyediaan Air Pengisi Ketel

Air pengisi ketel berfungsi untuk mengisi dan menggantikan air pada boiler yang telah mengalami proses pemanasan hingga menjadi uap. Air yang dipergunakan untuk mengisi ketel harus memiliki beberapa persyaratan yang terpenuhi sebelum dapat digunakan, hal ini terjadi karena ketel bekerja secara kontinyu sehingga apabila air pengisi ketel tidak memenuhi standar baku mutu akan mengakibatkan kerusakan. Beberapa kerusakan yang dapat terjadi karena pengaruh mutu air pengisi adalah:

1. Terjadi pengerakan, sering disebabkan air mengandung unsur kesadahan yang tinggi
2. Korosi pada ketel, disebabkan kandungan oksigen dan bahan pemicu lain yang terkandung pada air ketel sehingga menyebabkan korosi
3. *Carry over* karena adanya peningkatan TDS dan silica pada air ketel
4. Perapuhan karena soda dan silikat

Total Dissolve Solid	300-1000 ppm
Kesadahan	$\leq$ 20 ppm Ca^{2+}
Phospat	30-70 ppm PO_4^{3-}
pH	9-11
Silikat	50 ppm SiO_2
O-Alkalinitas	150 ppm
M-Alkalinitas	500-700 ppm
Sulfit	20-50 ppm SO_3

Tabel data spesifikasi baku mutu APK

PG Soedhono menggunakan air pengisi ketel yang berasal dari air embun (kondensat) yang berasal dari badan pemanas (*Juice Heater*), badan penguapan, dan pan masakan. Air kondensat digunakan karena masih memiliki suhu yang tinggi sehingga beban kerja boiler tidak terlalu besar. Pada awal giling air pengisi ketel menggunakan air dari sungai dan sumusr bor yang sebelumnya sudah di beri perlakuan, air yang memiliki kandungan tidak bisa digunakan karena akan mengakibatkan kerak pada pipa ketel. Sebelum air kondensat

masuk ke dalam ketel, air akan dilewatkan terlebih dahulu pada Condensat Checking Plant (CCP). Plant tersebut akan mengecek kandungan dari air kondensat. Kandungan yang dicek adalah kandungan zat padat terlarut seperti gula, jika air kondensat masih mengandung gula maka akan dialirkan kembali untuk diproses dan dihilangkan gula terlarutnya. Proses pemurnian dan preaparasi air pengisi ketel diantaranya adalah.

- Proses Secara Kimia
  Proses secara kimia dilakukan dengan cara menggunakan bahan kimia penukar ion. Pemberian zat pencegah kerak dengan cara membentuk lumpur (Na_3PO_{4-}), pemberian dibatasi kisaran 15-30 ppm. Kandungan phosphate yang seimbang akan memastikan semua kalsium terlarut menjadi lumpur $Ca_3(PO_4)_2$.
- Proses Secara Fisika
  Mengendapkan butiran dan gumpalanasam garam serta menghilangkan gas-gas dengan cara pemanasan.
- Proses External Treatment
  External treatment pada air kondensat adalah proses analisa air sebelum masuk ke dalam ketel, perlakuan menganalisis kandungan air dari gula terlarut menggunakan *skarbloom test*. Perlakuan ini juga memeriksa pH air, apabila pH kurang dari 8,2 maka air akan ditambahkan soda api sebanyak 5 kg, hal ini bertujuan untuk menaikkan pH air pengisi menjadi lebih besar. Selain soda api, aluminium sulfat juga turut ditambahkan pada air pengisi.
- Process Internal Treatmen
  Proses internal treatment adalah peralkuan yang diberikan pada air pengisi ketel setelah dialirkan dalam ketel. Air yang telah masuk dalam ketel akan diberikan bahan pencegah kerak, yang berfungsi mencegah terbentuknya endapan garam terlarut yang meningkatkan kadar TDS (*Total Dissolve Solid*). Bahan yang digunakan adalah soda kaustik dan natrium phospat.

3.31 UNIT PENGOLAHAN LIMBAH

Pada proses produksi gula tidak bisa lepas dari hasil samping produksi yang disebut limbah. Limbah merupakan hasil samping dari proses produksi yang berupa zat padat, zat cair, B3, maupun gas, penanganan untuk setiap kategori limbah berbedabeda tergantung pada tingkat bahaya dari limbah

tersebut. Limbah apabila tidak dilakukan pengeloaan akan sangat membahayakan lingkungan terutama limbah B3 yang termasuk limbah berbahaya dan membutuhkan penangan khusus. PG Soedhono menghasilkan 4 kategori limbah selama proses industry gula berlangsung yaitu:

A. Limbah Cair:
   1. Air kondensat
   2. Air pengurasan ketel
   3. Air limbah proses
   4. Air limbah domestik B. Limbah Padat:
   1. Blotong
   2. Sludge
   3. Abu ketel
   4. Ampas tebu C. Limbah Gas:
1. Gas buangan ketel
2. Uap evaporator

D. Limbah B3
1. Oli bekas
2. Limbah laboratorium

3.31.1 LIMBAH CAIR

3.31.1.1 Air Limbah Kondensor

Air limbah kondensor berasal dari proses pendinginan uap evaporasi nira, air kondensor ini masih memiliki kandungan zat organic terlarut yang terikut bersama air kondensor. Penanganan pada air limbah kondensor dilakukan dengan cara pendinginan pada unit *spray pond*, dimana air kondensor akan disemprot melaui nozzle hingga terkontak dengan udara. Ketika air kondensat terkontak dengan udara, panas dalam air kondensat dilepaskan sehingga terjadi penurunan suhu air. Air yang telah dingin akan digunakan sebagian untuk injeksi kondensor evaporator, sebagian air yang tidak tewrpakai akan dibuang. Air yang akan dibuang ditambahkan susu kapur agar pH menjadi netral, zat organic yang masih ada dalam air yang akan dibuang dihilangkan dengan menggunakan bakteri *BIOTRAY* yang berfungsi memakan sisa gula terlarut.

PG Soedhono melakukan beberapa monitoring penangan air limbah kondensor pada 2 kondisi:

1. Pada saat diluar masa giling, melakukan pengurasan dan pembersihan unit *Spray Pond*, saluran *nozzle*, saluran limbah.
2. Pada masa giling dilakukan pengecekan pada kandungan dan kadar BOD, COD, pH, dan suhu secara periodic. Pada pengecekan pH akan ditambahkan susu kapur untuk menormalkan pH. Air limbah kondensor akan dilakukan pengecekan apakah sudah terkontaminasi dengan limbah lain, dan melakukan tindakan pencegahan. Membersihkan saluran *nozzle* yang tertutup kotoran.

3.31.1.2 Air Limbah Proses

Air limbah proses berasal dari proses pengolahan pada PG Soedhono, umumnya mengandung air nira, TSS, BOD, COD yang tinggi. limbah ini tidak bisa langsung dibuang karena harus melewati proses pengolahan agar kandungan tersebut bisa normal. Teknik pengolahan limbah di PG Soedhono menggunakan proses aerasi lanjut, aerasi lanjutan merupakan system yang digunakan untuk menurunkan kandungan senyawa organic pada limbah menggunakan bakteri aerob (Inola 221). Pemilihan bakteeri inola 221 dikarenakan bakterim tersebut memiliki aktivitas dan daya degradasi yang tinggi terhadap polutan. Pada pertumbuhan dan perkembangan bakteri ini akan mengkonsumsi senyawa organic, bakteri ini hidup dalam kondisi yang memerlukan oksigen dan nutrient untuk mempertahankan kehidupanya. Proses pengolahan air limbah dilaksanakan dengan penggabungan 2 metode yaitu, metode fisis dan metode biologis. Metode fisis meliputi: Kolam equalisasi, bak aerasi, dan bak clarifier, sedangkan ,metode biologis menggunakan mikroorganisme yang mampu mendekomposisi bahan organic dalam air limbah. Sehingga ketika limbah dibuang kandungan di dalamnya telah memenuhi standart baku mutu yang ditentukan.

Sebelum air limbah dialirkan ke IPAL, air limbah akan ditampjung di *house keeping,* dari house keeping air limbah akan ditampung di kolam equalisasi. Kolam equalisasi berfungsi sebagai tempat pembersihan, menetralkan pH, mengontrol debit, dan menampung air sebelum masuk ke kolam aerasi. Ketika air limbah telah memenuhi syarat untuk masuk, akan dialirkan ke kolam aerasi 1 untuk aerasi awal. Pada kolam aerasi 1 terdapat bakteri inola 221 yang diberi nutrisi berupa *Phosphate*, urea, dan gula. Aerasi dilakukan dalam waktu 24 jam dengan dosis nutrisi yang sama, kemudian

dilanjutkan proses aerasi lanjut di bak II, III, IV yang berjalan secara *overflow*. proses aerasi berlangsung selama 5-7 hari, air akan diendapkan di *Clarifier* sesudah aerasi. Pengendapan dilakukan untuk memisahkan air dan bakteri, air yang ada di permukaan akan dialirkan menuju sungai sedangkan bakteri yang mengendap akan dikembalikan ke kolam aerasi. Seluruh proses pengolahan air limbah memakan waktu tinggal sebanyak 5-7 hari. Parameter dari air limbah yang harus dimiliki antara lain: 1. Suhu air yang akan diolah maksimal 32^0C.

2. Debit dan beban dari COD dan BOD harus sesuai kapasitas UPL yaitu sebesar 2500 mg/L
3. Kondisi pH sekitar 7
4. Penyediaan nutrisi harus seimbang
5. Kebutuhan oksigen terpenuhi
6. Pengaturan debit air limbah ± 18 m^3/jam

3.31.1.3 Air Blow Down Ketel

Air *Blow Down* adalah air yang sengaja dibuang dari boiler untuk menghindari konsentrasi pengotor dan terjadinya pengerakan. Ketel memproduksi uap dengan cara menguapkan air, dan sangat membutuhkan air pengisi untuk terus bekerja secara kontinyu. Penguapan yang dilakukan secara kontinyu memnyebabkan pengotor terlarut terkonsentrasi sampai pada tingkat berpotensi merusak produksi uap dalam boiler. Air blowdown ketel memiliki suhu yang tinggi dan mengandung kotoran berupa *sludge* yang membentuk endapan. Air *Blow Down* ketel diperlakiukan sama dengan air kondensor.

3.31.2 LIMBAH PADAT

PG Soedhono menghasilkan limbah padat berupa blotong, ampas tebu, dan abu ketel. Blotong adalah limbah yang dihasilkan dari proses pemurnian pada gula, blotong yang dihasilkan berasal dari proses samping reaksi pengendapan dari nira tapis. Ampas tebu adalah limbah hasil gilingan yang berupa serat-serat kasar dari gtebu yang sudah diambil kandungan niranya. Sementara abu ketel berasal dari sisa pembakaran, masing-masing limbah trersebut diberikan penanganan sesuai dengan jenisnya.

