



UNIVERSITAS INTERNASIONAL  
SEMEN INDONESIA

**SKRIPSI - CE12H746**

**REVIEW PROSES PRODUKSI BIOETANOL DARI KULIT PISANG**

**Oleh:**

**MELIYA RIZQI MIYONO**

**NIM: 2031710029**

**RINDI PUTRI WARSTYO**

**NIM: 2031710046**

**DOSEN PEMBIMBING**

**MALA HAYATI NASUTION, S.T., M.T.**

**OKKY PUTRI PRASTUTI, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA**

**UNIVERSITAS INTERNASIONAL SEMEN INDONESIA**

**TAHUN 2021**



**SKRIPSI – CE12H746**

**REVIEW PROSES PRODUKSI BIOETANOL DARI KULIT  
PISANG**

**Oleh :**

**MELIYA RIZQI MIYONO**

**NIM : 2031710029**

**RINDI PUTRI WARSTYO**

**NIM : 2031710046**

**DOSEN PEMBIMBING**

**MALA HAYATI NASUTION, S.T., M.T.**

**OKKY PUTRI PRASTUTI, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA**

**UNIVERSITAS INTERNASIONAL SEMEN INDONESIA**

**TAHUN 2021**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**REVIEW PROSES PRODUKSI BIOETANOL DARI KULIT  
PISANG  
SKRIPSI**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)  
pada  
Program Studi S-1  
Departemen Teknik Kimia  
Universitas Internasional Semen Indonesia**

Oleh:

- 1. Meliya Rizqi Miyono                      2031710029**
- 2. Rindi Putri Warsty                      2031710046**

**DEWAN PENGUJI**

- 1. Anni Rahmat, S.T.,M.T                      (Penguji )  
NIP. 8318300**
- 2. Abdul Halim, S.T., M.T.,P.hD              (Penguji )  
NIP. 2020026**



Disetujui oleh Tim Pembimbing Skripsi

- 1. Mala Hayati Nasution, S.T., M.T.              (Pembimbing )  
NIP. 8419315**
- 2. Okky Putri Prastuti, S.T., M.T.              (Co Pembimbing )  
NIP. 9116199**



Okky Prastuti  
Digitally signed by Okky Prastuti  
Date: 2021.02.24 12:13:00+07'00'

**Gresik, 24 Februari 2021**

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK  
KEPENTINGAN AKADEMIS

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Internasional Semen Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : 1. Meliya Rizqi Miyono  
2. Rindi Putri Warstyo  
NIM : 1. 2031710029  
2. 2031710046  
Departemen : Teknik Kimia  
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Internasional Semen Indonesia Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : **“REVIEW PROSES PRODUKSI BIOETANOL DARI KULIT PISANG”**

Dibuat di : Gresik  
Pada tanggal : 24 Februari 2021  
Yang menyatakan,

Penulis 1



(Meliya Rizqi Miyono)

Penulis 2



(Rindi Putri Warstyo)



HALAMAN PERNYATAAN ORISANILITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri  
dan semua sumber baik yang dikutip  
maupun dirujuk telah saya nyatakan  
dengan benar.**

**Nama : Meliya Rizqi Miyono**

**NIM : 2031710029**

**Tanda Tangan :** 

**Nama : Rindi Putri Warstyo**

**NIM : 2031710046**

**Tanda Tangan :** 

**Tanggal : 24 Februari 2021**





## **REVIEW PROSES PRODUKSI BIOETANOL DARI KULIT PISANG**

Nama : 1. Meliya Rizqi Miyono  
2. Rindi Putri Warstyo  
NIM : 1. 2031710029  
2. 2031710046  
Pembimbing : Mala Hayati Nasution, S.T., M.T.

### **ABSTRAK**

*Kulit dari buah pisang umumnya tidak diolah kembali oleh masyarakat sehingga hanya menjadi sampah dan meningkatkan pencemaran lingkungan. Pemanfaatan kulit pisang dapat meningkatkan nilai tambah kulit pisang dan mengurangi jumlah sampah, salah satunya mengolah kulit pisang menjadi bioetanol. Tujuan dari penelitian ini adalah : (i) Untuk mengetahui metode proses produksi bioetanol dari kulit pisang (ii) Untuk mengetahui proses penanganan awal kulit pisang menjadi bioetanol (iii) Untuk mengetahui pengaruh parameter temperatur, pH, waktu fermentasi, ragi pada produksi bioetanol dari kulit pisang. Secara umum metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan studi literatur yang relevan. Kesimpulan dari review proses produksi bioetanol dari kulit pisang adalah Proses produksi bioetanol kulit pisang terdiri dari tahapan proses pretreatment, hidrolisis, fermentasi dan distilasi. Proses penanganan awal yang optimum dalam produksi bioetanol kulit pisang adalah pretreatment alkali dan hidrolisis asam. Semakin tinggi kandungan karbohidrat, maka akan semakin tinggi kadar bioetanol yang dihasilkan. Ragi yang baik digunakan dalam proses fermentasi bioetanol adalah *Saccharomyces cerevisiae*. pH, temperatur, dan waktu yang baik digunakan dalam proses fermentasi secara berturut-turut berada pada rentang 3,4-7; 25-41°C; 30-192 jam.*

*kata kunci: bioetanol, fermentasi, jurnal, kulit pisang*



# ***REVIEW PRODUCTION PROCESS OF BIOETANOL FROM BANANA PEELS***

Name : 1. Meliya Rizqi Miyono  
2. Rindi Putri Warstyo  
Identity Number : 1. 2031710029  
2. 2031710046  
Advisor : Mala Hayati Nasution, S.T., M.T.

## ***ABSTRACT***

*Waste from banana peels generally not reprocessed by the community so that it only becomes garbage and increases environmental pollution. Utilization of banana peels can increase the added value of banana peels and reduce the amount of waste, one of which is processing banana peels into bioetanol. The objectives of this study were: (i) To determine the method of bioetanol production process from banana peels (ii) To determine the initial handling process of banana peels into bioetanol (iii) To determine the effect of parameters (temperature, pH, fermentation time, yeast) on bioetanol production from banana peel. In general, the method used in this research is to study the relevant literature. Conclusion review of bioethanol production process from banana peels is that the process of banana peel bioethanol production consists of the stages of the pretreatment, hydrolysis, fermentation and distillation processes. The optimum initial treatment processes in the production of banana peel bioethanol are alkaline pretreatment and acid hydrolysis. The higher the carbohydrate content, the higher the bioethanol content produced. A good yeast used in the bioethanol fermentation process is *Saccharomyces cerevisiae*. The pH, temperature, and time that are good for the fermentation process are in the range 3,4-7; 25-41 °C; 30-192 hours.*

*Keywords: banana peels, bioetanol, fermentation, journal*

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan Skripsi yang berjudul “*Review* Proses Produksi Bioetanol Dari Kulit Pisang”. Laporan ini dibuat sebagai prasyarat kelulusan di Program Sarjana Departemen Teknik Kimia, Universitas Internasional Semen Indonesia (UISI).

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

1. Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat yang telah diberikan.
2. Ibu Mala Hayati Nasution S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing 1 dan Ibu Okky Putri Prastuti S.T., M.T. sebagai pembimbing 2
3. Pak Anni Rahmat S.T., M.T. sebagai dosen penguji 1 dan Bapak Abdul Halim S.T., M.T., PhD
4. Kepala Departemen dan Dosen pengajar Departemen Departemen Teknik Kimia, Universitas Internasional Semen Indonesia (UISI) atas segala bantuan.
5. Orang tua , keluarga dan teman-teman ChE 03 atas segala dukungan, perhatian dan doa.
6. Teman, Saudara, adik kami mahasiswa Teknik Kimia UISI.

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

Gresik, 24 Februari 2021

Penulis



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS.....	iii
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan .....	5
1.4 Ruang Lingkup .....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 Bioetanol.....	6
2.2 Kulit Pisang.....	7
2.3 <i>Saccharomyces cereviseae</i> .....	9
2.4 <i>Yeast</i> .....	13
2.5 Hidrolisis .....	16
2.5.1 Hidrolisis Asam .....	17
2.5.2 Hidrolisa Enzimatis.....	18
2.6 Fermentasi.....	18
2.7 Distilasi .....	21
2.7.1 Distilasi Sederhana .....	21

2.7.2 Distilasi Fraksinasi .....	22
2.7.3 Distilasi Uap .....	22
2.7.4 Distilasi Vakum .....	23
<b>2.8 Statistika .....</b>	<b>23</b>
2.8.1 Definisi Statistika .....	23
2.8.2 Statistika Deskriptif.....	23
2.8.3 Statistika inferensi atau induktif .....	23
2.8.4 Pengolahan Data .....	24
2.8.5 Analisis Regresi .....	24
2.8.6 Anova .....	24
2.8.7 Penyajian Data .....	25
2.8.8 Penarikan Kesimpulan .....	25
<b>2.9 Penelitian Terdahulu.....</b>	<b>26</b>
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>58</b>
<b>3.1 Diagram Alir .....</b>	<b>58</b>
<b>3.2 Kriteria Pemilihan Jurnal .....</b>	<b>59</b>
<b>3.3 Variabel Penelitian .....</b>	<b>62</b>
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>64</b>
<b>4.1 Proses Pembuatan Bioetanol .....</b>	<b>64</b>
<b>4.2 Komposisi Kulit Pisang.....</b>	<b>67</b>
<b>4.3 Pretreatment .....</b>	<b>69</b>
<b>4.4 Hidrolisis.....</b>	<b>73</b>
<b>4.5 Fermentasi.....</b>	<b>77</b>
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>86</b>
<b>5.1 Kesimpulan.....</b>	<b>86</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>86</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xi</b>
<b>BIOGRAFI PENULIS.....</b>	<b>xvii</b>



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Bauran Energi Nasional Berdasarkan PP. No 79 Tahun 2014 .....	3
<b>Gambar 2.1</b> Struktur Molekul Bioetanol .....	8
<b>Gambar 2.2</b> Tanaman Pisang ( <i>Musa paradisiaca</i> ).....	9
<b>Gambar 2.3</b> <i>Saccharomyces cerevisiae</i> Perbesaran 10 x 40.....	11
<b>Gambar 2.4</b> Mekanisme Reaksi Hidrolisis Asam .....	17
<b>Gambar 2.5</b> Lintasan Embden-Meyerhof-Parnas .....	19
<b>Gambar 3.1</b> Flowchart Review Jurnal.....	57
<b>Gambar 4.1</b> Komponen Penyusun Lignoselulosa .....	65
<b>Gambar 4.2</b> Mekanisme Proses Pembuatan Bioetanol.....	67
<b>Gambar 4.3</b> Diagram Komposisi Karbohidrat Terhadap Kadar Bioetanol .....	69
<b>Gambar 4.4</b> Diagram Jumlah Ragi Terhadap Kadar Bioetanol .....	79
<b>Gambar 4.5</b> Hasil Regresi Linier Jumlah Ragi Terhadap Kadar Bioetanol .....	80
<b>Gambar 4.6</b> Kurva Regresi Uji t.....	81
<b>Gambar 4.7</b> Hasil Regresi Linier Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol .....	84
<b>Gambar 4.8</b> Kurva Regresi Uji t.....	84

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1</b> Negara dengan Emisi Gas Rumah Kaca terbesar di Dunia (ton/thn) .....	2
<b>Tabel 1.2</b> Komposisi Senyawa Kimia Pada Kulit Pisang .....	4
<b>Tabel 2.1</b> Komposisi Senyawa Kimia Pada Kulit Pisang .....	9
<b>Tabel 2.2</b> Review Jurnal Penelitian Terdahulu .....	26
<b>Tabel 3.1</b> Kriteria Pemilihan Jurnal .....	58
<b>Tabel 3.2</b> Variabel Penelitian Pada Penelitian Terdahulu .....	61
<b>Tabel 4.1</b> Review Komposisi Kulit Pisang .....	68
<b>Tabel 4.2</b> Review Pretreatment Pada Kulit Pisang .....	70
<b>Tabel 4.3</b> Review Proses Hidrolisis Pada Kulit Pisang .....	74
<b>Tabel 4.4</b> Review Ragi Yang Digunakan Pada Proses Fermentasi Kulit Pisang..	77
<b>Tabel 4.5</b> Penyetaraan Jumlah ragi terhadap Kadar Bioetanol .....	77
<b>Tabel 4.6</b> Review Waktu Proses Fermentasi Bioetanol dari Kulit Pisang .....	81
<b>Tabel 4.7</b> Penyetaraan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol .....	83



## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Saat ini minyak dan gas bumi merupakan sumber energi utama di dunia, termasuk di Indonesia. Kebutuhan energi di dunia dipenuhi oleh (i) minyak dan gas sebesar 63%; (ii) batu bara sebesar 27%; (iii) dan energi nuklir sebesar 7% (Sunarya, 2017). Hingga tahun 2030 kebutuhan energi dunia diperkirakan mencapai 16,6 Miliar Toe (*tonnes of oil equivalent/ton* setara minyak) (Sunarya, 2017). Peningkatan tersebut akan menyebabkan penurunan cadangan minyak dan gas bumi.