3.31.2.1 Blotong

Blotong merupakan limbah yang dihasilkan selama proses pemurnian nira, blotong sendiri adalah hasil penapisan nira kotor yang bertujuan memisahkan nira dari zat bukan gula. Blotong memiliki aroma tidak sedap yang bisa

mengganggu apabila tidak diberikan penanganan, meski memiliki aroma tidak sedap blotong sangat bermanfaat untuk dijadikan pupuk organic. Penanganan untuk blotong dilakukan setelah blotong keluar dari *Rotary Vacuum Filter*, blotong dibawa melalui *Belt Conveyor* menuju truk pengangkut dan diisi hingga penuh. Truk akan membawa blotong ke pihak ketiga untuk dijadikan bahan pembuatan pupuk.

3.31.2.2 Ampas Tebu

Ampas tebu (Bagase) adalah limbah hasil perahan berupa serat-serat kasar yang tidak mengandung nira. Ampas tebu di PG Soedhono dimanfaat kan sebagai bahan bakar untuk boiler/ketel. Tebu sendiri memiliki kandungan nira sebanyak 70% dan ampas sebanyak 30%. Penanganan pada limbah ampas tebu adalah ketika ampas keluar dari gilingan V, ampas dibawa menuju ketel melalui *Intermediate Carrier*.

3.31.2.3 Abu Ketel

Abu ketel adalah limbah yang dihasilkan melalui pembakaran boiler untuk menghasilkan uap. Pembakaran tersebut menghasilkan abu halus dan abu kasar, jumlah abu yang dihasilkan pada pembakaran ampas sebanyak 2-3%. Abu kasar dari ketel diturunkan dengan cara di skrap lalu dibawa ke tempat penampungan. Penanganan abu halus sedikit berbeda dari abu kasar, abu halus biasanya terbawa oleh gas buang dari pembakaran. Abu halus yang terikut gas pembakaran di semprot air agar tidak terikut oleh gas buang, air yang mengandung abu halus akan dialirkan ke kolam pengendapan. Setelah abu mengendap air akan digunakan untuk penyemprotan abu halus berikutnya, endapan abu halus akan ditampung bersama abu kasar selanjutnya limbah abu akan digunakan untuk menimbun tanah.

3.31.2.4 Limbah Gas

Limbah gas merupakan limbah yang dihasilkan dari proses penguapan nira dan pembakaran boiler. Limbah gas yang berasal dari pembakaran boiler harus dipisahkan dengan abu halus yang terikut, pemisahan tersebut dilakukan dengan unit *dust collector* dan *nozzle* untuk menyemprotkan air pada *cyclone* agar abu halus tidak ikut keluar bersama asap. PG Soedhono memiliki 4 unit cerobong pembuangan, 2 untuk stasiun penguapan dan 2 untuk ketel. Alat yang digunakan untuk mengatasi limbah gas antara lain:

3.31.2.5 Cyclone

Cyclone adalah unit penanganan limbah gas yang bekerja secara sentrifugal sehingga partikel abu akan terperangkap ke bagian tengah. Asap yang frasanya lebih ringan akan bebas keluar *cyclone* dan dibuang melaui cerobong. Abu yang terperangkap pada *cyclone* akan jatuh ke bagian pengumpul.

3.31.2.6 Wet Scrubber

Wet Scrubber adalah mekanisme penanganan limbah gas dengan cara penyemprotan air pada abu halus dan asap yang memasuki cerobonhg, sehingga air akan mengikat padatan untuk dialirkan ke bak pengendapan untuk ditampung. Air yang bercampur dengan abu akan dibiarkan sampai abu mengendap, air lalu dipergunakan lagi untuk proses *wet scrubbing* selanjutnya.

3.31.2.7 Limbah B3

Limbah B3 adalah limbah yang dikategorikan sebagai bahan, berbahaya, dan beracun. Limbah ini tidak bisa langsung dibuang karena memiliki kandungan yang sangat berbahaya baik dari segi sifat, konsentrasi maupun jumlahnya dan berpotensi merusak lingkungan. Penanganan untuk limbah B3 sendiri dilakukan secara khusus dan tidak sembarangan, PG Soedhono saat ini hanya menyediakan tempat penampungan sementara untuk jenis limbah ini. Dari tempat penampungan sementara limbah akan dibawa oleh pihak kedua untuk diserahkan pada pihak ketiga yang akan menangani limbah. Beberapa limbah B3 yang dihasilkan oleh PG Soedhono antara lain:

1. Oli bekas dari stasiun gilingan dan stasiun pembangkit
2. Limbah laboratorium
3. Larutan accu bekas dari dok motor
4. Catridge bekas printer, lampu TL bekas, kain majun

3.31.2.8 Unit Pendukung pada Pengolahan Limbah

Seperti pada bagian pengolahan yang lain, unit pengolahan limbah juga memiliki unit pendukung yang menjadik salah satu factor penunjang keberhasilan proses. Unit pendukung pada pengolahan limbah meliputi udara, bakteri, nutrient, phosphate, dan air limbah.

A. Oksigen (O_2)

Oksigen yang terkandung pada udara bebas diperlukan bagi semua mahkluk hidup, bahkan beberapa jenis bakteri tidak bisa hidup dalam kondisi

tanpa oksigen. Kebutuhan dalam penggunaan oksigen pada proses pengolahan limbah didapatkan dengan cara memompa udara bebas ke dalam kolam aerasi, proses ini dinamakan aerasi yang bertujuan untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut pada air limbah. Oksigen terlarut ini akan menjadi sarana penunjang keberhasilan dari proses penguraian limbah, karena bakteri yang digunakan adalah jenis *aerob*. Bakteri aerob membutuhkan udara (O_2) untuk mengoptimalkan proses metabolisme bakteri.

B. Bakteri

Bakteri digunakan dalam proses pengolahan limbah dan berfungsi sebagai pengurai (Dekomposer). Bakteri yang digunakan dalam proses pengolahan limbah di PG Soedhono adalah bakteri Inola 221 dan Biotray. Inola 221 adalah bakteri aerob sehingga membutuhkan oksigen terlarut untuk mengoptimalkan metabolismenya, bakteri ini dibiakkan dengan media air dan diberi treatment berupa nutrisi serta aerasi. Bakteri inola memakan bahan organic yang terdapat dalam limbah sehingga kadar BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), dan TSS (*Total Suspended Solid*) berkurang dan syarat baku mutu terpenuhi. Untuk bakteri Biotray digunakan untuk pengolahan air limbah kondensor yang ada di spray pond, bakteri biotray bekerja secara aerob dan memiliki ketahanan yang lebih baik ketimbang inola 221. Biotray menggunakan pupuk sebanyak 0,5 kg dan urea sebanyak 2 kg sebagai nutrisinya, pengolahan limbah di spray pond memakan waktu tinggal selama 1 minggu sejak pembibitan. Air yang sudah diolah dengan biotray akan dilairkan ke sungai dan sebagian sawah untuk pengairan.

C. Nutrient

Bakteri yang digunakan pada proses dekomposisi membutuhkan proses pembiakan terlebih dahulu, pembiakan ini menggunakan bibit bakteri yang dimasukkan dalam kolam. Terdapat komponen penting yang digunakan dalam proses pembibitan, komponen berupa nutrisi. Nutrisi berfungsi sebagai substansi organic yang dibutuhkan oleh organisme, nutrisi yang diberikan pada bakteri adalah gula, urea , dan phosphate.

D. Air Limbah

Air limbah berasal dari yang diolah berasal dari proses pengolahan di pabrik, air limbah ini meliputi air blow down, air cucian, bocoran nira, air abu, air condenspot. Air limbah diukur dengan parameter COD, BOD, TSS yang selanjutnya diolah di instalasi pengolahan limbah.

BAB IV
PEMBAHASAN

4.1 Tugas khusus

Evaluasi desain *shell and tube Heat Exchanger* pada proses pemanasan nira pada *Juice Heater* di stasiun pemurnian dalam memanaskan nira tebu.

4.2 Latar belakang

Pabrik Gula Soedhono yang berlokasi di Desa Tepas, Geneng, Kabupaten Ngawi, Jawa Timur didirikan pada tahun 1888 oleh perusahaan Verenigde Vorsendsche Cultural Maatschaapy (VVCM). Pada tanggal 10 Desember 1957 Direksi sebagai pimpinan tertinggi Perusahaan Negara (PN) yang berpusat di Jakarta melakukan perubahan struktur organisasi perkebunan dari sentralisasi menjadi desentralisasi dan status PG. Dalam produksinya, dilakukan berbagai proses mulai dari pengilingan hingga pengemasan untuk mendapatkan kualitas gula yang baik. Salah satu dari proses pembuatan gula yaitu pemurnian, yang dimana pada proses pemurnian ini terdapat proses pemanasan. Proses pemanasan yang dilakukan yaitu pada *juice heater* (JH). Proses ini perlu dilakukan untuk mendapatkan kualitas gula yang diharapkan. Selain itu, pemanasan pada proses pembuatan gula juga dapat menghilangkan mikroorganisme dan mengurangi beban pemanasan seperti pada proses pemanasan pada *Juice Heater* (JH) di stasiun pemurnian. Proses pemanasan menggunakan alat *Juice Heater* (JH) yang merupakan alat penukar panas jenis *shell and tube*. Aliran fluida yang mengalir pada *tube* adalah nira dan proses nya terus bergerak(bersirkulasi). Sedangkan, shell fluida yang mengalir merupakan steam (uap panas). Serta *Buffles* pada *juice heater* digunakan agar proses berlangsung dengan aliran turbulen, agar proses perpindahan panas lebih optimal. Perlu diketahui pada alat pemanasan biasa terjadi penurunan peforma pada alat dikarenakan beberapa faktor seperti terjadi penyumbatan akibat kotoran, terjadi korosi pada alat, serta desain alat yang tidak sesuai dengan kondisi fisika/kimia pada proses. Oleh karena itu, untuk memastikan peforma pada alat diperlukan salah satunya evaluasi desain khusunya pada *heat exchanger* yang dimana evaluasi dilakukan dengan metode analitis.

4.3 Rumusan masalah

Pada proses pemanasan di stasiun pemurnian yaitu pada Juice Heater (JH) terdapat 9 buah pemanas nira yaitu 6 buah sebagai PP I/JH1 dan PP 2/JH2 dan 3 buah sebagai PP 3/JH3, dengan tujuan untuk mempercepat reaksi dan pegendapan pada nira. Pada JH 1 suhu berkisar antara 75-80^{o}C untuk mepercepat reaksi antara nira, asam fosfat, dan susu kapur. Pada JH2 sekitar 100-105^{o}C dengan tujuan untuk menyempurnakan reaksi. Pada PG sudhono JH yang digunakan hanya JH1 dan JH2.

4.4 Tujuan

Tujuan dari penyelesaian tugas khusus evaluasi desain *Shell and Tube Heat exchanger* pemanasan pada *Juice Heater* di stasiun pemurnian dalam memanaskan nira tebu yaitu untuk mengetahui spesifikasi desain alat pada *Heat Exchanger* dengan cara analitis.