Pembakaran bahan bakar fosil seperti minyak dan gas bumi dapat menyebabkan efek rumah kaca. Menurut Pinontoan dan Sumampouw, 2019, efek rumah kaca merupakan fenomena ketika atmosfer bumi berfungsi seperti atap kaca pada sebuah rumah kaca. Sinar matahari dapat menembus masuk, tetapi panas sinar matahari tidak dapat keluar dari atmosfer. Menurut Mukono, 2018, Indonesia merupakan negara ketiga penghasil emisi gas rumah kaca terbesar di dunia. Hal tersebut ditampilkan pada Tabel 1.1. Berdasarkan Tabel 1.1, emisi gas rumah kaca terbesar di Indonesia berturut-turut berasal dari sektor hutan, energi, pertanian dan limbah. Sektor energi adalah sektor pemanfaatan bahan bakar sebagai sumber energi. Oleh karena itu, pengembangan energi alternatif yang ramah lingkungan diperlukan.

**Tabel 1.1** Negara dengan Emisi Gas Rumah Kaca terbesar di Dunia (ton/thn)

Sumber emisi	Amerika Serikat	China	Indonesia	Brazil	Russia	India
Energi	5.752	3.720	275	303	1.527	1.051
Pertanian	442	1171	141	598	118	442
Hutan	403	47	2.563	1.372	54	40
Limbah	213	174	35	43	46	124
Total	6.005	5.017	3.014	2.316	1.745	1.577

Sumber : Mukono, 2018.

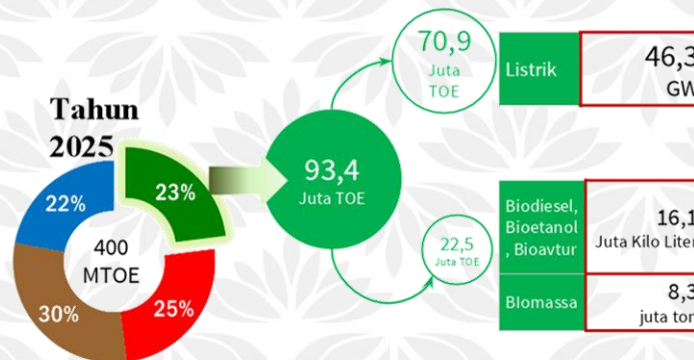
Energi alternatif yang ramah lingkungan adalah energi yang berasal dari sumberdaya baru dan terbarukan. Bahan bakar yang merupakan energi alternatif disebut biofuel. Menurut Jin dan Sutherland, 2016, penggunaan biofuel secara konsisten dan stabil diproyeksikan dapat mengurangi emisi gas karbondioksida sebesar 2,1 Giga ton per hingga tahun 2050.

Salah satu contoh biofuel adalah bioetanol. Bioetanol dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan. Menurut Prihandana dan Hendroko, 2007, bioetanol mempunyai nilai oktan lebih tinggi (RON 104) dibandingkan bensin (RON 95). Penambahan bioetanol pada bensin dapat meningkatkan nilai oktan serta kinerja mesin. Campuran bioetanol dan bensin disebut gasohol. Penggunaan gasohol dapat mempertahankan busi tetap bersih karena proses pembakaran yang lebih sempurna dibandingkan dengan bensin serta menurunkan kadar emisi gas yang berbahaya bagi lingkungan.

Penggunaan gasohol diatur oleh pemerintah melalui SK Dirjen Minyak dan Gas Bumi No. 3674K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006 tentang penggunaan bioetanol sebagai campuran bensin maksimal 10% (memproduksi gasohol E10). Pemerintah Indonesia menyusun pedoman pengelolaan energi melalui peraturan pemerintah No. 79 Tahun 2014 Tentang Kebijakan Energi Nasional. Pedoman tersebut disusun untuk mewujudkan kemandirian dan ketahanan energi sebagai sistem pendukung proses pembangunan nasional. Salah satu pedoman pada PP No.79 Tahun 2014 adalah pengembangan energi terbarukan. Target bauran energi berdasarkan PP No. 79 Tahun 2014 disampaikan pada Gambar 1.1. Menurut Gambar tersebut, target energi baru dan terbarukan pada Tahun 2025 adalah 23%. Berdasarkan data Dewan Energi Nasional, pemanfaatan energi baru dan terbarukan tersebut terdiri dari 55,9% listrik, 2,4% biofuel, 1,5% biomassa, 87,7% biogas, dan 8,2% CBM



Penyediaan EBT 2025



Sumber : Kementerian ESDM Republik Indonesia, 2014

Gambar 1.1 Bauran Energi Nasional Berdasarkan PP. No 79 Tahun 2014

Salah satu sumber daya alam di Indonesia yang potensial dalam pengembangan bioetanol adalah kulit pisang (*Musa paradisiaca*). Luas lahan tanaman pisang di Indonesia sebesar 94.000 hektar dengan kapasitas produksi sebesar 7.300.000 ton (Badan Pusat Statistik, 2016). Kulit dari buah pisang umumnya tidak diolah kembali oleh masyarakat sehingga hanya menjadi sampah dan meningkatkan pencemaran lingkungan. Pemanfaatan kulit pisang dapat meningkatkan nilai tambah kulit pisang dan mengurangi jumlah sampah. Menurut Kementerian Industri Republik Indonesia, salah satu industri yang memanfaatkan pisang sebagai bahan baku produknya adalah BURNO SARI, UD yang terletak di Kabupaten Lumajang. Kulit dari buah pisang tidak diolah kembali oleh pihak industri sehingga menjadi sampah dan meningkatkan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu perlu pemanfaatan kulit pisang agar meningkatkan nilai tambah kulit pisang dan mengurangi jumlah sampah.

Menurut Kumalaningsih, 2014, komposisi kulit pisang disampaikan pada Tabel 1.2. Berdasarkan Tabel tersebut kandungan karbohidrat pada kulit pisang adalah 59%. Menurut Bashir, 2016, biomassa lignoselulosa dikarakterisasi menjadi kandungan karbohidrat sebagai syarat untuk pembuatan etanol. Berdasarkan hal tersebut, kulit pisang mengandung karbohidrat yang memiliki potensi pada proses produksi etanol.

**Tabel 1.2** Komposisi Senyawa Kimia Pada Kulit Pisang

Unsur	Jumlah
Air	68,9 g
Karbohidrat	18,50 g
Lemak	2, 11 g
Protein	0, 32 g
Kalsium	715 mg
Fosfor	117 mg
Besi	1,6 mg
Vitamin A	
Vitamin B	0,12 mg
Vitamin C	17,5 mg

Sumber : Kumalaningsih, 2014.

Penelitian review proses produksi bioetanol dari kulit pisang dilakukan untuk menyusun review pada proses produksi bioetanol dari kulit pisang. Review tersebut terkait penanganan awal bahan baku, jenis bahan baku, proses, kondisi operasi dan penanganan akhir. Review tersebut dilakukan berdasarkan literatur yang relevan.

### 1.2 Rumusan Masalah

Beberapa hal yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian review proses produksi bioetanol dari kulit pisang adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana metode proses produksi bioetanol dari kulit pisang?
2. Bagaimana proses penanganan awal kulit pisang menjadi bioetanol?
3. Bagaimana pengaruh temperatur, pH, waktu fermentasi dan ragi *Saccharomyces cerevisiae* pada proses produksi bioetanol dari kulit pisang ?

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian review proses produksi bioetanol dari kulit pisang adalah :



1. Untuk mengetahui metode proses produksi bioetanol dari kulit pisang.
2. Untuk mengetahui proses penanganan awal kulit pisang menjadi bioetanol.
3. Untuk mengetahui pengaruh parameter temperatur, pH, waktu fermentasi dan ragi *Saccharomyces cerevisiae* pada proses produksi bioetanol dari kulit pisang.

#### **1.4 Ruang Lingkup**

Ruang lingkup dari review proses produksi bioethanol dari kulit pisang adalah sebagai berikut :

1. Bahan baku yang digunakan adalah kulit pisang.
2. Ragi yang digunakan adalah *Saccharomyces cerevisiae* .
3. Proses review dilakukan melalui studi literatur berupa buku dan jurnal yang relevan



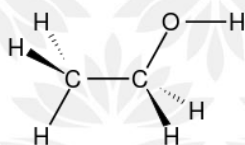
## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Bioetanol

Ethanol ( $C_2H_5OH$ ) atau biasa disebut dengan etil alkohol, merupakan senyawa yang mudah larut dalam air, eter, aseton, benzene dan semua pelarut organik, tidak berwarna dan dapat terurai secara hayati (biodegradable). Etanol memiliki toksisitas rendah dan tidak menimbulkan polusi udara yang besar bila terjadi kebocoran. Etanol yang terbakar menghasilkan karbondioksida ( $CO_2$ ) dan air (Skardogautama,2009). Gugus hidroksil dalam etanol sangat mempengaruhi sifat kimia dan fisis etanol. Etanol dan air dapat membentuk larutan azeotrope pada tekanan  $> 0,144$  bar. Etanol banyak digunakan sebagai pelarut untuk sintesis senyawa organik lainnya, bakterisida, minuman, antibeku, dan bahan bakar. Etanol sebagai pelarut banyak digunakan dalam industri farmasi, kosmetika, dan resin maupun laboratorium (Bahri,2018)

Bioetanol adalah cairan biokimia yang diperoleh dari proses fermentasi biomassa yang mengandung gula, pati dan selulosa dengan bantuan mikroorganisme. Produksi bioetanol dilakukan dengan proses pengubahan karbohidrat menjadi gula atau glukosa melalui berbagai metode, antara lain hidrolisis asam dan metode enzimatik. Hidrolisis enzimatik adalah metode yang lebih umum digunakan karena lebih ramah lingkungan daripada katalis asam. Glukosa yang diperoleh akan dilakukan proses fermentasi dengan menambahkan *yeast* sehingga diperoleh bioetanol. Bioetanol memiliki rumus molekul  $C_2H_5OH$  dengan rumus bangun  $CH_3-CH_2-OH$ . Akan tetapi etanol sering ditulis dengan EtOH (*etil alcohol*) (Lily,2018).



Sumber : Wusnah, 2017.