4.5 Metodologi

Pada pengerjaan tugas khusus evaluasi desain *Shell and Tube Heat Exchanger* pemanasan pada *Juice Heater* di stasiun pemurnian dalam memanaskan nira tebu, ada beberapa metode yang digunakan antara lain: 1. Melakukan pengumpulan data-data dari *heat exchanger*

2. Melakukan studi literatur kemudian menetapkan asumsi
3. Serta melakukan perhitungan analitis

4.6 Analisa Data

Adapun data yang dibutuhkan dalam mengerjakan tugas khusus ini yaitu suhu dingin dan panas yang masuk pada *heat exchanger*, diameter luar *shell*, laju alir nira yang masuk ke dalam alat *heat exchanger (Juice Heater*), panjang *tube*, dan diameter luar *tube*. Terdapat beberapa data yang merupakan data-data proses yang digunakan pada PG Sudhono serta beberapa data asumsi dari beberapa literatur yang digunakan untuk mengerjakan tugas khusus antara lain:

Tabel 4.1 Data-data proses yang telah diketahui

parameter	Keterangan
Laju alir masuk pada *shell*	487 Kg/jam
Suhu masuk pada *shell* (t1)	30^{o}C
Suhu keluar pada *shell*(t2)	75^{o}C

Suhu masuk pada *tube*(T1)	75^{o}C
Suhu keluar pada *tube*(T2)	105^{o}C
Diameter luar tube	33 mm
Panjang *tube*	3540 mm
Tebal *tube*	25 mm
Diameter dalam *shell*	328.8 mm

Pertukaran panas terjadi karena adanya kontak antara fluida didalam *tube* (pipa) dengan fluida yang berada didalam tabung (*shell*). Kedua fluida mengalir melalui alat penukaran panas yang memiliki suhu berbeda, yang dimana pada tube mengalir fluida dengan suhu yang lebih tinggi (T) dan pada shell mengalir fluida dengan suhu yang lebih rendah (t) (Edahwati, 2022).

Nira mentah yang dipanaskan dengan objek pemanas yaitu *Juice Heater* serta uap memiliki keterkaitan diantara nya yaitu pada tahapan pemurnian dilakukan proses pemanasan nira pada Juice Heater untuk meingkatkan kemurnian dari nira, salah satu tahap memisahkan gula dari kotoran bukan gula yang terikut dalam nira sebelum ke tahap pemurnian selanjutnya.

4.7 Pembahasan

Pada proses pemanasan nira di stasiun pemurnian dengan menggunakan alat yang dikenal sebagai Juice Heater (JH) yang dimana alat ini merupakan alat penukar panas dengan jenis *shell and tube*. Berdasarkan prinsip kerjanya, *Juice Heater* merupakan suatu perpindahan panas antara nira dengan steam. Pada aliran yang masuk di shell merupakan nira dengan kondisi relatif dingin. Sedangkan aliran yang masuk di tube merupakan steam dengan kondisi panas. Pada alat heat exchanger terdapat baffle yang dimana fungsinya agar aliran di dalam mengalami turbulensi maka dari itu panas yang dihasilkan juga lebih optimal. Nira mentah yang dipanaskan dengan objek pemanas yaitu *Juice Heater* serta uap memiliki keterkaitan diantara nya yaitu pada tahapan pemurnian dilakukan proses pemanasan nira pada Juice Heater untuk meingkatkan kemurnian dari nira, salah satu tahap memisahkan gula dari kotoran bukan gula yang terikut dalam nira sebelum ke tahap pemurnian selanjutnya.

Perhitungan Analitis Menghitung material dan *heat balance* Q air pada air dingin (nira)

Q= m x λ

Q= 1.739855 x 511.7134 kj/hr (nilai dari panas laten didapat pada buku kern fig.9 hal 12)

Q= 890.305 Kj/hr

Laju alir air pada Uap Panas

Q= m x Cp x Δt

146.805,46 = m x 1 x (75-30)

m= $\frac{890.305}{45}$ = 19.7845 kg/hr

Menghitung LMTD (log mean temperatur)

- $LMTD = \frac{\Delta t1 - \Delta t2}{ln \frac{\Delta t1}{\Delta t2}}$

LMTD = 41.2 ^oC

- **FT = 1 (karena proses berlangsung secara ishotermal)**
- **$\Delta t = FT \; x LMTD$ = 41.2 ^oC**

Menghitung Suhu Caloric Tc dan tc)

Tc= $1/2$ (T1+T2)

Tc= 52.5 ^oC

tc= $\frac{1}{2}$ (t1+t2) = 52.5 ^oC

Menghitung U_D

Trial U_D = 296.7325 Kj/hr.m^2 . ^oC (sumber dari buku kern tabel hal.840) a‟ = 0.0236 m^2 lin (sumber dari buku kern tabel 10 hal.843)

A= $\frac{Q}{UD \; x \; \Delta t}$

= 11.921 m^2

N_t = $\frac{A}{a„ x \; l}$ = 105 *buah*

Nt standart dan IDs = 604 buah (didapatkan dari tabel 9 kern hal 842)

n= 2 passes diameter dalam *shell* = 328,8 mm U_D koreksi didapatkan dari persamaan ; U_D Koreksi= $\frac{Nt}{Nt\ standart} x$ $UD\ trial$

U_D koreksi = 51.59 Kj/hr m^2 ^oC.

Tabel 4.2 Kesimpulan Perancangan

Kesimpulan perancangan		
Pada He JH 1-2		
Bagian *shell*	Diameter dalam (Di)	0,3288 m
	n’	1 mm
Bagian *tube*	Diameter luar(Do)	0,025 m ¾ inch triangunal pitch
	BWG	12
	Panjang tube (1)	3.54 m
	Jumlah tube (Nt)	604 buah
	N	2
	Pitch ratio (PT)	0.034 m
	Diameter ekivalen (De)	0.015 m
	a’	0.0077 m
	a’’	0.0236 m
	Diameter dalam (Di)	0.149 m

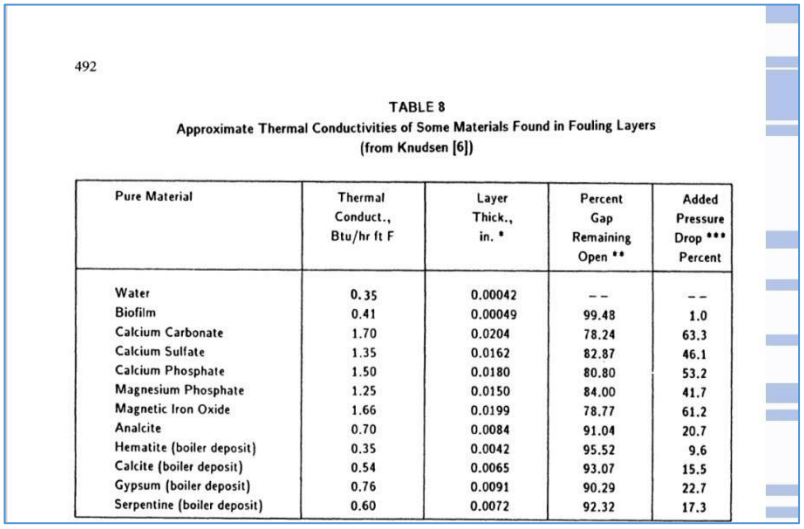
Evaluasi perpindahan panas		
Bagian *tube* (uap Air) fluida panas	C' = PT-Do	0.00733
	Mass velocity	$Gs = \frac{M}{as} =$ 2.735.567,3 kg/hr m^2
	De	De/12=0.00125 m
	Reynold number	Nres $= \frac{De\ Gs}{\mu}$=136.778,4
	Trial ho	164.851 Kj/hr m^2 °C
	Tw	$t_w = t_c + \frac{ho}{ho+hio} =$ 53,375 °C
	tf	Tc+tw/2 =67.9375°C
	kf	0.366 (kern tabel 5 hal 801)
	sf	1 kern tabel 6 hal 808)
	µf	1 kg/(m)(hr)(buku kern hal.823 fig 14)
	JH	80
	ho	$Ho = \frac{jh}{\frac{de}{k}(\frac{c\mu}{k})^{-1/3}(\frac{\mu}{\mu w})^{\wedge-0.14}} =$ 30.654,3 Kj/hr m^2 °C
	Flow Area (a_t)	$a_t = \frac{Nt\ atF}{n\ PT\ 144} =$ 0.034 m2
	Mass velocity	$Gt = \frac{M}{at}$ =581,89
	D	Di/12 = 0.0274 m
	Reynold number	Nre $= \frac{D\ Gt}{\mu}$= 54.675,3
	V	$\frac{Gt}{}$ =0.005 m/s

Bagian *Shell* (uap nira) Fluida dingin		3600ρ
	hi	hi= $\frac{de\,c\mu}{k}\left(\frac{}{k}\right)^{-1/3}\left(\frac{jh\,\mu}{\mu w}\right)^{\wedge-0.14}$ = 43.160,7 Kj
	hio	Hio$_{do}^{di}hi$ =23.730,6 Kj/hr m^2 ^oC

- **Menghitung overall coefficient (Uc)** Uc= $\frac{hohio}{ho+hio}$ = 13,375,9 $\frac{kj}{hr}$m^2 ^{0}C
- **Mencari Rd (dirt Factor)**

Rd= $\frac{Uc-Ud}{UcUd}$ = 0,01387 hr ft^2 ^{0}F / Btu.

Dari hasil yang diperoleh setelah mencari nilai Rd (dirt Factor) sebagai tolak ukur untuk memenuhi syarat desain dengan nilai yang didapatkan sebesar 0.01387 hr ft^2 ^{0}F / Btu. nilai Rd yang didapatkan < nilai Rd berdasarkan pada ketetapan water (air) nilai Rd secara umum berdasarkan pada gambar tabel dibawah sebesar 0.35. ini artinya desain telah memenuhi syarat operasi yang semestinya.