**Gambar 2.1** Struktur Molekul Bioetanol



Tumbuhan yang berpotensi menghasilkan bioetanol antara lain nira, tumbuhan bertepung atau tumbuhan selulosa. Bahan baku yang dapat digunakan antara lain (UKM,2009):

1. Bahan yang mengandung glukosa , bahan ini dapat ditemukan pada tetes tebu/molases, nira aren, nira kelapa, nira tebu, sari buah-buahan
2. Bahan yang mengandung pati atau karbohidrat. Bahan ini dapat ditemukan pada umbi-umbian seperti sagu, singkong, ketela, gaplek, ubi jalar, talas, dan ganyong, jagung, padi.
3. Bahan yang mengandung selulosa. Selulosa dapat ditemukan dalam serat, seperti serat kayu, serat tandan kosong kelapa sawit, serat pisang, serat nanas, ampas tebu. (UKM,2009)

Bioetanol memiliki keunggulan dibandingkan dengan bensin, antara lain: (1) Bioetanol aman digunakan sebagai bahan bakar (2) titik nyala etanol tiga kali lebih tinggi dari bensin; (3) mengurangi emisi hidrokarbon; . Sementara itu, kekurangan bioetanol adalah: (1) Sulit untuk dinyalakan saat mesin dingin. (2) bioetanol bereaksi dengan logam seperti magnesium dan aluminium; (3) emisi nitrogen oksida yang tinggi (Setiawati, 2013).

## **2.2 Kulit Pisang**

Pisang memiliki nama latin *Musa paradisiacal* merupakan salah satu jenis buah-buahan tropis yang banyak tumbuh di Indonesia. Tanaman pisang ditampilkan pada Gambar 2.2. Tanaman ini memiliki dua jenis batang yaitu batang sejati dan batang semu. Batang sejati berupa umbi batang (Jawa: *bonggol*) yang berada di dalam tanah. Tanaman pisang memiliki batang sejati yang bersifat keras dengan titik tumbuh (mata tunas). Batang semu berupa bagian yang berdiri tegak menyerupai batang yang terdiri atas pelepah-pelepah daun panjang (kelopak daun) yang saling membungkus dan menutupi, terlihat kokoh dan kompak seperti batang. Ketinggian dari batang semu pisang yaitu 3-8 m, bergantung pada jenis pisang atau varietasnya (Suwandi,2016).

Pisang akan mulai berbuah setelah berusia sekitar 1 tahun, dan dapat dipanen setelah  $\pm 80$  hari. Akan tetapi tanaman pisang hanya akan berbuah

satu kali, karena tanaman pisang hanya menghasilkan satu tandan pisang, dan akan mati setelah pisang dipanen (Bambang, 2009) Budidaya buah pisang saat ini tidak hanya dilakukan secara sederhana hanya di pekarangan/kebun rumah, tetapi telah dilakukan secara intensif terutama pisang untuk keperluan ekspor (Suwandi,2016).

Klasifikasi tanaman pisang (*Musa paradisiaca*) sebagai berikut

(Kementerian Pertanian RI,2019) :

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Super Divisi	: Spermatophyta
Kelas	: Liliopsida
Ordo	: Zingiberales
Famili	: Musaceae
Spesies	: <i>Musa paradisiaca</i>



Sumber : Britannica, 2020

**Gambar 2.2** Tanaman pisang (*Musa paradisiaca*)

Menurut penelitian pada kumalaningsih, 2014 komposisi senyawa kimia *Musa sapientum* disampaikan pada Tabel 2.1. berdasarkan Tabel tersebut, komposisi yang dominan adalah kalsium, fosfor dan air.

**Tabel 2.1** Komposisi senyawa kimia pada kulit pisang (Benjamin, 2009)



Unsur	Jumlah
Air	68,9 g
Karbohidrat	18,50 g
Lemak	2, 11 g
Protein	0, 32 g
Kalsium	715 mg
Fosfor	117 mg
Besi	1,6 mg
Vitamin A	
Vitamin B	0,12 mg
Vitamin C	17,5 mg

Sumber : Kumalaningsih, 2014.

Berdasarkan data diatas dapat diketahui bahwa kulit pisang mengandung serat dan karbohidrat yang cukup tinggi sehingga dapat dimanfaatkan untuk pembuatan etanol. Menurut Bashir (2016) biomassa ligniselulosa dikarakterisasi menjadi kandungan karbohidrat sebagai syarat untuk pembuatan etanol. Biomassa tersusun atas selulosa (40-50%), hemiselulosa (25-35 %) dan lignin (15-20%). Pada proses produksi bioetanol terdapat beberapa tahap koversi biomassa ligniselulosa menjadi etanol yaitu melakukan pretreatmen pada kulit pisang sehingga terbentuk selulosa kemudian melakukan hidrolisis untuk memecah glukosa pada selulosa kemudian melakukan proses fermentasi untuk menghasilkan etanol.

### 2.3 *Saccharomyces cerevisiae*

Alkohol dapat diproduksi dari beberapa bahan secara fermentasi dengan bantuan mikroorganisme, sebagai penghasil enzim zimosa yang mengkatalis reaksi biokimia pada perubahan substrat organik. Mikroorganisme yang dapat digunakan untuk fermentasi terdiri dari yeast (ragi), khamir, jamur, dan bakteri. Mikroorganisme tersebut tidak mempunyai klorofil, tidak mampu memproduksi makanan melalui fermentasi, dan menggunakan substrat organik untuk sebagai makanan. *Saccharomyces cerevisiae* lebih banyak digunakan untuk produksi alkohol secara komersial dibandingkan dengan bakteri dan jamur. Hal ini karena *Saccharomyces cerevisiae* dapat memproduksi alkohol dalam jumlah besar dan

mempunyai toleransi pada kadar alkohol yang tinggi. Kadar alkohol yang dihasilkan sebesar 8-20% pada kondisi optimum. *Saccharomyces cerevisiae* bersifat stabil, tidak berbahaya atau menimbulkan racun, mudah di dapat dan malah mudah dalam pemeliharaan. Bakteri tidak banyak digunakan untuk memproduksi alkohol secara komersial, karena kebanyakan bakteri tidak dapat tahan pada kadar alkohol yang tinggi (Ardhiany, 2019).

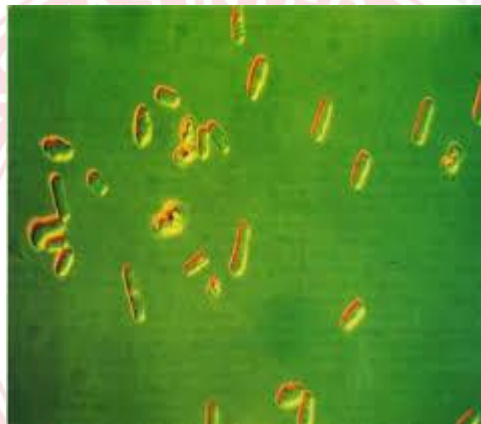
*Saccharomyces* adalah genus dalam kerajaan jamur yang mencakup banyak jenis ragi. *Saccharomyces* berasal dari Bahasa Latin yang berarti gula jamur. *Saccharomyces* merupakan mikroorganisme bersel satu, tidak berklorofil, dan termasuk dalam kelompok *Eumycetes*. *Saccharomyces cerevisiae* merupakan khamir sejati tergolong dalam eukariot yang secara morfologi hanya membentuk blastospora berbentuk bulat lonjong, silindris, oval atau bulat telur yang dipengaruhi oleh strain *Saccharomyces cerevisiae* ditunjukkan pada Gambar 2.2. *Saccharomyces cerevisiae* dapat berkembang biak dengan membelah diri melalui “budding cell”. Reproduksi *Saccharomyces cerevisiae* dapat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan serta jumlah nutrisi yang tersedia bagi pertumbuhan sel. Tampilan secara makroskopik *Saccharomyces cerevisiae* memiliki bentuk koloni bulat, berwarna kuning muda, memiliki permukaan yang berkilau, licin, tekstur lunak dan memiliki sel bulat dengan askospora 1-8 buah (Ahmad, 2005).

Taksonomi *Saccharomyces* spp. sebagai berikut (Ahmad, 2005) :

Super Kingdom : Eukaryota  
Phylum : Fungi  
Subphylum : Ascomycota  
Class : Saccharomycetes  
Order : Saccharomycetales  
Family : Saccharomycetaceae  
Genus : *Saccharomyces*  
Species : *Saccharomyces cerevisiae*



*Saccharomyces cerevisiae* tumbuh baik pada temperatur 30°C dan pH 4,8. Beberapa kelebihan *Saccharomyces cerevisiae* dalam proses fermentasi yaitu mikroorganisme ini cepat berkembang biak, tahan terhadap kadar alkohol yang tinggi (12-18 % abv), tahan terhadap temperatur yang tinggi, mempunyai sifat stabil dan cepat beradaptasi dengan lingkungannya (Taufik, 2012). Khamir dapat berkembang biak dalam gula sederhana seperti glukosa, maupun gula kompleks disakarida yaitu sukrosa (Marx,1991). Selain itu, untuk menunjang kebutuhan hidup *Saccharomyces cerevisiae* diperlukan oksigen, karbohidrat, dan nitrogen. Pada uji fermentasi gula-gula *Saccharomyces cerevisiae* memiliki reaksi positif pada gula dekstrosa, galaktosa, sukrosa, maltosa, rafinosa, trehalose dan negatif pada gula laktosa (Ahmad, 2005)



Sumber: Ahmad, 2005

**Gambar 2.3** *Saccharomyces cerevisiae* perbesaran 10 x 40

*Saccharomyces cerevisiae* ini mampu memfermentasi gula heksosa, seperti D-glucose, D-fructose, dan D-mannose. glukosa lain dapat difermentasi oleh sebagian besar strain *Saccharomyces cerevisiae* termasuk sukrosa, maltosa, maltotriosa, xilulosa dan D-galaktosa, sementara itu dekstrin dan pati hanya dapat difermentasi oleh varietas khusus dari *Saccharomyces cerevisiae* (*Saccharomyces diastolicus*), laktosa tidak dapat difermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae*. Salah satu ciri khas dari *Saccharomyces cerevisiae* yaitu toleransi terhadap etanol dengan konsentrasi tinggi. Secara umum *Saccharomyces cerevisiae* dapat tumbuh pada media yang mengandung 8-12% etanol (v/v) dan dapat bertahan pada konsentrasi alkohol 15%. Fermentasi glukosa dapat menghasilkan konsentrasi etanol sekitar

12%. Sensitivitas *Saccharomyces cerevisiae* terhadap etanol meningkat pada temperatur > 30°C atau <10 °C. Selama proses fermentasi etanol, temperatur meningkat 5–10°C seiring dengan penurunan pertumbuhan sel dan meningkatnya produktivitas etanol. Strain *Saccharomyces cerevisiae* dapat tumbuh pada temperatur antara 5°C-40°C, temperatur optimal untuk laju pertumbuhan maksimum yaitu pada rentang 25-35°C (Stewart, 2014).

*Saccharomyces cerevisiae* menyukai kondisi media yang sedikit asam dengan pH optimum antara 4,5 dan 6,5. *Saccharomyces cerevisiae* dapat hidup pada HCl dengan pH 1,6 ; H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dengan pH 1,7 dan pH 1,8-2,0 dalam asam organik akan tetapi tidak dapat berkembang dengan baik. Toleransi maksimum terhadap asam benzoat 100 mg kg<sup>-1</sup> pada pH 2,5–4,0 dan asam sorbat 200 mg kg<sup>-1</sup> pada pH 4.0. Hambatan pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* disebabkan oleh disfungsi permeabilitas membran sel oleh asam organik. Asam lain yang dapat menghambat pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* yaitu asam *p-coumaric* (100–250 ppm), asam ferulic (50–250 ppm), senyawa penghambat netral seperti *xylitol* (.5%), *tuberine*, dan antioksidan hidroksianisol butilasi, butilhidrokuinon tersier, dan propil galat (50-500 ppm) (Stewart, 2014).

Ragi roti hanya mengandung *Saccharomyces cerevisiae* yang telah mengalami seleksi, dan hibridasi untuk meningkatkan proses fermentasi gula dengan baik dalam media dan mampu tumbuh dengan cepat. Ragi tape terdiri dari kapang (*Amylomyces sp.*, *Rhizopus sp.*, *Mucor sp.*, *Aspergillus sp.*), khamir (*Saccharomyces cerevisiae*, *Hanseula sp.*, *Hyphopichia burtonii*, *Debaromyces vanriji var. vanriji*, *Schwanniomyces occidentalis*, *Endomycopsis sp.*, dan *Candida*) dan bakteri (*Bacillus sp.*, *Streptococcus sp.* dan *Enterobacteriaceae*). Glukosa dari proses sakarifikasi akan digunakan oleh *Saccharomyces cerevisiae* untuk proses metabolisme menghasilkan alkohol dan asam-asam organik. *Saccharomyces cerevisiae* memproduksi enzim zimase dan invertase yang berfungsi dalam konversi glukosa menjadi alkohol (Kurniawan,2014)

#### **2.4 Yeast**

*Yeast* merupakan mikroorganisme yang termasuk dalam fungi uniseluler yang berperan dalam fermentasi. *Yeast* mengandung mikroorganisme yang



melakukan fermentasi dan media biakan bagi mikroorganisme tersebut. Media tumbuh yeast ini dapat berbentuk cairan nutrien. Yeast digunakan dalam industri pangan untuk membuat makanan dan minuman hasil fermentasi seperti acar, roti dan bir. Yeast berkembang biak melalui proses pertunasan, yang menyebabkan terjadinya peragian. Yeast merupakan bahan pengembang adonan dengan memproduksi gas karbondioksida (Mudjajanto dan Yulianti 2004).

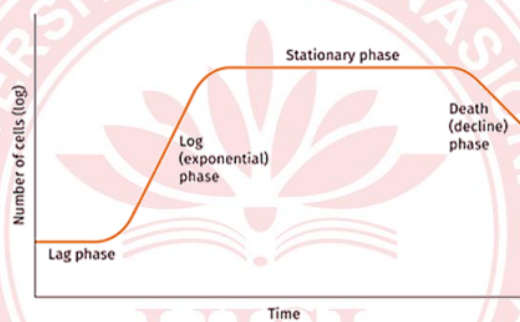
Menurut US.Wheat Assosiates (1981) yeast terdiri dari sejumlah kecil enzim, termasuk protease, invertase, maltase dan zymase. *Saccharomyces cerevisiae* memiliki beberapa enzim yang mempunyai fungsi penting yaitu invertase, peptidase dan zimase. Enzim yang penting dalam yeast adalah invertase, maltase dan zimase. Enzim invertase dalam yeast bertanggung jawab terhadap awal aktivitas fermentasi. Enzim ini mengubah sukrosa yang terlarut dalam air menjadi gula sederhana yang terdiri atas glukosa dan fruktosa. Gula sederhana kemudian dipecah menjadi karbondioksida dan alkohol. Enzim amilase yang terdapat dalam tepung mampu memproduksi maltose yang dapat dikonsumsi oleh yeast sehingga fermentasi terus berlangsung. Enzim zimase mengubah invert sugar dan dekstrosa menjadi gas karbondioksida yang akan menyebabkan adonan menjadi mengembang dan terbentuk alkohol. Enzim zimase merupakan biokatalis yang digunakan dalam proses pembuatan roti. Enzim zimase dapat mengubah glukosa dan fruktosa menjadi CO<sub>2</sub> dan alkohol. Penambahan enzim zimase dilakukan pada proses peragian pengembangan adonan roti. Yeast ditambahkan kedalam adonan roti sehingga glukosa dalam adonan roti akan terurai menjadi etil alkohol dan karbondioksida. Proses penguraian ini berlangsung dengan bantuan enzim zimase terdapat pada yeast.

Ragi dibedakan menjadi tiga jenis yaitu (Mudjajanto,2009) :

1. *Compressed Yeast*. Jenis ragi tersebut mengandung 70% kadar air. Ragi jenis ini harus disimpan pada temperatur rendah, agar kemampuan dalam pembentukan gas terjaga. Penyimpanan terbaik ragi jenis ini pada temperatur 1° C.

2. *Active dry yeast*. Jenis ragi tersebut mengandung kadar air 7,5% - 9%. Sebelum dipakai ragi harus direndam air terlebih dahulu dengan perbandingan 4:1 (4 Kg air: 1 Kg dry yeast) selama  $\pm 10$  menit.
3. *Instant dry yeast*. Ragi jenis ini hampir sama dengan *active dry yeast*., ragi ini tidak perlu direndam terlebih dahulu sebelum digunakan. Jika bungkus sudah dibuka, ragi tersebut harus segera digunakan

Kurva pertumbuhan mikroba ditunjukkan pada Gambar 2.4. berdasarkan Gambar tersebut fase pertumbuhan mikroba terdiri dari 4 tahap yaitu fase lag, fase log, fase stasioner dan fase kematian. Dengan melihat kurva pertumbuhan akan memudahkan untuk mengetahui kecepatan pertumbuhan sel dan pengaruh lingkungan terhadap kecepatan pertumbuhan bakteri.



Sumber : Yeoman, 2020.

**Gambar 2.4** Kurva Pertumbuhan Mikroba

Uraian kurva pertumbuhan mikroba disampaikan sebagai berikut :

1. Fase lag (Adaptasi), yaitu fase penyesuaian mikroba ( mikroorganisme) dengan lingkungan yang baru. Sel mikroba membentuk enzim untuk melakukan sintesis nutrisi yang terdapat pada media sehingga pada fase ini hanya terjadi penambahan ukuran sel mikroorganisme tanpa ada peningkatan jumlah sel. Lama fase adaptasi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya:
  - a. Medium dan lingkungan pertumbuhan jika medium dan lingkungan pertumbuhan sama seperti medium dan lingkungan awal maka tidak diperlukan waktu adaptasi. Tetapi jika nutrient yang tersedia dan kondisi



lingkungan yang baru berbeda dengan sebelumnya, diperlukan waktu penyesuaian untuk mensintesa enzim-enzim.

- b. Jumlah inokulum awal sel yang semakin tinggi akan mempercepat fase adaptasi. Fase adaptasi dapat berjalan lambat karena beberapa sebab, diantaranya: (1) kultur dipindahkan dari medium yang kaya nutrisi ke medium yang kandungan nutrisi terbatas, (2) mutan yang baru dipindahkan dari fase statis ke medium baru dengan komposisi sama seperti sebelumnya.
2. Fase log / pertumbuhan eksponensial, yaitu fase ketika sel-sel mikroorganisme mulai aktif membelah dan jumlah sel meningkat sampai batas tertentu (ketersediaan nutrisi). Pada fase ini dihasilkan metabolit primer. Pada fase ini kultur paling sensitif terhadap keadaan lingkungan. Akhir fase log, kecepatan pertumbuhan populasi menurun karena :
    - a. Nutrien di dalam medium sudah berkurang.
    - b. Adanya hasil metabolisme yang mungkin beracun atau dapat menghambat pertumbuhan mikroba.
  3. Fase stasioner, yaitu fase ketika suplai nutrisi dan energi yang dibutuhkan oleh sel mikroba mulai berkurang. Jumlah sel mikroba cenderung konstan dikarenakan mikroba sudah tidak aktif berkembang biak. Sel mikroba yang telah mati akan melepaskan peptida dan asam nukleat sebagai sumber nutrisi sel mikroba yang masih hidup untuk nutrisi pertumbuhan.
  4. Fase kematian, yaitu fase dimana sel mikroba mengalami penurunan jumlah sel dikarenakan banyak yang mati ataupun tidak aktif. Sel mikroba yang tersisa akan memasuki fase kematian dipercepat ada fase ini sebagian populasi mikroba mulai mengalami kematian karena beberapa sebab yaitu:
    - a. Nutrien di dalam medium sudah habis.
    - b. Energi cadangan di dalam sel habis. Kecepatan kematian bergantung pada kondisi nutrisi, lingkungan, dan jenis mikroba (Hamsiyati,2011).

## 2.5 Hidrolisis

Secara umum hidrolisis adalah pemecahan senyawa kimia menjadi dua atau lebih menjadi senyawa yang sederhana dengan mereaksikan dengan air (Modugu,2013). Pada setiap molekul amilosa terdapat 250 satuan glukosa atau lebih. Hidrolisis sempurna amilosa akan menghasilkan D-glukosa sedangkan untuk hidrolisis parsial amilosa akan menghasilkan maltosa sebagai satu-satunya disakarida. Pada satu molekul amilopektin mengandung 1000 satuan glukosa atau lebih. Pada hidrolisis sempurna amilopektin akan menghasilkan D-Glukosa, sedangkan untuk hidrolisis tidak sempurna amilopektin akan menghasilkan suatu campuran disakarida maltosa dan isomaltosa. Persamaan yang dihasilkan dalam reaksi hidrolisis pati adalah sebagai berikut :



Pati Maltosa



Maltosa Glukosa

Pada reaksi hidrolisis tepung diperlukan katalisator untuk mempercepat hidrolisis dikarenakan pada saat reaksi hidrolisis tepung terjadi sangat lambat. Katalisator yang biasa digunakan dalam reaksi hidrolisis tepung dapat berupa enzim atau asam (Modugu,2013).

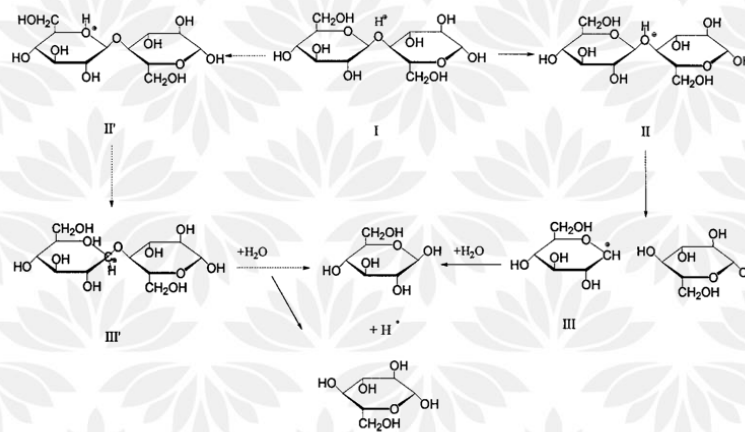


### 2.5.1 Hidrolisis Asam

Hidrolisis asam pada umumnya menggunakan asam kuat anorganik seperti HCl, HNO<sub>3</sub>, dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yang dipanaskan pada suhu mendidih dan dilakukan pada beberapa jam. Pada kegiatan industri asam-asam yang biasa digunakan adalah jenis asam klorida (HCl) karena pada saat proses reaksi garam yang terbentuk tidak berbahaya yaitu garam dapur (Goza, 2014). Asam klorida (HCl) memiliki sifat yang mudah menguap yang memudahkan dalam pemisahan dari produknya. Produk akhir asam klorida (HCl) menghasilkan produk yang berwarna terang (Balat, 2008).

Katalis HCl merupakan salah satu jenis oksidator kuat, murah, mudah didapat, serta lebih aman penggunaannya dibandingkan dengan jenis-jenis asam yang lain contohnya seperti HNO<sub>3</sub>. Penggunaan katalis HNO<sub>3</sub> saat hidrolisis akan terbentuk gas NO<sub>2</sub> yang berbahaya bagi kesehatan. Penggunaan jenis asam lain seperti H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sangat tidak efektif karena laju reaksi yang sangat lambat dibandingkan penggunaan katalis asam HCl (Balat, 2008).

Penggunaan asam kuat dengan konsentrasi rendah pada saat proses hidrolisis akan menghasilkan produk samping yang dapat menghambat dalam proses fermentasi. Penghambat yang potensial adalah senyawa Hidroksi Metil Furfural (HMF) (Fachry et al. 2013). Jumlah inhibitor yang terbentuk pada saat hidrolisis asam dipengaruhi oleh waktu, suhu, serta konsentrasi asam yang digunakan. Pada saat suhu dan tekanan yang tinggi, glukosa akan terdegradasi menjadi HMF. Inhibitor tersebut akan mengurangi hasil dan produktivitas mikroorganisme yang digunakan pada saat proses fermentasi karena bersifat toksik.