492

TABLE 8
Approximate Thermal Conductivities of Some Materials Found in Fouling Layers
(from Knudsen [6])

Pure Material	Thermal Conduct., Btu/hr ft F	Layer Thick., in. *	Percent Gap Remaining Open **	Added Pressure Drop *** Percent
Water	0.35	0.00042	--	--
Biofilm	0.41	0.00049	99.48	1.0
Calcium Carbonate	1.70	0.0204	78.24	63.3
Calcium Sulfate	1.35	0.0162	82.87	46.1
Calcium Phosphate	1.50	0.0180	80.80	53.2
Magnesium Phosphate	1.25	0.0150	84.00	41.7
Magnetic Iron Oxide	1.66	0.0199	78.77	61.2
Analcite	0.70	0.0084	91.04	20.7
Hematite (boiler deposit)	0.35	0.0042	95.52	9.6
Calcite (boiler deposit)	0.54	0.0065	93.07	15.5
Gypsum (boiler deposit)	0.76	0.0091	90.29	22.7
Serpentine (boiler deposit)	0.60	0.0072	92.32	17.3

(sumber:Ramesh K, 2003)

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil setelah melakukan kerja praktik di PG Soedhono ini, antara lain:

1. Pada pabrik industry pengolahan gula di PG Soedhono dengan bahan baku tebu serta produk yang dihasilkan yaitu gula kristal putih dengan kapasitas 15.000 TCD
2. Pada indsutri PG sudhono ini menghasilkan gula kristal putih atau biasa SHS (*Super High Sugar*). Produk utama dari PG sudhono ini termasuk dalam mutu gula kristal putih 1 dan 2.Untuk produk sampingan yang dihasilkan pada PG.Sudhono ini antara lain blotong,ampas tebu, dan tetes tebu.
3. Pada pemurnian terdapat proses pemanasan pendahuluan (PP) pada alat juice Heater. Selain itu pada pemurnian ini menggunakan sistem sulfitasi.
4. Pada PG sudhono memiliki delapan unit pengolahan antara lain; unit penerimaan, unit penimbangan, unit gilingan, unit pemurnian, unit penguapan, unit masakan, unit puteran, serta unit penyelesaian.
5. Pada PG.Sudhono menggunakan system masakan A,C, dan D
6. pada PG. Sudhono menggunakan system penguapan quintuple effect. menggunakan 5 evaporator (badan penguap), proses yang terjadi secara kontinyu. Uap pada badan I sebagian digunakan untuk pemanas nira (*Juice Heater)* serta stasiun masakan.
7. Proses unit puteran pada PG sudhono ini ada dua jenis yaitu *Low Grade* dan *High Grade.* Pada puteran *Low grade* diperuntukkan untuk memutar masakan C dan D. Sedangkan pada puteran *High Grade* untuk memutar masakan A.
8. Pada pengelolahan limbah di PG Sudhono menghasilkan limbah yang sesuai dengan baku mutu yang sudah ditentukan pemerintah serta diawasi oleh DLH bagian provinsi yang berdasarkan atas undang-undang yang berlaku.

5.2 Saran

Setelah pelaksanaan kerja praktik yang telah kami laksanakan, ada beberapa saran yang dapat kami sampaikan antara lain:

1. Bimbingan dan arahan perlu sangat diperhatikan kepada kami selaku peserta kerja praktik. karena arahan tersebut sangat memberikan dampak yang terhadap kami khususnya mempermudah kami dalam melakukan serta mengamati setiap proses yang ada pada PG Sudhono ini. Karena kami mencari sebuah pengalaman yang awalnya kami tidak tahu akhirnya tahu. Maka dari itu perlunya arahan serta perhatian untuk kami selaku peserta kerja praktik.
2. Perlu adanya perhatian khusus serta perawatan secara berkala terhadap peralatanperalatan yang digunakan dalam proses pembuatan gula di PG Sudhono agar proses produksi gula yang dilakukan berjalan dengan lebih maksimal lagi.

DAFTAR PUSTAKA

Buckle, K.A., Edwards, R.A., Fleet, G.H., & Wooton. 1987. *Ilmu Pangan*. Terjemahan Hadi, Purnomo., & Adiano. Jakarta : Universitas Indonesia Press

Chen, J & Chou, C. 1993. *Cane Sugar Handbook : A Manual For Cane Sugar Manufactures and Their Chemistry*. Canada : John Willey & Sons Inc Gautara, Wijandi S. 1981. *Dasar Pengolahan Gula I*. Bogor : IPB

Ginting,P. 1992*.”Mencegah dan Mengendalikan Pencemaran Industri*”. Edisi Pertama. Pustaka Sinar Harapan, Jakarta.

Goutara dan Wijandi, 1975. *Dasar Pengolahan Gula*. Bogor : IPB

Hugot, E.1986. *“Handbook of Cane Sugar Engineering 3rd edition”.* Australia.

Iskandar, D. 2005. *Pengkajian Penerapan Teknis Buku Budidaya Bibit Tebu Varietas PS 851 dan PS 951 pada Tingkat Kebun Bibit Datar*. Jurnal Argonomi

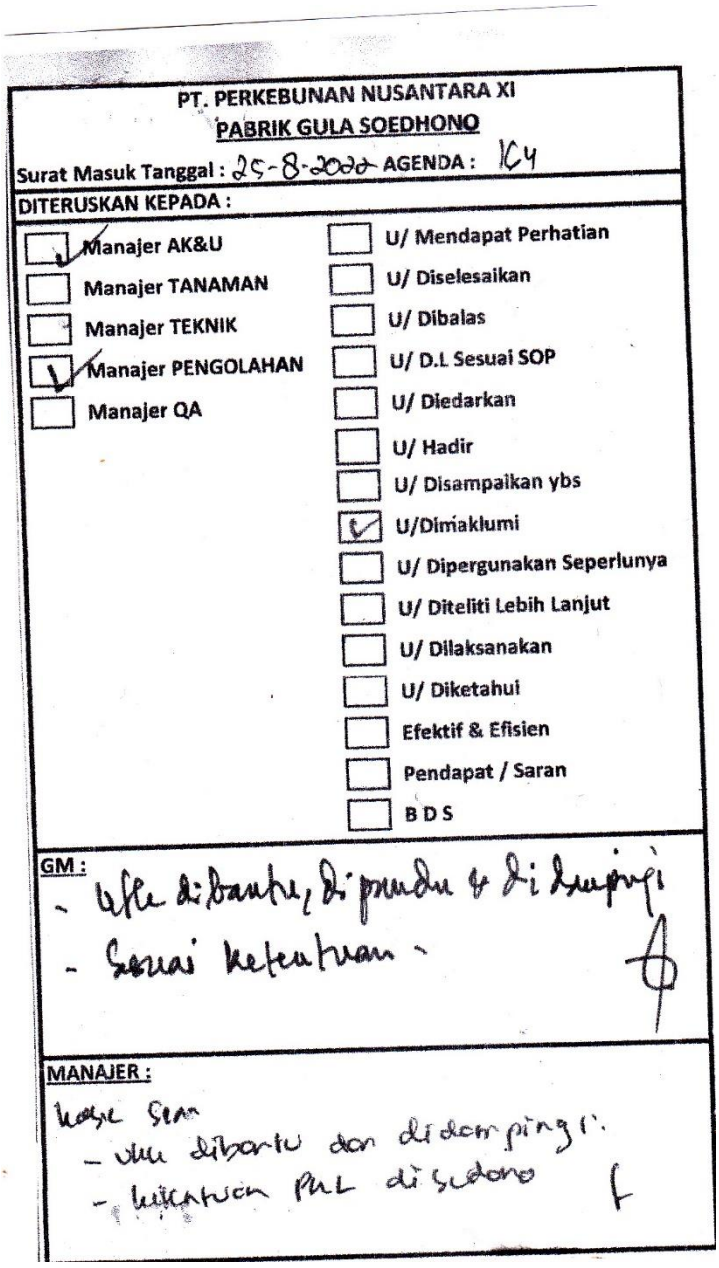
Martoyo, T., dan Santoso, B.E., 1991. *Diktat Analisis Kadar Gula Total Dalam Tetes*. Pasuruan : P3GI

Moerdokusumo. 1993. *Pengawasan Kualitas dan Teknologi Gula di Indonesia*

Soejadi. 1974. *Dasar Teknologi Gula*. Yogyakarta : Lembaga Pendidikan Perkebunan

Supriyadi, A., 1992. “Rendemen Tebu. Kanisius”. Yogyakarta. 72 hal

LAMPIRAN



PT. PERKEBUNAN NUSANTARA XI
PABRIK GULA SOEDHONO

Surat Masuk Tanggal : 25-8-2022 AGENDA : 104

DITERUSKAN KEPADA :

- [✓] Manajer AK&U
- [ ] Manajer TANAMAN
- [ ] Manajer TEKNIK
- [✓] Manajer PENGOLAHAN
- [ ] Manajer QA

- [ ] U/ Mendapat Perhatian
- [ ] U/ Diselesaikan
- [ ] U/ Dibalas
- [ ] U/ D.L Sesuai SOP
- [ ] U/ Diedarkan
- [ ] U/ Hadir
- [ ] U/ Disampaikan ybs
- [✓] U/Dimaklumi
- [ ] U/ Dipergunakan Seperlunya
- [ ] U/ Diteliti Lebih Lanjut
- [ ] U/ Dilaksanakan
- [ ] U/ Diketahui
- [ ] Efektif & Efisien
- [ ] Pendapat / Saran
- [ ] B D S

GM :
- Agar dibantu, dipandu & di dampingi
- Sesuai ketentuan -

MANAJER :
Kepada Sdr
- Agar dibantu dan didampingi.
- Laksanakan PKL disini

ptpn XI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA XI

Nomor : BA-RUPA²/P-B/22.134

Surabaya, 11 Agustus 2022

Kepada Yth :
KOODINATOR KERJA PRAKTEK
PRODI TEKNIK KIMIA
UNIVERSITAS INTERNASIONAL SEMEN INDONESIA
KOMPLEK SEMEN INDONESIA
JALAN VETERAN
GRESIK

KERJA PRAKTEK

Berdasarkan surat Saudara No. 0233/KI.05/03-01.01.01.01/08.22 tanggal 11 Agustus 2022 tentang permohonan kerja praktek, dengan ini diberitahukan bahwa PT Perkebunan Nusantara XI memberi ijin kepada :

NO	NAMA MAHASISWA	NIM	PRODI/JURUSAN
1	HUSNI Adami	2031910027	S-1/ Teknik Kimia
2	Daris Aqil Al Dzakwan	2031910015	S-1/ Teknik Kimia
3	Aco Rasihan Anwar	2031910054	S-1/ Teknik Kimia

Untuk melaksanakan Kerja Praktek di bagian Pengolahan PG Soedhono, Ngawi

Adapun ketentuan-ketentuan yang harus ditaati adalah sebagai berikut :
1. Waktu pelaksanaan Kerja Praktek : 01 sampai dengan 30 September 2022
1. **Mahasiswa wajib menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) dan**
2. **Wajib menjaga keselamatan kerja dan menghindari terjadinya kecelakaan kerja**
3. Selama Kerja Praktek biaya kesehatan tidak ditanggung oleh PT Perkebunan Nusantara XI.
4. Tidak diperkenankan mengambil data yang berhubungan dengan keuangan dan rahasia Perusahaan.
5. Selama melaksanakan kegiatan Kerja Praktek wajib **disiplin** mengikuti peraturan perusahaan yang berlaku *(tidak memakai kaos, tidak memakai sandal, tidak memakai jeans, masuk dan pulang sesuai jam perusahaan dan wajib melaksanakan PROKES secara ketat)*
6. Tiga puluh hari setelah melaksanakan Kerja Praktek, **WAJIB mengirimkan laporan individu (bukan Tugas Akhir)** ke Bagian SDM & Umum PT Perkebunan Nusantara XI.

Demikian untuk menjadikan maklum.