Sumber : Fachry dkk., 2013

**Gambar 2.4** Mekanisme Reaksi Hidrolisis Asam

### 2.5.2 Hidrolisis Enzimatis

Pengertian dari hidrolisis enzimatis adalah penguraian suatu polimer yang kompleks menjadi monomer penyusunnya dengan menggunakan enzim. Kemampuan enzim adalah untuk mengaktifkan senyawa lain secara spesifik serta meningkatkan kecepatan reaksi sehingga dalam proses hidrolisis akan lebih cepat dibandingkan dengan hidrolisis kimia (Bon, 2006). Keuntungan dalam penggunaan hidrolisis enzimatis dibandingkan dengan penggunaan hidrolisis asam adalah pada proses hidrolisis enzimatis tidak menyebabkan terjadi proses degradasi gula hasil dari hidrolisis, kondisi proses berada pada suhu rendah, pH netral, memiliki potensi memberikan hasil fermentasi alkohol dengan kemurnian yang relatif tinggi, dan biaya dari proses hidrolisis yang lebih murah karena tidak ada bahan yang bersifat korosif. Sakarifikasi asam atau hidrolisis asam yang bersifat tidak spesifik, serta dapat menghasilkan produk samping gula seperti furan, fenolik dan asam asetat.

### 2.6 Fermentasi

Fermentasi merupakan proses perubahan kimia pada substrat organik melalui aktivitas enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Hal terpenting yang dibutuhkan pada saat proses fermentasi adalah starter sebagai mikroba yang akan tumbuh di dalam substrat. Starter adalah populasi mikroba dalam jumlah dan

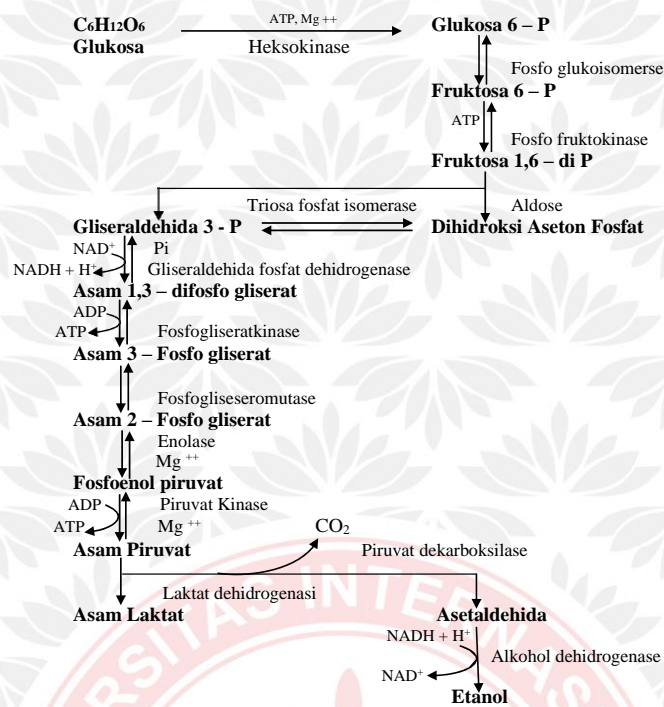


kondisi fisiologis yang siap diinokulasikan pada media fermentasi (Suprihatin,2010) .

Proses fermentasi dibedakan menjadi dua jenis, yaitu proses fermentasi secara spontan dan proses fermentasi secara tidak spontan. Fermentasi spontan adalah ketika proses pembuatan tidak ditambahkan mikroorganisme berupa starter ataupun ragi. Fermentasi tidak spontan adalah pada saat proses pembuatan perlu ditambahkan starter atau ragi. Pada proses fermentasi mikroorganisme tumbuh dan berkembang secara aktif mengubah bahan yang difermentasi menjadi produk yang diinginkan. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses fermentasi adalah jenis organisme, suhu, pH awal fermentasi, inokulum, substrat, dan kandungan nutrisi medium (Muslihah,2012).

Fermentasi merupakan suatu proses perubahan kimia yang disebabkan oleh aktivitas mikroba ataupun oleh aktivitas enzim yang dihasilkan mikroba. Salah satu jalur metabolisme karbohidrat adalah sistem fermentasi etanol oleh khamir. Salah satu jenis khamir yang produktif dan sering digunakan ialah *Saccharomyces cerevisiae* . Pada proses fermentasi glukosa didegradasi menjadi etanol dan CO<sub>2</sub> melalui suatu jalur metabolisme yang disebut glikolisis. Jalur glikolisis disebut juga sebagai jalur Embden–Meyerhof–Parnas. Secara keseluruhan mekanisme utama fermentasi etanol melalui jalur Embden–Meyerhof– Parnas terlihat pada Gambar 2.5. Glikolisis terjadi secara anaerobik akan menghasilkan piruvat yang akan dioksidasi oleh enzim alkohol dehidrogenase. Biosintesis pada awalnya dimulai dengan pengubahan glukosa menjadi 6-fruktosa dan dipecah menjadi gliseraldehid 3-fosfat (G3P), kemudian G3P dipecah untuk menghasilkan NADH dan piruvat. Pada akhirnya piruvat dioksidasi oleh alkohol dehidrogenase menjadi alkohol.

(Sebayang, 2006)



Sumber : Sebayang, 2006

**Gambar 2.5** Lintasan Embden–Meyerhof–Parnas

Pada proses fermentasi terdiri dari proses glikolisis dan proses reaksi yang akan menghasilkan NAD<sup>+</sup> didapat dari transfer elektron NADH ke piruvat. Prinsip dari glikolisis sendiri adalah mengubah 1 molekul glukosa menjadi 2 molekul piruvat. Dalam proses fermentasi alkohol untuk merubah piruvat menjadi etanol (etil alkohol) terdapat dua langkah. Untuk langkah yang pertama yaitu dengan melepaskan karbondioksida dari piruvat kemudian mengubahnya menjadi senyawa asetaldehida berkarbon dua. Selanjutnya untuk langkah yang kedua yaitu mereduksi asetaldehida oleh NADH menjadi etanol (Muslihah, 2012).

Fermentasi dapat dilakukan secara batch, semi batch atau proses kontinyu. Pemilihan proses yang paling sesuai akan tergantung pada sifat kinetik mikroorganisme dan jenis hidrolisat lignoselulosa disamping aspek ekonomi proses. Reaktor semi batch banyak digunakan dalam aplikasi industri karena mereka menggabungkan keuntungan dari proses batch dan kontinyu. Keuntungan utama dari semi batch, dibandingkan dengan batch, adalah kemampuan untuk meningkatkan konsentrasi sel maksimum yang layak, memperpanjang umur kultur,



dan memungkinkan akumulasi produk ke konsentrasi yang lebih tinggi. Sebuah proses fermentasi batch yang khas terdiri dari tiga tahap teknologi: batch-feeding-batch. Masalah pengoptimalan adalah untuk menentukan titik waktu mulai dan selesai pengumpanan dan profil waktu laju pengumpanan selama interval waktu pengumpanan. Profil waktu laju umpan yang optimal biasanya mendekati eksponensial, namun, profil waktu yang disederhanakan seperti laju konstan atau profil bentuk tanjakan dapat memberikan hasil pengoptimalan proses yang mendekati optimal. Proses ini memungkinkan untuk pemeliharaan variabel proses kritis (misalnya, suhu, pH, dan oksigen terlarut) pada tingkat tertentu melalui kontrol umpan balik (Balat, 2008).

## **2.7 Distilasi**

Penyulingan atau biasa disebut dengan distilasi merupakan suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan (Volatilitas) bahan. Pada distilasi campuran suatu zat dididihkan sehingga akan menguap dan uap yang dihasilkan kemudian didinginkan kembali kedalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih yang lebih rendah akan menguap terlebih dahulu. Pada unit operasi kimia metode ini termasuk ke dalam jenis perpindahan panas. Dasar teori yang diterapkan pada proses ini adalah bahwa pada suatu larutan, masing-masing komponen akan menguap pada titik didih. Cara kerja distilasi didasarkan pada hukum Raoult dan hukum Dalton (Prisca,2014).

Terdapat dua jenis aplikasi distilasi yaitu skala laboratorium dan skala industri. Pada skala laboratorium komposisi campuran dipisahkan menjadi komponen fraksi yang diurutkan berdasarkan tingkat volatilitas. Zat yang bersifat paling volatil akan dipisahkan terlebih dahulu sehingga zat yang paling tidak volatil akan tersisa di bagian paling bawah. Pada proses ini dapat diulangi ketika campuran ditambahkan dan distilasi dimulai dari awal. Distilasi pada skala industri, senyawa campuran, uap, distilat tetap dalam komposisi konstan. Fraksi yang diinginkan akan dipisahkan dari sistem secara hati-hati dan ketika bahan awal habis tinggal menambahkan secara langsung tanpa perlu mengulang proses distilasi dari awal (Iskandar, 2015).

Distilasi pada umumnya terbagi dalam 4 jenis, yaitu distilasi sederhana, distilasi fraksionasi, distilasi uap, dan distilasi vakum

### **2.7.1 Distilasi Sederhana**

Dasar dari proses distilasi sederhana adalah perbedaan titik didih yang terpaut jauh atau salah satu komponen yang bersifat volatil. Suatu campuran yang dipanaskan ketika ada komponen yang memiliki titik didih yang rendah maka komponen tersebut akan menguap terlebih dahulu. Selain dengan menggunakan perbedaan titik didih, distilasi ini dilakukan pada tekanan atmosfer.

(Iskandar, 2015).

### **2.7.2 Distilasi Fraksionasi**

Distilasi fraksionasi merupakan pemisahan komponen-komponen cair, dua atau lebih dari suatu larutan berdasarkan perbedaan titik didih. Pada distilasi jenis ini dapat digunakan untuk campuran yang memiliki perbedaan titik didih kurang dari 20°C dan bekerja pada tekanan atmosfer atau tekanan yang rendah. Perbedaan distilasi sederhana dengan distilasi fraksionasi adalah terdapat kolom fraksionasi. Pada kolom fraksionasi ini terjadi pemanasan yang bertahap dengan suhu yang berbeda pada setiap plat. Tujuan dari pemanasan yang berbeda-beda ini adalah untuk pemurnian distilat yang lebih dari plat-plat yang ada dibawahnya. Semakin tinggi plat, semakin tidak volatil cairannya (Iskandar, 2015).

### **2.7.3 Distilasi Uap**

Distilasi uap merupakan metode pemisahan yang digunakan pada campuran senyawa-senyawa yang memiliki titik didih tinggi yaitu mencapai 200 °C atau lebih. Distilasi uap dapat menguapkan senyawa-senyawa yang memiliki suhu mendekati 100°C dalam tekanan atmosfer. Dasar dari distilasi uap yaitu mendistilasi campuran senyawa dibawah titik didih dari masing-masing senyawa campurannya. Distilasi uap juga dapat digunakan untuk campuran yang tidak dapat larut dalam air pada semua temperatur, tapi dapat dipisahkan dengan air melalui distilasi.

(Iskandar, 2015).

### **2.7.4 Distilasi Vakum**



Distilasi vakum digunakan ketika senyawa yang akan dipisahkan berada pada kondisi yang tidak stabil. Senyawa tersebut dapat terdekomposisi sebelum atau mendekati titik didihnya atau campuran yang memiliki titik didih di atas 150°C. Distilasi vakum ini tidak dapat digunakan pada pelarut dengan titik didih yang rendah jika kondensor menggunakan air dingin. Hal ini karena komponen yang menguap tidak dapat dikondensasi oleh air. Untuk mengurangi tekanan digunakan pompa vakum atau aspirator. Aspirator berfungsi sebagai penurun tekanan pada sistem distilasi ini (Iskandar, 2015).

## **2.8 Statistika**

### **2.8.1 Definisi Statistika**

Statistika adalah cabang ilmu yang mempelajari tentang bagaimana mengumpulkan, menganalisis dan menginterpretasikan data. Statistika merupakan ilmu yang mempelajari mulai dari pengumpulan data, pengolahan data sampai kepada pengambilan kesimpulan berdasarkan data tersebut. Atau dengan kata lain, statistika menjadi semacam alat dalam melakukan suatu riset empiris. Pada umumnya sebagian besar orang tidak membedakan antara statistik atau statistika. Statistik merupakan karakteristik yang diukur dari sampel. Karakteristik di sini berupa rerata, varian atau standar deviasi, proporsi (David, 2018).

### **2.8.2 Statistika Deskriptif**

Statistika deskriptif merupakan salah satu ilmu statistik yang mengolah, menyajikan data tanpa mengambil keputusan populasi. Statistika deskriptif berkenaan dengan deskripsi data, seperti menghitung rata-rata dan varian dari data mentah; mendeskripsikan menggunakan tabel-tabel atau grafik sehingga data mentah lebih mudah dibaca dan lebih bermakna. Dengan kata lain hanya melihat gambaran secara umum dari data yang diperoleh. Statistika deskriptif adalah teknik yang digunakan untuk meringkas/menafsirkan data dan menampilkannya dalam bentuk yang dapat dimengerti oleh setiap orang. Hal ini melibatkan proses kuantifikasi dari penemuan suatu fenomena. Berbagai statistik sederhana, seperti rata-rata, dihitung dan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik (David, 2018).

### **2.8.3 Statistika inferensi atau induktif**

Statistika inferensi adalah statistika yang bertujuan untuk mengambil kesimpulan data populasi berdasarkan sebagian data yang

disebut sampel. Hubungan atau relasi empiris yang diamati pada ilmu alam, sosiologi, psikologi dan ekonomi bersifat statis. Pada bidang ini, dilaksanakan berdasarkan percobaan-percobaan atau survei sampel. Keterbatasan waktu dan ekonomis menyebabkan sulit dilakukan observasi seluruh populasi. Dalam rangka mengambil kesimpulan tentang suatu populasi berdasarkan data dari sampel yang terbatas maka diperlukan proses pengambilan keputusan inferensial atau statistik induktif (David, 2018).

#### **2.8.4 Pengolahan Data**

Pengolahan data pada dasarnya merupakan suatu proses untuk memperoleh data atau data ringkasan berdasarkan suatu kelompok data mentah dengan menggunakan rumus tertentu sehingga menghasilkan informasi yang diperlukan. Dalam pengolahan data dibagi menjadi beberapa tahap yaitu :

1. *Editing*
2. Memberi kode/ *coding*
3. Pengolahan
4. *Cleaning* (david, 2018)

#### **2.8.5 Analisis Regresi**

Analisis regresi mempelajari bentuk hubungan antara satu atau lebih peubah/variabel bebas (X) dengan satu peubah tak bebas (Y). Dalam penelitian variabel bebas (X) biasanya variabel yang ditentukan oleh peneliti secara bebas. Sedangkan variabel tak bebas (Y) dalam penelitian berupa respon yang diukur akibat perlakuan/peubah bebas (X) (David,2018).

#### **2.8.6 Anova**

Analisis varians (ANOVA) merupakan suatu metode analisis statistika yang termasuk ke dalam cabang statistika inferensi. Dalam literatur Indonesia metode ini dikenal dengan nama lain, seperti analisis ragam, sidik ragam, dan analisis varians.



Metode ini merupakan pengembangan dari metode Behrens-Fisher, dimana uji-F juga dipakai dalam pengambilan keputusan. Analisis varians pertama kali diperkenalkan oleh Sir Ronald Fisher. Analisis varians berupa uji hipotesis dan pendugaan. Secara umum, analisis varians menguji dua varians (atau ragam) berdasarkan hipotesis nol bahwa kedua varians itu sama. Varians pertama adalah varians antar contoh (*among samples*) dan varians kedua adalah varians di dalam masing-masing contoh (*within samples*). Dengan ide semacam ini, analisis varians dengan dua contoh akan memberikan hasil yang sama dengan uji-t untuk dua rerata (*mean*). Analisis varians relatif mudah dimodifikasi dan dapat dikembangkan. Selain itu, analisis ini juga masih memiliki keterkaitan dengan analisis regresi. Akibatnya, penggunaannya sangat luas di berbagai bidang, mulai dari eksperimen laboratorium hingga eksperimen periklanan, psikologi, dan kemasyarakatan (David,2018).

#### **2.8.7 Penyajian Data**

Data statistik perlu disajikan dalam bentuk yang mudah dibaca dan dimengerti. Tujuannya adalah memberikan informasi dan memudahkan interpretasi hasil analisis. Secara garis besar ada 3 cara yang sering dipakai untuk penyajian data, yaitu : tulisan/narasi, tabel dan diagram.

1. Tulisan/ narasi dibuat dalam bentuk narasi mulai dari pengambilan data sampai kesimpulan. Kelemahan dari penyajian data berupa tulisan yaitu kurang menggambarkan bentuk statistik bila banyak data yang digunakan.
2. Tabel atau daftar dibuat dalam bentuk angka (data numerik) yang disusun dalam kolom dan baris dengan tujuan untuk menunjukkan frekuensi kejadian dalam kategori yang berbeda.
3. Grafik (David, 2018).

#### **2.8.8 Penarikan Kesimpulan**

Tahap akhir dalam statistik yaitu pengambilan kesimpulan. Kesimpulan ini diambil berdasarkan analisis/interpretasi data yang dilakukan. Berdasarkan hasil analisa ini dapat diambil kesimpulan hasil dalam menentukan alternatif pemecahan masalah yang dilakukan, sehingga

bermanfaat terhadap program yang akan dilakukan didasarkan pada penerimaan dan penolakan hipotesis nol ( $H_0$ ). Dari hasil uji statistik biasanya didapatkan nilai statistik uji dan tingkat signifikansi ( $p$ ). Secara umum, keputusan menolak hipotesis nol ( $H_0$ ) diambil apabila: *Nilai statistik uji* > *nilai tabel atau Nilai tingkat signifikansi yang diperoleh* ( $p$ ) <  $\alpha$  (David, 2018).

## 2.9 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu disampaikan pada Tabel 2.2





**Tabel 2.2** Review Jurnal Penelitian Terdahulu

No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
1.	Bioetanol production from different Matooke peels species: A surprising source for alternative fuel	Abdulfatah Abdu Yusuf , Freddie L. Inambao	2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan produksi bioetanol dari sumber energi terbarukan dan berkelanjutan yaitu kulit pisang jenis <i>Matooke</i> melalui proses fermentasi menggunakan <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .</li> <li>• Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu 2 jenis <i>Matooke</i> yaitu sampel A (<i>Mbwazirume</i>) dan sampel B (<i>Nakyinyika</i>).</li> <li>• Alat percobaan dan pelarut yang digunakan pada penelitian ini adalah: penangas air getar OLS 200, ekstraktor Sox-Tec, tungku, rotavapor, pengukur pH digital (ASTM D7946), pengukur listrik. Natrium hidroksida (NaOH), asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), natrium sulfat anhidrat (NaSO<sub>4</sub>), ragi roti (<i>Saccharomyces cerevisiae</i> ), kalorimeter bom otomatis, GC-FID, GC-</li> </ul>

No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
				<p>MS (Agilent Technologies 5975), lovis 2000 M / ME mikro- viskometer, hidrometer, penganalisis elemen (ASTM D5291), gelas kimia 250/500 ml, labu Pyrex Erlenmeyer 250/500 ml, dan air suling.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Produksi bioetanol dari biomassa terdiri dari tahapan yang berbeda: pretreatment, hidrolisis selulosa dan hemiselulosa, pemisahan residu lignin, fermentasi gula, dan distilasi serta pemurnian bioetanol.</li> <li>• Kondisi pretreatment : Kedua bahan dari kulit pisang di <i>chipping</i> dan di <i>milling</i> kemudian digiling sampai menjadi bubuk.</li> <li>• Hidrolisis selulosa dan hemiselulosa : Bubuk kulit pisang dicampur dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> kemudian ditempatkan di bak pengocok selama 20-60 menit dengan kondisi suhu 50-90 °C ± 1°C.</li> </ul>



No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fermentasi : Kedua sampel disiapkan untuk proses fermentasi, dan penyesuaian pH dilakukan dengan NaOH 1 M hingga pH mencapai 5,0, karena ketika pH di atas 5,0, konsentrasi etanol berkurang secara substansial . Setiap labu berisi sampel terhidrolisis dicampur dengan 6,5 g hingga 8,5 g <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (ragi). Larutan disegel dan dikocok secara manual untuk pencampuran yang tepat, dan kemudian ditempatkan dalam penangas air shaker pada suhu 29–39 ° C ± 1 ° C pada 165 rpm selama sekitar 10 jam hingga 30 jam untuk proses fermentasi.</li> <li>• Distilasi : Distilasi dilakukan menggunakan <i>rotary evaporator</i> pada temperatur, tekanan dan kecepatan putar masing-masing 55 ° C ± 1 ° C, 175 mbar, dan 70 rpm. Dehidrasi dilakukan dengan menggunakan</li> </ul>

No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
				<p>sodium sulphate anhydrous (NaSO<sub>4</sub>) untuk menghilangkan molekul air dalam bioetanol.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kesimpulan : Penelitian ini mengevaluasi dua limbah agro-industri yang berbeda sebagai potensi alternatif untuk produksi bioetanol karena biayanya yang rendah dan ketersediaannya yang mudah di Uganda. Hasil proksimat menunjukkan bahwa dua limbah berbeda (sampel kulit matooke) ditemukan memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi masing-masing sebesar 72,23% dan 72,85%, dan hanya sedikit unsur hara lain yang dapat mendukung pertumbuhan mikroba. Oleh karena itu, pada sampel A parameter operasi optimum untuk <i>yield</i> etanol adalah 90,19%, yang tercatat pada suhu 34,5 ° C, ragi 7,53 g dan waktu 21,83 jam, yang menghasilkan gula reduksi 77,03 g / L. Rendemen etanol maksimum yang diperoleh pada sampel B adalah 90,65% tercatat pada suhu 33,39 ° C,</li> </ul>



No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
				<p>ragi 8,5 g dan waktu 20,21 jam, yang menghasilkan gula reduksi 75,32 g / L. Bioetanol matooke ini dapat digunakan dalam pengembangan eksperimen lebih lanjut tentang kinerja dan uji emisi gas buang di mesin pembakaran internal. Memanfaatkan limbah biomassa untuk produksi bioetanol melalui proses bioteknologi tidak hanya membantu mengurangi pencemaran lingkungan tetapi juga mengurangi ketergantungan pada negara penghasil minyak dan mendukung ekonomi pedesaan dengan menciptakan lapangan kerja dan menyediakan sumber pendapatan tambahan.</p>
2.	Bioetanol Production from Banana Peels	Gaddafi I. Danmaliki, Auwal M. Muhammad, Abdullahi A. Shamsuddeen Bashir J. Usman	2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan efisiensi tiga teknik pretreatment yaitu pretreatment air, alkali, dan asam pada produksi bioetanol.</li> </ul>

No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahan yang digunakan residu lignoselulosa kulit pisang diperoleh dari kantin mahasiswa Universitas Usmanu Danfodiyo Sokoto (UDUS) dan residunya digunakan sebagai sumber gula untuk produksi bioetanol. Serta bahan pendukung Natrium hidroksida, asam sulfat, dan ragi masing-masing digunakan untuk pretreatment alkali, hidrolisis asam, dan fermentasi.</li> <li>• Pretreatment :             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pretreatment alkali dilakukan dengan menggunakan autoklaf yang dipanaskan secara elektrik dengan menggunakan NaOH 10% (wt / wt) dan rasio cairan terhadap serat 6: 1. Serat dimasak pada suhu 120 ° C selama enam jam sebelum tekanan dibuang ke atmosfer. Kulitnya dicuci dengan air dan dikeringkan dengan udara pada suhu 45 ° C</li> </ol> </li> </ul>