PT PERKEBUNAN NUSANTARA XI
BAGIAN SDM dan UMUM

PT. PERKEBUNAN NUSANTARA XI

A FERIANTIKA
SUBAG. Pengembangan

Tindasan
➢ Yth.General Manager PG Soedhono

Kantor Pusat :
Jalan Merak No. 1 - Surabaya
T : +62-31-3524596 F : +62-31-3532525
W : www.ptpn11.co.id E : sekretariat@ptpn11.co.id

AKHLAK
AMANAH KOMPETEN HARMONIS
LOYAL ADAPTIF KOLABORATIF

Tabel 9 hal. 841

TABLE 9. TUBE-SHEET LAYOUTS (TUBE COUNTS)
Square Pitch

¾ in. OD tubes on 1-in. square pitch						1 in. OD tubes on 1¼-in. square pitch					
Shell ID, in.	1-P	2-P	4-P	6-P	8-P	Shell ID, in.	1-P	2-P	4-P	6-P	8-P
8	32	26	20	20		8	21	16	14		
10	52	52	40	36		10	32	32	26	24	
12	81	76	68	68	60	12	48	45	40	38	36
13¼	97	90	82	76	70	13¼	61	56	52	48	44
15¼	137	124	116	108	108	15¼	81	76	68	68	64
17¼	177	166	158	150	142	17¼	112	112	96	90	82
19¼	224	220	204	192	188	19¼	138	132	128	122	116
21¼	277	270	246	240	234	21¼	177	166	158	152	148
23¼	341	324	308	302	292	23¼	213	208	192	184	184
25	413	394	370	356	346	25	260	252	238	226	222
27	481	460	432	420	408	27	300	288	278	268	260
29	553	526	480	468	456	29	341	326	300	294	286
31	657	640	600	580	560	31	406	398	380	368	358
33	749	718	688	676	648	33	465	460	432	420	414
35	845	824	780	766	748	35	522	518	488	484	472
37	934	914	886	866	838	37	596	574	562	544	532
39	1049	1024	982	968	948	39	665	644	624	612	600
1¼ in. OD tubes on 1 5/16-in. square pitch						1½ in. OD tubes on 1⅝-in. square pitch					
10	16	12	10								
12	30	24	22	16	16	12	16	16	12	12	
13¼	32	30	30	22	22	13¼	22	22	16	16	
15¼	44	40	37	35	31	15¼	29	29	25	24	22
17¼	56	53	51	48	44	17¼	39	39	34	32	29
19¼	78	73	71	64	56	19¼	50	48	45	43	39
21¼	96	90	86	82	78	21¼	62	60	57	54	50
23¼	127	112	106	102	96	23¼	78	74	70	66	62
25	140	135	127	123	115	25	94	90	86	84	78
27	166	160	151	146	140	27	112	108	102	98	94
29	193	188	178	174	166	29	131	127	120	116	112
31	226	220	209	202	193	31	151	146	141	138	131
33	258	252	244	238	226	33	176	170	164	160	151
35	293	287	275	268	258	35	202	196	188	182	176
37	334	322	311	304	293	37	224	220	217	210	202
39	370	362	348	342	336	39	252	246	237	230	224

6 Keterangan rumus pada tabel kesimpulan hasil perancangan

liquid in Prob. 5.8 always provides the controlling film coefficient, what are the numerical values of the constants a' and b'?

5.11. A 40°API kerosene is cooled from 400 to 200°F by heating 34°API crude oil from 100 to 200°F. Between what calorie temperatures is the heat transferred, and how do these deviate from the mean?

5.12. A 35° API distillate used as a heating oil is cooled from 400 to 300°F by fresh 35°API distillate heated from 200 to 300°F. Between what caloric temperatures is the heat transferred, and how do these deviate from the mean?

NOMENCLATURE FOR CHAPTER 5

A	Heat-transfer surface or outside surface of pipes, ft²
a''	External pipe surface per foot of length, ft
a', b'	Constants in the equation $U = a'(1 + b't)$

a_1, b_1	Constants
C	Specific heat of hot fluid in derivations, Btu/(lb)(°F)
c	Specific heat of cold fluid, Btu/(lb)(°F)
D	Inside diameter of pipe, ft
F_c	Caloric fraction, dimensionless
G	Mass velocity, lb/(hr)(ft²)
h	Heat-transfer coefficient, Btu/(hr)(ft²)(°F)
h_i, h_o	Inside and outside film coefficients, Btu/(hr)(ft²)(°F)
h_{io}	h_iA_i/A, inside film coefficient referred to outside surface, Btu/(hr)(ft²)(°F)
K_c	Caloric factor, dimensionless
k	Thermal conductivity, Btu/(hr)(ft²)(°F/ft)
L	Length, ft
LMTD	Log mean temperature difference, °F
Q	Heat flow, Btu/hr
R	Ratio of $uc/WC = (T_1 - T_2)/(t_2 - t_1)$, dimensionless
ΣR	Overall resistance to heat flow, (hr)(ft²)(°F)/Btu
r	Ratio of cold to hot terminal differences, dimensionless
T	Temperature of the hot fluid, °F
T_c	Caloric temperature of hot fluid, °F
T_1, T_2	Hot-fluid inlet and outlet temperatures, respectively, °F
t	Temperature of the cold fluid, °F
t_c	Caloric temperature of cold fluid, °F
t_f	Film temperature in Eqs. (5.33) and (5.34), °F
t_p	Inside pipe-wall temperature, °F
t_w	Outside pipe-wall temperature, °F
t_1, t_2	Cold-fluid inlet and outlet temperatures, respectively, °F
Δt	Temperature difference at a point or mean over an area, °F
$\Delta t_2, \Delta t_1$	Temperature difference at the cold and hot terminals, respectively, °F
Δt_l	Logarithmic mean of $t_p - t_1$ and $t_p - t_2$, °F
U	Overall coefficient of heat transfer in general, Btu/(hr)(ft²)(°F)
U_c, U_h	Overall coefficient of heat transfer at cold and hot terminals, Btu/(hr)(ft²)(°F)
U_1, U_2	
U_c	Value of U at t_c, Btu/(hr)(ft²)(°F)
W	Weight flow of hot fluid, lb/hr
w	Weight flow of cold fluid, lb/hr
α	Proportionality constant, dimensionless
μ	Viscosity at mean or caloric temperature, lb/(ft)(hr)
μ_f, μ_w	Viscosity at the film and pipe-wall temperatures, respectively, lb/(ft)(hr)

Superscripts

d, p, q, r', r'', r'''	Constants

Subscripts (except as noted above)

i	Inside a pipe or tube
o	Outside a pipe or tube
io	Value based on inside of a pipe or tube referred to the outside of the tube.

CHAPTER 6

COUNTERFLOW: DOUBLE PIPE EXCHANGERS

Definitions. Heat-transfer equipment is defined by the function it fulfills in a process. *Exchangers* recover heat between two process streams. Steam and cooling water are utilities and are not considered in the same sense as recoverable process streams. *Heaters* are used primarily to heat process fluids, and steam is usually employed for this purpose, although in oil refineries hot recirculated oil serves the same purpose. *Coolers* are employed to cool process fluids, water being the main cooling medium. *Condensers* are coolers whose primary purpose is the removal of latent instead of sensible heat. The purpose of *reboilers*

TABLE 3.1. DIMENSIONS AND UNITS

Dimensions:* Force = F, heat = H, length = L, mass = M, temperature = T, time = θ. The force-pound is the poundal, the force-gram is the dyne

Symbol	Quantity: consistent engineering and metric units	Dimension
g	Acceleration of gravity, ft/hr², cm/sec²	L/θ^2
A	Area or surface, ft², cm²	L^2
K_H	Conversion from kinetic energy to heat	$ML^2/H\theta^2$
K_M	Conversion from force to mass	$ML/F\theta^2$
ρ	Density, lb/ft³, g/cm³	M/L^3
D	Diameter, ft, cm	L
k_d	Diffusivity (volumetric), ft²/hr, cm²/sec	L^2/θ
F	Force, force-pound (poundal), force-gram (dyne)	F
H	Heat, Btu, cal	H
L	Length, ft, cm	L
M	Mass, lb, g	M
W	Mass flow, lb/hr, g/sec	M/θ
G	Mass velocity, lb/(hr)(ft²), g/(sec)(cm²)	$M/\theta L^2$
J	Mechanical equivalent of heat, (force-lb)(ft)/Btu, (force-g)(cm)/cal	FL/H
P	Pressure, force-lb/ft², force-g/cm²	F/L^2
P_o	Power, (force-lb)(ft)/hr, (force-g)(cm)/sec	FL/θ
r	Radius, ft, cm	L
c	Specific heat, Btu/(lb)(°F), cal/(g)(°C)	H/MT
v	Specific volume, ft³/lb, cm³/g	L^3/M
τ	Stress, force-lb/ft², force-g/cm²	F/L^2
σ	Surface tension, force-lb/ft, force-g/cm	F/L
T	Temperature, °F, °C	T
k	Thermal conductivity, Btu/(hr)(ft²)(°F/ft), cal/(sec)(cm²)(°C/cm)	$H/LT\theta$
α	Thermal diffusivity, ft²/hr, cm²/sec	L^2/θ
β	Thermal coefficient of expansion, 1/°F, 1/°C	$1/T$
R_t	Thermal resistivity, (°F)(ft)(hr)/Btu, (°C)(cm)(sec)/cal	$LT\theta/H$
θ	Time, hr, sec	θ
u	Velocity, ft/hr, cm/sec	L/θ
μ_e	Viscosity (force-lb)(hr)/ft², (force-g)(sec)/cm²	$F\theta/L^2$
μ	Viscosity (abs), lb/(ft)(hr), g/(cm)(sec)	$M/L\theta$
M	Mass, lb, g	M
w_o	Work, (force-lb)(ft), (force-g)(cm)	FL

* For a system without heat changes these automatically reduce to $FLM\theta$.

as long as the weight was always treated in the same way. Consider a system in which the mass is a fundamental dimension as M, L, T, θ. From the acceleration equation, force = mass × acceleration,