No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
				<p>2. Pretreatment air pada kulitnya sebagai proses pretreatment dalam autoclave tertutup. Limbah pisang tersebut dimasak pada suhu 120°C dengan perbandingan air terhadap minuman keras 1:10 selama enam jam. Tekanan dilepaskan ke atmosfer dan serat pulp dicuci dengan air dan dikeringkan dengan udara pada suhu 45 ° C.</p> <p>3. Pretreatment asam, 40 g sampel pisang dicampur dengan 200 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> lima persen dan disimpan pada 120 ° C selama enam jam. Campuran disaring untuk memisahkan residu padat dari fraksi filtrat. Residu padat dicuci bersih dengan air ledeng sampai pH netral dan dikeringkan pada suhu 45 ° C</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hidrolisis : 10% asam sulfat dibuat dan dicampur dengan biomassa lignoselulosa limbah pisang yang dihasilkan dari berbagai proses pretreatment. Kami</li> </ul>

No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
				<p>menggunakan asam sulfat dengan rasio serat 6: 1. Dipanaskan pada suhu 120 ° C selama enam jam dan dibiarkan dingin.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uji glukosa : Sampel dari pretreatment asam, basa dan air yang sedang dihidrolisis dikumpulkan pada 0 jam, 24 jam, 48 jam, dan 72 jam. Perubahan warna dipantau dari sampel setelah menambahkan beberapa tetes larutan Benediktus dan dipanaskan dalam penangas air selama lima menit. Perubahan warna dari reaksi Benediktus memberikan perkiraan semi-kuantitatif atau kasar dari gula pereduksi yang ada dalam sampel. Jumlah gula reduksi yang ada dalam sampel dapat dihitung menggunakan perubahan warna berikut: Biru (tanpa gula), Hijau (0,5% gula), Kuning (1% gula), Oranye (1,5% gula), Merah (2% gula) , Brown (kadar gula tertinggi).</li> </ul>



No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fermentasi : Strain ragi aktif diperoleh dari laboratorium biologi di UDUS. Sel <i>S. cerevisiae</i> tersuspensi dalam air deionisasi dan limbah pisang yang telah diolah sebelumnya digunakan sebagai satu-satunya sumber karbon untuk sel ragi. Dari enam botol yang digunakan, tiga botol berfungsi sebagai kontrol (air deionisasi ditambah kulit pisang tetapi tanpa sel ragi) sedangkan tiga botol lainnya dilengkapi dengan kulit pisang dan sel ragi dalam air deionisasi. Proses fermentasi dibiarkan berlangsung selama tiga hari karena <i>S. cerevisiae</i> tumbuh dalam waktu tiga hari, dan terakhir sampel disentrifugasi dan dianalisis bioetanol dari filtratnya menggunakan kromatografi.</li> <li>• Kesimpulan : Pretreatment dengan asam menghasilkan konsentrasi gula reduksi tertinggi diikuti pretreatment basa dan pretreatment air seperti yang dikonfirmasi oleh uji Benedict. Namun, pretreatment</li> </ul>

No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
				<p>alkali mencapai konversi terbaik untuk mengurangi gula menjadi etanol. Hasilnya dengan jelas menunjukkan bahwa setiap teknik pretreatment memiliki kelebihan yang melekat. Secara umum, pretreatment menggunakan air saja tanpa peningkatan bahan kimia menghasilkan hasil yang rendah baik dari percobaan glukosa dan etanol. Metode terbaik untuk menghasilkan etanol dari ampas pisang adalah dengan pretreatment basa diikuti dengan hidrolisis asam dan kemudian dilakukan fermentasi selanjutnya dengan <i>S. cerevisiae</i> seperti yang telah dikonfirmasi dalam penelitian ini. Secara umum, teknik enzimatik lain harus digunakan untuk hidrolisis karena hidrolisis asam agak mahal. Oleh karena itu, metode yang lebih spesifik untuk memaksimalkan hasil bioetanol diperlukan.</p>
3.	Bio-Ethanol Production from Banana peel by	Ajay Kumar Singh, Sanat Rath, Yashab	2014	<p>Tujuan dari penelitian ini adalah penghapusan langkah pencairan enzimatik dan sakarifikasi dengan</p>



No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
	Simultaneous Saccharification and Fermentation Process using cocultures <i>Aspergillus niger</i> and <i>Saccharomyces</i> <i>cerevisiae</i>	Kumar, Harison Masih, Jyotsna K. Peter, Jane C. Benjamin, Pradeep Kumar Singh, Dipuraj, Pankaj Singh		<p>menggunakan kultur kultur simbiosis organisme amilolitik dan fermentasi gula serta mengevaluasi sistem satu langkah untuk meningkatkan fermentasi kulit pisang menjadi etanol dengan menggunakan kultur simbiosis.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sampel 50 g tanah diambil secara acak dari 2 cm bagian atas tanah di tiga tempat berbeda. Sampel tanah dikeringkan dengan udara pada suhu kamar (<math>27 \pm 1^\circ \text{C}</math>) selama 24 sampai 48 jam. 100 mg dari setiap sampel tanah dipindahkan ke tabung reaksi berlabel yang berisi lima mililiter saline steril (0,9% NaCl) . Untuk menekan pertumbuhan bakteri, 30 mg / l streptomisin ditambahkan. Tabung reaksi diaduk sampai pusran. 100 <math>\mu\text{l}</math> masing-masing suspensi dioleskan secara merata pada pelat PDA dengan penyebar dan diinkubasi pada suhu <math>27 \pm 1^\circ \text{C}</math>. Koloni campuran di piring diamati setelah 5-7 hari. Kultur murni <i>Aspergillus niger</i></li> </ul>

No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
				<p>diperoleh dengan metode streak plate. Kemudian dipertahankan pada kemiringan PDA pada 4 ° C. Strain ragi <i>Saccharomyces cerevisiae</i> diperoleh dari pasar lokal.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uji hidrolisis pati strain <i>Aspergillus niger</i> yang diisolasi. Inokulum dari kultur murni digoreskan pada piring agar pati steril. Cawan yang diinokulasi diinkubasi pada suhu 27 ° C selama 5 sampai 7 hari.</li> <li>• Pretreatment : Limbah kulit pisang yang sudah matang dibersihkan, dicincang (3-5 cm) dan didesinfeksi dengan etanol 70%. Itu dijemur selama 7 hari dan digiling menjadi bubuk halus.</li> <li>• Sakarifikasi dan Fermentasi (SSF) kulit pisang : Fermentasi kulit pisang dilakukan pada temperatur yang berbeda (20 ° C sampai 50 ° C) pada pH 6 dan pada pH berbeda (4 sampai 7) pada 30 ° C. Suhu dan pH</li> </ul>



No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
				<p>optimum yang diperoleh selama penelitian digunakan untuk fermentasi pada konsentrasi ragi yang berbeda 3% sampai 12%. Fermentasi dilakukan selama 7 hari dan dilakukan pengukuran kadar etanol setiap 24 jam.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kesimpulan : pH dan suhu optimum untuk fermentasi kulit pisang adalah 6 dan 30 ° C. Dengan pH dan suhu yang dioptimalkan, selanjutnya dilakukan fermentasi pada konsentrasi ragi yang berbeda 3% sampai 12%. Dengan perubahan konsentrasi ragi, waktu yang dibutuhkan untuk penyelesaian fermentasi menurun drastis. Dengan menggunakan inokulum ragi 12%, 9%, 6%, 3%, produksi etanol maksimum dicapai dalam 2, 3, 5, 7 hari masing-masing</li> </ul>
4.	Pemanfaatan limbah kulit pisang sebagai Bahan Baku pembuatan Bioetanol	Herliati, Sefaniyah dan Ade Indri	2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi terbaik dalam produksi bioetanol dari bahan baku kulit pisang kepok.</li> </ul>

No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahan yang digunakan adalah kulit pisang yang dihaluskan sebanyak 100g.</li> <li>• Pembuatan bioetanol berlangsung dalam dua tahapan yaitu hidrolisa pati menjadi glukosa dan dilanjutkan dengan proses fermentasi glukosa menjadi bioetanol.</li> <li>• Reaksi hidrolisa terjadi di dalam reaktor batch. Bahan dicampur di dalam reaktor lalu campuran dipanaskan sampai suhu 100°C. Setelah reaksi berlangsung selama 1 jam, hasil reaksi didinginkan.</li> <li>• fermentasi glukosa menggunakan ragi roti (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) dengan konsentrasi 3 % di dalam fermentor. Parameter yang diamati adalah lama fermentasi dengan variasi 2, 4, 6 dan 8 hari, pH reaksi pada angka asam 4 dan 5 serta suhu reaksi pada dua kondisi 30 dan 40°C. Pada akhir fermentasi, padatan dipisahkan menggunakan kertas saring sementara filtrat</li> </ul>



No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
				<p>yang berupa etanol, karbondioksida dan air kemudian di distilasi untuk memisahkan etanol yang dihasilkan</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kesimpulan : Hasil terbaik diperoleh pada waktu fermentasi 6 hari dengan keasaman pH 4 dan temperatur 40°C. Kadar alkohol tertinggi yang dicapai 6.73 % dengan yield sebesar 86,35%. Hasil ini sedikit lebih baik dibandingkan dengan yang diperoleh oleh peneliti sebelumnya dengan yield 78 %</li> </ul>
5.	Bioetanol dari Kulit Pisang (Musa paradisiaca L.) dengan Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak	I Ketut Muksin, Ni Luh Arpiwi	2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan awal dan konsentrasi urea terhadap produksi bioetanol dari kulit pisang melalui metode SFS.</li> <li>• Bahan yang digunakan sampel kulit pisang yang dioven selama 5 hari kemudian diblender dan diayak dengan ayakan 12 mesh sehingga membentuk tepung yang homogen.</li> </ul>

No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak (SFS) : Ada dua perlakuan, yaitu substrat tanpa perlakuan awal dan dengan perlakuan awal yang difaktorkan dengan 3 konsentrasi urea, yaitu 0, 1 dan 1,5% b/v. Sample dimasukan ke dalam fermentor sebanyak 4% b/v dari volume reaksi fermentasi, kemudian ditambahkan 0,06 g <math>\text{KH}_2\text{PO}_4</math>, 0,06 g <math>\text{MgSO}_4</math> dan buffer sitrat dengan pH 5. Fermentor ditutup rapat kemudian diautoclave pada suhu 121°C selama 15 menit kemudian didinginkan. Enzim selulase sebanyak 6% b/v dan inokulum yeast <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sebanyak 10% v/v ditambahkan ke dalam fermentor. Campuran diinkubasi pada suhu 30°C selama 9 hari. Setelah proses SFS campuran disaring dan bagian cairan didistilasi untuk memperoleh bioetanol.</li> <li>• Kesimpulan : Perlakuan awal dengan NaOH 6% b/v tidak meningkatkan kadar bioetanol dari kulit pisang.</li> </ul>



No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
				Kombinasi tanpa perlakuan awal dengan urea sebanyak 1 dan 2% b/v menghasilkan kadar bioetanol tertinggi sebanyak 4,915% v/v.
6.	Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang	Dyah Tri Retno dan Wasir Nuri	2011	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian ini bertujuan untuk membuat bioetanol atau alkohol dari limbah kulit pisang dengan variasi waktu fermentasi, berat ragi dan kondisi optimumnya.</li> <li>• Bahan baku kulit pisang kepok, bakteri <i>Saccharomyces cerevisiae</i> dan Larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 N dan , ammonium sulfat dan urea</li> <li>• Temperatur hidrolisis 100°C , Temperatur pasteurisasi 120°C, tekanan atmosferik</li> <li>• Waktu optimum fermentasi diperoleh selama 144 jam dengan kadar etanol 13,5406 %.</li> <li>• Produksi bioetanol ini mencakup tiga rangkaian proses, yaitu: pertama persiapan bahan</li> </ul>