$$F = ML\theta^{-2}.$$

In another set of dimensions it may be more convenient to consider force

the fundamental dimension, in which case mass is expressed by

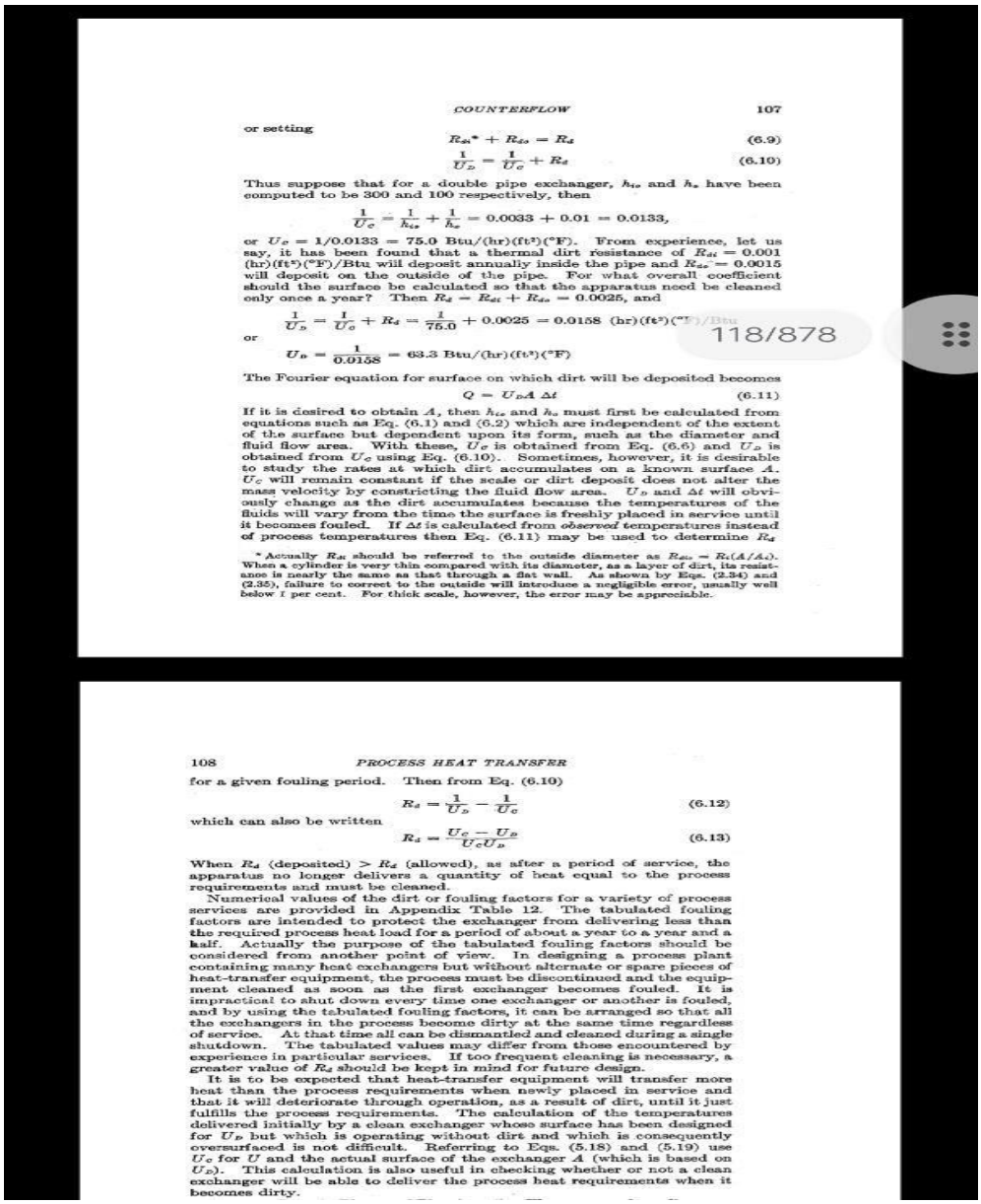
$$M = FL^{-1}\theta^2.$$

When some of the variables are commonly expressed in units of force such as pressure FL^{-2} and other variables by units of mass such as the density ML^{-3}, it is necessary to introduce a dimensional constant into the series expression before solving for the exponents. The constant relating M and F naturally has the dimensions of the gravitational acceleration constant $L\theta^{-2}$. A similar situation also arises when describing a phenomenon by which a work or kinetic energy change occurs in a system. Some of the variables may ordinarily be expressed in terms of foot-pounds (force-pound × foot) and others in terms of heat energy such as the Btu. A conversion factor which is the heat equivalent of work must be introduced to convert FL to H, or vice versa. The constant is the kinetic energy equivalent of the heat $ML^2/H\theta^2$. A number of common variables and dimensional constants are given in Table 3.1 together with their net dimensions in a six-dimension system. Typical sets of engineering and metric units are included.

Analysis for the Form of a Fluid-flow Equation. When an incompressible fluid flows in a straight horizontal uniform pipe with a constant mass rate, the pressure of the fluid decreases along the length of the pipe owing to friction. This is commonly called the *pressure drop* of the system, ΔP. The pressure drop per unit length is referred to as the *pressure gradient*, dP/dL, which has been found experimentally to be influenced by the following pipe and fluid properties: diameter D, velocity u, fluid density ρ, and viscosity μ. What relationship exists between the pressure gradient and the variables?

Solution. The pressure has dimensions of force/area, whereas the density is expressed by mass/volume so that a dimensional constant relating M to F must be included, $K_M = ML/F\theta^2$. The same result may be accomplished by including the acceleration constant g along with the variables above. While the *viscosity* is determined experimentally as a force effect and has the dimensions $F\theta/L^2$, it is a very small unit, and it is more common in the engineering sciences to use the absolute viscosity $M/L\theta$ in which the conversion from force to mass has already been

data ru,us lainnya:



COUNTERFLOW 107

or setting

$$R_{di}^{*} + R_{do} = R_d \tag{6.9}$$

$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{U_C} + R_d \tag{6.10}$$

Thus suppose that for a double pipe exchanger, h_{io} and h_o have been computed to be 300 and 100 respectively, then

$$\frac{1}{U_C} = \frac{1}{h_{io}} + \frac{1}{h_o} = 0.0033 + 0.01 = 0.0133,$$

or $U_C = 1/0.0133 = 75.0$ Btu/(hr)(ft²)(°F). From experience, let us say, it has been found that a thermal dirt resistance of $R_{di} = 0.001$ (hr)(ft²)(°F)/Btu will deposit annually inside the pipe and $R_{do} = 0.0015$ will deposit on the outside of the pipe. For what overall coefficient should the surface be calculated so that the apparatus need be cleaned only once a year? Then $R_d = R_{di} + R_{do} = 0.0025$, and

$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{U_C} + R_d = \frac{1}{75.0} + 0.0025 = 0.0158 \text{ (hr)(ft²)(°F)/Btu}$$

or

$$U_D = \frac{1}{0.0158} = 63.3 \text{ Btu/(hr)(ft²)(°F)}$$

The Fourier equation for surface on which dirt will be deposited becomes

$$Q = U_D A\, \Delta t \tag{6.11}$$

If it is desired to obtain A, then h_{io} and h_o must first be calculated from equations such as Eq. (6.1) and (6.2) which are independent of the extent of the surface but dependent upon its form, such as the diameter and fluid flow area. With these, U_C is obtained from Eq. (6.6) and U_D is obtained from U_C using Eq. (6.10). Sometimes, however, it is desirable to study the rates at which dirt accumulates on a known surface A. U_C will remain constant if the scale or dirt deposit does not alter the mass velocity by constricting the fluid flow area. U_D and Δt will obviously change as the dirt accumulates because the temperatures of the fluids will vary from the time the surface is freshly placed in service until it becomes fouled. If Δt is calculated from *observed* temperatures instead of process temperatures then Eq. (6.11) may be used to determine R_d

* Actually R_{di} should be referred to the outside diameter as $R_{do} = R_i(A/A_o)$. When a cylinder is very thin compared with its diameter, as a layer of dirt, its resistance is nearly the same as that through a flat wall. As shown by Eqs. (2.34) and (2.35), failure to correct to the outside will introduce a negligible error, usually well below 1 per cent. For thick scale, however, the error may be appreciable.

118/878

108 PROCESS HEAT TRANSFER

for a given fouling period. Then from Eq. (6.10)

$$R_d = \frac{1}{U_D} - \frac{1}{U_C} \tag{6.12}$$

which can also be written

$$R_d = \frac{U_C - U_D}{U_C U_D} \tag{6.13}$$

When R_d (deposited) > R_d (allowed), as after a period of service, the apparatus no longer delivers a quantity of heat equal to the process requirements and must be cleaned.

Numerical values of the dirt or fouling factors for a variety of process services are provided in Appendix Table 12. The tabulated fouling factors are intended to protect the exchanger from delivering less than the required process heat load for a period of about a year to a year and a half. Actually the purpose of the tabulated fouling factors should be considered from another point of view. In designing a process plant containing many heat exchangers but without alternate or spare pieces of heat-transfer equipment, the process must be discontinued and the equipment cleaned as soon as the first exchanger becomes fouled. It is impractical to shut down every time one exchanger or another is fouled, and by using the tabulated fouling factors, it can be arranged so that all the exchangers in the process become dirty at the same time regardless of service. At that time all can be dismantled and cleaned during a single shutdown. The tabulated values may differ from those encountered by experience in particular services. If too frequent cleaning is necessary, a greater value of R_d should be kept in mind for future design.

It is to be expected that heat-transfer equipment will transfer more heat than the process requirements when newly placed in service and that it will deteriorate through operation, as a result of dirt, until it just fulfills the process requirements. The calculation of the temperatures delivered initially by a clean exchanger whose surface has been designed for U_D but which is operating without dirt and which is consequently oversurfaced is not difficult. Referring to Eqs. (5.18) and (5.19) use U_C for U and the actual surface of the exchanger A (which is based on U_D). This calculation is also useful in checking whether or not a clean exchanger will be able to deliver the process heat requirements when it becomes dirty.

Hal 823 fig.14

table 6 hal 808

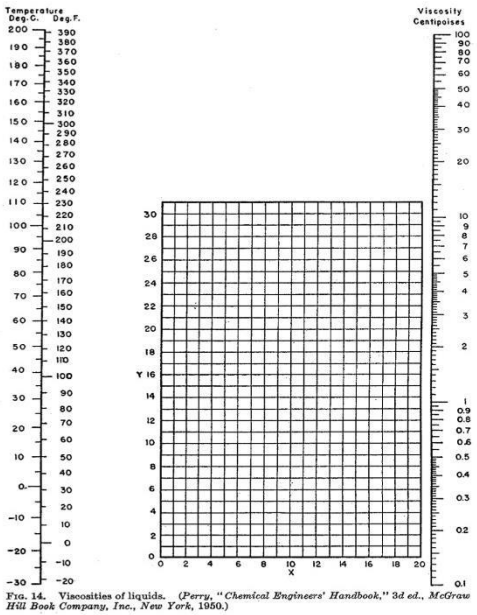


FIG. 14. Viscosities of liquids. (*Perry, "Chemical Engineers' Handbook," 3d ed., McGraw Hill Book Company, Inc., New York,* 1950.)

TABLE 6. SPECIFIC GRAVITIES AND MOLECULAR WEIGHTS OF LIQUIDS

Compound	Mol. wt.	s*	Compound	Mol. wt.	s*
Acetaldehyde	44.1	0.78	Ethyl iodide	155.9	1.93
Acetic acid, 100 %	60.1	1.05	Ethyl glycol	88.1	1.04
Acetic acid, 70 %	.....	1.07	Formic acid	46.0	1.22
Acetic anhydride	102.1	1.08	Glycerol, 100 %	92.1	1.26
Acetone	58.1	0.79	Glycerol, 50 %	.....	1.13
Allyl alcohol	58.1	0.86	n-Heptane	100.2	0.68
Ammonia, 100 %	17.0	0.61	n-Hexane	86.1	0.66
Ammonia, 26 %	.....	0.91	Isopropyl alcohol	60.1	0.79
Amyl acetate	130.2	0.88	Mercury	200.6	13.55
Amyl alcohol	88.2	0.81	Methanol, 100 %	32.5	0.79
Aniline	93.1	1.02	Methanol, 90 %	.....	0.82
Anisole	108.1	0.99	Methanol, 40 %	.....	0.94
Arsenic trichloride	181.3	2.16	Methyl acetate	74.9	0.93
Benzene	78.1	0.88	Methyl chloride	50.5	0.92
Brine, $CaCl_2$ 25 %	.....	1.23	Methyl ethyl ketone	72.1	0.81
Brine, NaCl 25 %	.....	1.19	Naphthalene	128.1	1.14
Bromotoluene, ortho	171.0	1.42	Nitric acid, 95 %	.....	1.50
Bromotoluene, meta	171.0	1.41	Nitric acid, 60 %	.....	1.38
Bromotoluene, para	171.0	1.39	Nitrobenzene	123.1	1.20
n-Butane	58.1	0.60	Nitrotoluene, ortho	137.1	1.16
i-Butane	58.1	0.60	Nitrotoluene, meta	137.1	1.16
Butyl acetate	116.2	0.88	Nitrotoluene, para	137.1	1.29
n-Butyl alcohol	74.1	0.81	n-Octane	114.2	0.70
i-Butyl alcohol	74.1	0.82	Octyl alcohol	130.23	0.82
n-Butyric acid	88.1	0.96	Pentachlorethane	202.3	1.67
i-Butyric acid	88.1	0.95	n-Pentane	72.1	0.63
Carbon dioxide	44.0	1.29	Phenol	94.1	1.07
Carbon disulfide	76.1	1.26	Phosphorus tribromide	270.8	2.85
Carbon tetrachloride	153.8	1.60	Phosphorus trichloride	137.4	1.57
Chlorobenzene	112.6	1.11	Propane	44.1	0.59
Chloroform	119.4	1.49	Propionic acid	74.1	0.99
Chlorosulfonic acid	116.5	1.77	n-Propyl alcohol	60.1	0.80
Chlorotoluene, ortho	126.6	1.08	n-Propyl bromide	123.0	1.35
Chlorotoluene, meta	126.6	1.07	n-Propyl chloride	78.5	0.89
Chlorotoluene, para	126.6	1.07	n-Propyl iodide	170.0	1.75
Cresol, meta	108.1	1.03	Sodium	23.0	0.97
Cyclohexanol	100.2	0.96	Sodium hydroxide, 50 %	.....	1.53
Dibromo methane	187.9	2.09	Stannic chloride	260.6	2.23
Dichloro ethane	99.0	1.17	Sulfur dioxide	64.1	1.38
Dichloro methane	88.9	1.34	Sulfuric acid, 100 %	98.1	1.83
Diethyl oxalate	146.1	1.08	Sulfuric acid, 98 %	.....	1.84
Dimethyl oxalate	118.1	1.42	Sulfuric acid, 60 %	.....	1.50
Diphenyl	154.2	0.99	Sulfuryl chloride	135.0	1.67
Dipropyl oxalate	174.1	1.02	Tetra chloroethane	167.9	1.60
Ethyl acetate	88.1	0.90	Tetra chloroethylene	165.9	1.63
Ethyl alcohol, 100 %	46.1	0.79	Titanium tetrachloride	189.7	1.73
Ethyl alcohol, 95 %	.....	0.81	Toluene	92.1	0.87
Ethyl alcohol, 40 %	.....	0.94	Trichloroethylene	131.4	1.46
Ethyl benzene	106.1	0.87	Vinyl acetate	86.1	0.93
Ethyl bromide	108.9	1.43	Water	18.0	1.0
Ethyl chloride	64.5	0.92	Xylene, ortho	106.1	0.87
Ethyl ether	74.1	0.71	Xylene, meta	106.1	0.86
Ethyl formate	74.1	0.92	Xylene, para	106.1	0.86

* At approximately 68°F. These values will be satisfactory, without extrapolation, for most engineering problems.

Tabel 5 hal 801

tabel 10 hal 843

TABLE 5. THERMAL CONDUCTIVITIES OF GASES AND VAPORS*

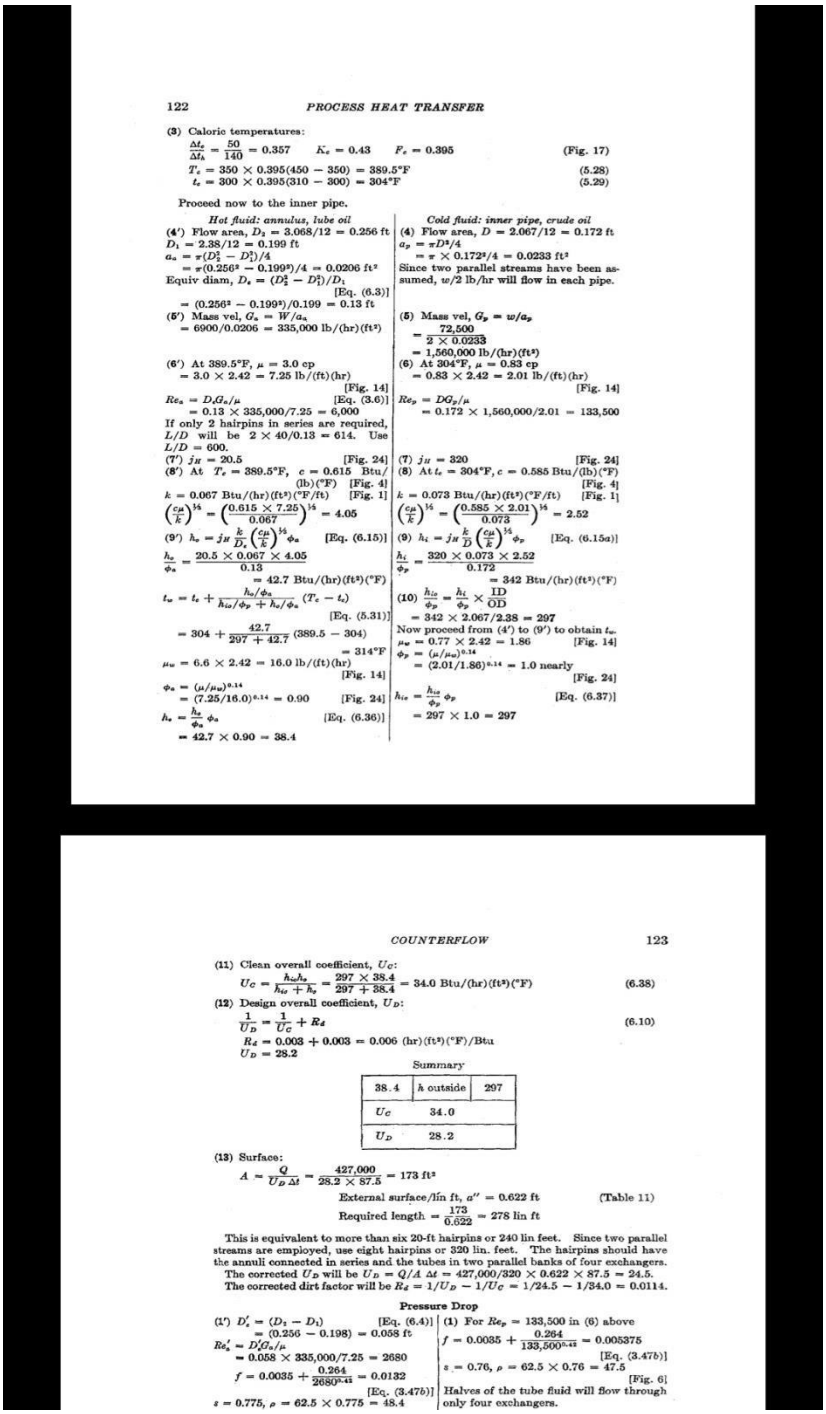
k = Btu/(hr)(ft²)(°F/ft)

The extreme temperature values given constitute the experimental range. For extrapolation to other temperatures, it is suggested that the data given be plotted as log k vs. log T or that use be made of the assumption that the ratio c_p/k is practically independent of temperature (or of pressure, within moderate limits).

Substance	°F	k	Substance	°F	k
Acetone	32	0.0037	Dichlorodifluoromethane	32	0.0048
	115	0.0074		122	0.0064
	212	0.0099		212	0.0080
	363	0.0147		302	0.0097
Acetylene	−103	0.0068	Ethane	−94	0.0066
	32	0.0108		−29	0.0086
	122	0.0140		32	0.0106
	212	0.0172		212	0.0175
Air	−148	0.0095	Ethyl acetate	115	0.0072
	32	0.0140		212	0.0096
	212	0.0183		363	0.0141
	392	0.0226	Alcohol	68	0.0089
	572	0.0265		212	0.0124
Ammonia	−76	0.0095	Chloride	32	0.0055
	32	0.0128		212	0.0095
	122	0.0157		363	0.0135
	212	0.0185		413	0.0152
			Ether	32	0.0077
Benzene	32	0.0052		115	0.0099
	115	0.0073		212	0.0131
	212	0.0103		363	0.0189
	363	0.0152		413	0.0209
	413	0.0176	Ethylene	−96	0.0064
Butane (n-)	32	0.0078		32	0.0101
	212	0.0135		122	0.0131
(iso-)	32	0.0080		212	0.0161
	212	0.0139			
Carbon dioxide	−58	0.0068	Heptane (n-)	392	0.0112
	32	0.0085		212	0.0103
	212	0.0133	Hexane (n-)	32	0.0072
	392	0.0181		68	0.0080
	572	0.0228	Hexene	32	0.0061
Disulphide	32	0.0040		212	0.0109
	45	0.0042	Hydrogen	−148	0.065
Monoxide	−312	0.0041		−58	0.083
	−294	0.0046		32	0.100
	32	0.0135		122	0.115
Tetrachloride	115	0.0041		212	0.129
	212	0.0052		572	0.178
	363	0.0065	Hydrogen and carbon dioxide	32	
Chlorine	32	0.0043	0 % H_2	.....	0.0083
Chloroform	32	0.0038	20 %	.....	0.0165
	115	0.0046	40 %	.....	0.0270
	212	0.0058	60 %	.....	0.0410
	363	0.0077	80 %	.....	0.0620
Cyclohexane	216	0.0095	100 %	.....	0.10

TABLE 10. HEAT EXCHANGER AND CONDENSER TUBE DATA

Tube OD, in.	BWG	Wall thickness, in.	ID, in.	Flow area per tube, in.²	Surface per lin ft, ft²		Weight per lin ft, lb steel
					Outside	Inside	
¾	12	0.109	0.282	0.0625	0.1309	0.0748	0.493
	14	0.083	0.334	0.0876		0.0874	0.403
	16	0.065	0.370	0.1076		0.0969	0.329
	18	0.049	0.402	0.127		0.1052	0.258
	20	0.035	0.430	0.145		0.1125	0.190
¾	10	0.134	0.482	0.182	0.1963	0.1263	0.965
	11	0.120	0.510	0.204		0.1335	0.884
	12	0.109	0.532	0.223		0.1393	0.817
	13	0.095	0.560	0.247		0.1466	0.727
	14	0.083	0.584	0.268		0.1529	0.647
	15	0.072	0.606	0.289		0.1587	0.571
	16	0.065	0.620	0.302		0.1623	0.520
	17	0.058	0.634	0.314		0.1660	0.469
	18	0.049	0.652	0.334		0.1707	0.401
1	8	0.165	0.670	0.355	0.2618	0.1754	1.61
	9	0.148	0.704	0.389		0.1843	1.47
	10	0.134	0.732	0.421		0.1916	1.36
	11	0.120	0.760	0.455		0.1990	1.23
	12	0.109	0.782	0.479		0.2048	1.14
	13	0.095	0.810	0.515		0.2121	1.00
	14	0.083	0.834	0.546		0.2183	0.890
	15	0.072	0.856	0.576		0.2241	0.781
	16	0.065	0.870	0.594		0.2277	0.710
	17	0.058	0.884	0.613		0.2314	0.639
	18	0.049	0.902	0.639		0.2361	0.545
1¼	8	0.165	0.920	0.665	0.3271	0.2409	2.09
	9	0.148	0.954	0.714		0.2496	1.91
	10	0.134	0.982	0.757		0.2572	1.75
	11	0.120	1.01	0.800		0.2644	1.58
	12	0.109	1.03	0.836		0.2701	1.45
	13	0.095	1.06	0.884		0.2775	1.28
	14	0.083	1.08	0.923		0.2839	1.13
	15	0.072	1.11	0.990		0.2896	0.991
	16	0.065	1.12	0.985		0.2932	0.900
	17	0.058	1.13	1.01		0.2969	0.808
	18	0.049	1.15	1.04		0.3015	0.688
1½	8	0.165	1.17	1.075	0.3925	0.3063	2.57
	9	0.148	1.20	1.14		0.3152	2.34
	10	0.134	1.23	1.19		0.3225	2.14
	11	0.120	1.26	1.25		0.3299	1.93
	12	0.109	1.28	1.29		0.3356	1.77
	13	0.095	1.31	1.35		0.3430	1.56
	14	0.083	1.33	1.40		0.3492	1.37
	15	0.072	1.36	1.44		0.3555	1.20
	16	0.065	1.37	1.47		0.3587	1.09
	17	0.058	1.38	1.50		0.3623	0.978
	18	0.049	1.40	1.54		0.3670	0.831



122 *PROCESS HEAT TRANSFER*

(3) Caloric temperatures:

$$\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} = \frac{50}{140} = 0.357 \qquad K_s = 0.43 \qquad F_s = 0.395 \qquad \text{(Fig. 17)}$$

$$T_s = 350 \times 0.395(450 - 350) = 389.5°\text{F} \qquad (5.28)$$

$$t_s = 300 \times 0.395(310 - 300) = 304°\text{F} \qquad (5.29)$$

Proceed now to the inner pipe.

Hot fluid: annulus, lube oil

(4′) Flow area, $D_2 = 3.068/12 = 0.256$ ft
$D_1 = 2.38/12 = 0.199$ ft
$a_a = \pi(D_2^2 - D_1^2)/4$
$= \pi(0.256^2 - 0.199^2)/4 = 0.0206$ ft²
Equiv diam, $D_e = (D_2^2 - D_1^2)/D_1$ [Eq. (6.3)]
$= (0.256^2 - 0.199^2)/0.199 = 0.13$ ft

(5′) Mass vel, $G_a = W/a_a$
$= 6900/0.0206 = 335{,}000$ lb/(hr)(ft²)

(6′) At 389.5°F, $\mu = 3.0$ cp
$= 3.0 \times 2.42 = 7.25$ lb/(ft)(hr) [Fig. 14]
$Re_a = D_e G_a/\mu$ [Eq. (3.6)]
$= 0.13 \times 335{,}000/7.25 = 6{,}000$
If only 2 hairpins in series are required, L/D will be $2 \times 40/0.13 = 614$. Use $L/D = 600$.

(7′) $j_H = 20.5$ [Fig. 24]

(8′) At $T_s = 389.5$°F, $c = 0.615$ Btu/(lb)(°F) [Fig. 4]
$k = 0.067$ Btu/(hr)(ft²)(°F/ft) [Fig. 1]

$$\left(\frac{c\mu}{k}\right)^{1/3} = \left(\frac{0.615 \times 7.25}{0.067}\right)^{1/3} = 4.05$$

(9′) $h_o = j_H \dfrac{k}{D_e}\left(\dfrac{c\mu}{k}\right)^{1/3}\phi_a$ [Eq. (6.15)]

$$\frac{h_o}{\phi_a} = \frac{20.5 \times 0.067 \times 4.05}{0.13} = 42.7 \text{ Btu/(hr)(ft²)(°F)}$$

$$t_w = t_s + \frac{h_o/\phi_a}{h_{io}/\phi_p + h_o/\phi_a}(T_s - t_s) \qquad \text{[Eq. (5.31)]}$$

$$= 304 + \frac{42.7}{297 + 42.7}(389.5 - 304)$$
$$= 314°\text{F}$$

$\mu_w = 6.6 \times 2.42 = 16.0$ lb/(ft)(hr) [Fig. 14]

$\phi_a = (\mu/\mu_w)^{0.14}$
$= (7.25/16.0)^{0.14} = 0.90$ [Fig. 24]

$h_a = \dfrac{h_o}{\phi_a}\phi_a$ [Eq. (6.36)]
$= 42.7 \times 0.90 = 38.4$

Cold fluid: inner pipe, crude oil

(4) Flow area, $D = 2.067/12 = 0.172$ ft
$a_p = \pi D^2/4$
$= \pi \times 0.172^2/4 = 0.0233$ ft²
Since two parallel streams have been assumed, $w/2$ lb/hr will flow in each pipe.

(5) Mass vel, $G_p = w/a_p$
$= \dfrac{72{,}500}{2 \times 0.0233}$
$= 1{,}560{,}000$ lb/(hr)(ft²)

(6) At 304°F, $\mu = 0.83$ cp
$= 0.83 \times 2.42 = 2.01$ lb/(ft)(hr) [Fig. 14]
$Re_p = DG_p/\mu$
$= 0.172 \times 1{,}560{,}000/2.01 = 133{,}500$

(7) $j_H = 320$ [Fig. 24]

(8) At $t_s = 304$°F, $c = 0.585$ Btu/(lb)(°F) [Fig. 4]
$k = 0.073$ Btu/(hr)(ft²)(°F/ft) [Fig. 1]

$$\left(\frac{c\mu}{k}\right)^{1/3} = \left(\frac{0.585 \times 2.01}{0.073}\right)^{1/3} = 2.52$$

(9) $h_i = j_H \dfrac{k}{D}\left(\dfrac{c\mu}{k}\right)^{1/3}\phi_p$ [Eq. (6.15a)]

$$\frac{h_i}{\phi_p} = \frac{320 \times 0.073 \times 2.52}{0.172} = 342 \text{ Btu/(hr)(ft²)(°F)}$$

(10) $\dfrac{h_{io}}{\phi_p} = \dfrac{h_i}{\phi_p} \times \dfrac{ID}{OD}$
$= 342 \times 2.067/2.38 = 297$

Now proceed from (4′) to (9′) to obtain t_w.

$\mu_w = 0.77 \times 2.42 = 1.86$ [Fig. 14]
$\phi_p = (\mu/\mu_w)^{0.14}$
$= (2.01/1.86)^{0.14} = 1.0$ nearly [Fig. 24]

$h_{io} = \dfrac{h_{io}}{\phi_p}\phi_p$ [Eq. (6.37)]
$= 297 \times 1.0 = 297$

(11) Clean overall coefficient, U_C:

$$U_C = \frac{h_{io}h_o}{h_{io} + h_o} = \frac{297 \times 38.4}{297 + 38.4} = 34.0 \text{ Btu/(hr)(ft²)(°F)} \qquad (6.38)$$

(12) Design overall coefficient, U_D:

$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{U_C} + R_d \qquad (6.10)$$

$R_d = 0.003 + 0.003 = 0.006$ (hr)(ft²)(°F)/Btu
$U_D = 28.2$

Summary

38.4	h outside	297
U_C	34.0	
U_D	28.2	

(13) Surface:

$$A = \frac{Q}{U_D \Delta t} = \frac{427{,}000}{28.2 \times 87.5} = 173 \text{ ft²}$$

External surface/lin ft, $a'' = 0.622$ ft (Table 11)

Required length $= \dfrac{173}{0.622} = 278$ lin ft

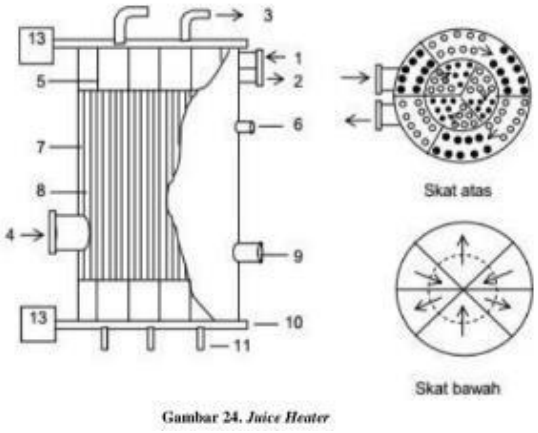
This is equivalent to more than six 20-ft hairpins or 240 lin feet. Since two parallel streams are employed, use eight hairpins or 320 lin. feet. The hairpins should have the annuli connected in series and the tubes in two parallel banks of four exchangers.
The corrected U_D will be $U_D = Q/A\ \Delta t = 427{,}000/320 \times 0.622 \times 87.5 = 24.5$.
The corrected dirt factor will be $R_d = 1/U_D - 1/U_C = 1/24.5 - 1/34.0 = 0.0114$.

Pressure Drop

(1′) $D_e' = (D_2 - D_1)$ [Eq. (6.4)]
$= (0.256 - 0.198) = 0.058$ ft
$Re_a' = D_e' G_a/\mu$
$= 0.058 \times 335{,}000/7.25 = 2680$
$f = 0.0035 + \dfrac{0.264}{2680^{0.42}} = 0.0132$
[Eq. (3.47b)]
$s = 0.775$, $\rho = 62.5 \times 0.775 = 48.4$

(1) For $Re_p = 133{,}500$ in (6) above
$f = 0.0035 + \dfrac{0.264}{133{,}500^{0.42}} = 0.005375$
[Eq. (3.47b)]
$s = 0.76$, $\rho = 62.5 \times 0.76 = 47.5$ [Fig. 6]
Halves of the tube fluid will flow through only four exchangers.

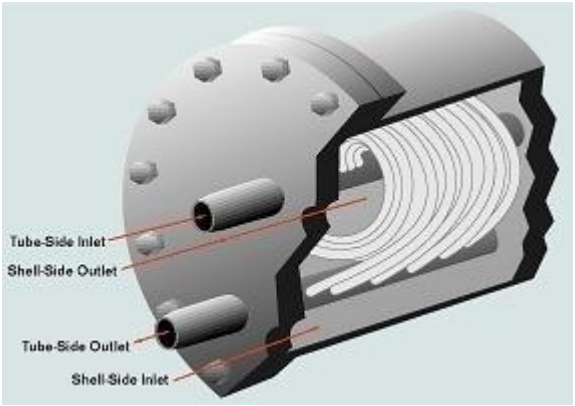
Ilustrasi Juice Heater



Gambar 24. *Juice Heater*

(Sumber: Laporan PKL politeknik LPP Yogyakarta)

ilustrasi bagian dalam



(Sumber: Artikel Teknologi)