No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
				<p>dengan cara kulit pisang di potong-potong menjadi kecil, kemudian diblender dan di saring dan diambil filtratnya dan diendapkan. Kemudian hasil endapan disaring dan dikeringkan dibawah sinar matahari sampai kering. Jika cuaca tidak memungkinkan maka pengeringan dapat dilakukan dalam oven dengan temperatur 45-50°C. Setelah kering, pati kulit pisang tersebut dianalisis kadar air dan kadar patinya</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tahap ke dua adalah hidrolisis pati kulit pisang dengan ditambah larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 N dengan berat tertentu di dalam labu leher tiga dipanaskan sampai temperatur 100°C selama 2,5 jam kemudian didinginkan. Hasil hidrolisis disaring, sehingga didapatkan filtrat. Filtrat diatur pH antara 4 – 6, kemudian difermentasi.</li> </ul>



No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tahap ke tiga adalah fermentasi dengan cara filtrat sebanyak 100 ml dimasukkan ke dalam Erlenmeyer dan ditambahkan 6 gram ammonium sulfat dan 6 gram urea sebagai nutrisi. Selanjutnya di pasteurisasi pada temperatur 120°C selama 15 menit lalu didinginkan. Starter (inokulum awal) dengan berbagai variasi volume dimasukkan ke dalam medium fermentasi. Kemudian dilakukan inkubasi pada temperatur berkisar antara 27-30°C selama waktu tertentu.</li> <li>• Kesimpulan dari penelitian ini adalah semakin banyak ragi yang ditambahkan menyebabkan kadar etanol yang dihasilkan semakin rendah.</li> <li>• Penambahan berat ragi yang relatif baik yaitu sebanyak 0,0624 g. dengan kadar alkohol yang dihasilkan sebesar 13,5353 %.</li> </ul>

No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semakin lama fermentasi kadar etanol yang dihasilkan semakin tinggi sampai waktu tertentu</li> </ul>
7.	<p>Proses Pembuatan Bioetanol Dari Kulit Pisang Kepok (<i>Musa Acuminata B.C</i>) Secara Fermentasi</p>	<p>Wusnah, Samsul Bahri, Dwi Hartono</p>	2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian ini bertujuan membuat bioetanol dari kulit pisang kepok dengan variasi waktu fermentasi dan penambahan starter.</li> <li>• Bahan baku : kulit pisang kepok, ragi roti, aquades, gula, urea, NPK, CaO, HCl, NaOH</li> <li>• Temperatur distilasi 80°C, tekanan atmosferik</li> <li>• Analisis Produk : Analisa <i>Gas Chromatography</i></li> <li>• Penelitian ini terdiri atas lima tahap yaitu hidrolisis, persiapan/ penumbuhan starter, fermentasi, tahap distilasi dan analisa. Variasi penelitian dilakukan terhadap perubahan volume starter dan waktu fermentasi.</li> </ul>



No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tahapan hidrolisis dilakukan dengan menghaluskan 300 gr kulit pisang kepok kemudian dipanaskan sampai mendidih dengan menambahkan HCl 5% selama 60 menit.</li> <li>• Tahapan persiapan starter diawali dengan membuat larutan gula dengan kadar gula 14% kemudian dimasukkan kedalam tempat pembiakan, ditambahkan pupuk urea sebanyak 0.5% dari kadar gula yang digunakan, ditambahkan pupuk NPK sebanyak 0.1% dari kadar gula yang digunakan, ditambahkan ragi roti sebanyak 0,2% dari kadar gula, lalu ditutup rapat dan disimpan dalam ruangan gelap dengan temperatur kamar selama 24 jam.</li> <li>• Tahap fermentasi diawali dengan menambahkan starter sesuai variabel yaitu (50, 150, 250 dan 350) ml dengan</li> </ul>

No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
				<p>waktu fermentasi 3,5 dan 7 hari. Hasil fermentasi disaring untuk memisahkan ampasnya,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kemudian dilakukan proses distilasi untuk memisahkan bioetanol dengan air pada temperatur 80°C selama 60 menit, lalu hasil distilasi dilakukan analisa yield, serta kadar bioetanol yang dihasilkan</li> <li>• Yield maksimum 11,33% dengan volume starter 350 mL. menghasilkan etanol 40%</li> <li>• Selain etanol juga terbentuk metanol dengan jumlah yang sangat sedikit sebagai hasil produk samping proses fermentasi dari kulit pisang kepek</li> </ul>
8.	Industrial ethanol from banana peels for developing countries:	Alula Gebregergs , Mebrahtom Gebresemati , Omprakash Sahu	2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan kondisi parameter (asam konsentrasi, temperatur dan waktu) untuk menghidrolisis limbah kulit pisang untuk mendapatkan jumlah gula yang dapat</li> </ul>



No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
	Response surface methodology			<p>difermentasi secara maksimal dengan melakukan serangkaian analisis eksperimental. Efek benzil penisilin juga dipelajari selama fermentasi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahan baku dalam penelitian ini menggunakan Kulit pisang (<i>Royal red</i> dan <i>Lacatan</i>) dikumpulkan dari pabrik pembuat jus di dekat kampus MIT dan dicuci sebelum digunakan. Bahan kimia kelas analitik, asam sulfat (<math>H_2SO_4</math>), natrium hidroksida (NaOH), agar ekstrak ragi, urea, gula dekstrosa (<math>MgSO_4 \cdot 7H_2O</math>), ragi / ragi roti (<i>Saccharomyces cerevisiae</i> disimpan dalam YEPDA (ekstrak ragi 1%, pepton 2%, agar-agar 2%) disimpan pada temperatur <math>4^\circ C</math>), akuades, dan benzathine penisilin G.</li> <li>• Kulit yang terkumpul dipotong kecil-kecil dengan panjang sekitar 2-4 cm. kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari selama dua hari dan dikeringkan</li> </ul>

No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
				<p>menggunakan oven pada temperatur 60°C selama satu hari. Kemudian sampel dihaluskan dan dibagi secara proporsional menjadi tujuh belas sampel terpisah dari 10 g dan dua sampel terpisah 20 g kulit pisang</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jus kulit pisang disiapkan untuk dengan perbandingan air suling dengan setiap sampel 10: 1 (v / w) dalam labu terpisah</li> <li>• Sampel terpisah yang ditutup dengan aluminium foil diautoklaf pada tekanan 15 psi selama 30 menit. Kemudian difiltrasi untuk memisahkan bagian yang tidak larut Bagian yang tidak dapat larut kemudian dibiarkan terhidrolisis.</li> <li>• hidrolisis asam : 25 ml sulfat encer 0,5% -2,5% (v / v) ditambahkan ke komponen yang tidak larut . kulit pisang dihidrolisis di reaktor antara 70 dan 110°C selama 10-30 menit. Setelah hidrolisis ditambahkan NaOH 1 M</li> </ul>



No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
				<p>sampai pH tercapai pH 7. Partikel yang tidak larut dipisahkan dari hidrolisat dengan filtrasi. Komponen yang dapat larut kemudian ditambahkan dengan larutan yang telah disaring dari proses sebelumnya</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menggunakan metode <i>Brix</i> untuk menentukan kadar gula dalam sampel</li> <li>• Fermentasi dilakukan dengan dua variabel (1) <i>S.cerevisiae</i> saja , (2) fermentasi dengan <i>S.cerevisiae</i> dan benzathine penicillin G. 100 ml ditambahkan 0,5 g ragi (5 g / L ragi) , , dalam labu 250 ml. Labu ditutup dengan aluminium foil. Labu tersebut kemudian ditempatkan dalam pengocokan inkubator selama 24 jam pada temperatur 30°C dan 200 rpm. Pada tahap fermentasi, keduanya sampel dikondisikan hingga temperatur 30°C. pH ditetapkan menjadi 5.0-5.5 (pH optimum untuk aktivitas <i>S. cerevisiae</i>) dengan penambahan 1 M NaOH.</li> </ul>

No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
				<p>25 ml disiapkan kultur ragi ditambahkan ke masing-masing labu (1: 4 (v/v) sampel) dan mulut labu ditutup dengan aluminium foil. Selanjutnya, 0,05 g benzatin penisilin G (0,5 g / L) ditambahkan ke dalam labu kedua</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatur Pengeringan 60°C , temperatur hidrolisis 70-110°C dan temperatur fermentasi 30°C, Tekanan autoklaf 15 psi, tekanan seluruh proses kecuali autoklaf atmosferik</li> <li>• Kesimpulannya, kulit pisang merupakan bahan yang cocok untuk produksi etanol. Dengan menggunakan <i>surface respond</i> metodologi, optimal kondisi (konsentrasi asam, temperatur dan waktu) dibedakan dengan tiga tingkatan dan tujuh belas percobaan untuk etanol produksi. Hasil percobaan menunjukkan bahwa pada parameter optimum, konsentrasi asam 1,50% v/v, temperatur 91,02°C dan</li> </ul>



No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
				<p>Waktu retensi 21,66 menit, dapat diproduksi etanol 45,088%. Penambahan benzathine penisilin G produksi etanol meningkatkan proses fermentasi sebesar 8,97%.</p>
9.	Investigation Of Waste Banana Peels And Radish Leaves For Their Biofuels Potential	Abdul Majeed Khan, Shaista Khaliq and Rabia Sadiq	2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tujuan dari penelitian ini adalah mengonversi limbah daun lobak dan kulit pisang menjadi biodiesel dan bioetanol</li> <li>• Bahan baku : Kulit pisang (6,4 kg) dikumpulkan dari berbagai toko buah yang terletak di Karachi, Pakistan. Akan tetapi dari total bahan baku diatas hanya digunakan 784 gram berupa residu dari proses pembuatan biodiesel</li> <li>• Residu dari proses pembuatan biodiesel (784 g) bubuk kulit pisang direndam dengan air suling (4,5 L) selama tiga hari. Ekstrak yang mengandung karbohidrat melalui proses filtrasi. Proses perendaman yang sama diulang tiga kali sehingga menghasilkan 11</li> </ul>

No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
				<p>L ekstrak air. Kemudian diuapkan pada penangas air pada temperatur 100°C yang menghasilkan ekstrak air berwarna kehitaman (122 g)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fermentasi anaerobic : ekstrak air bergetah mentah (20 g) dilarutkan air suling (440 mL). pH ekstrak air kulit pisang diubah menjadi 6.9,. kemudian dilakukan fermentasi anaerob parsial dengan menyimpan ekstrak dibawah tanah (kedalaman 2 kaki). Setelah fermentasi, pH campuran fermentasi kulit pisang berubah menjadi 6.1 . Warna larutan diubah dari hijau tua menjadi hijau terang untuk kedua sampel.</li> <li>• Bioetanol merupakan cairan yang mudah menguap sehingga cukup sulit untuk dikarakterisasi pada skala laboratorium, oleh karena itu perlu diubah menjadi turunan UV aktif dan non-volatil berupa etil benzoat dengan cara hasil fermentasi (440 mL) mengandung</li> </ul>



No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
				<p>bioetanol, asam benzoat (1 g) dan pekat. HCl (0,2 mL) diambil dalam labu Erlenmeyer dan dipasang dengan kondensor air menggunakan chiller (Buchi, Jerman) secara terpisah ditempatkan di penangas air dan direfluks pada temperatur 100°C selama 12 jam kemudian didinginkan. Produk yang diinginkan (etil benzoate) diekstraksi menggunakan n-heksana: etil asetat (100 mL: 100 mL) dalam corong pisah dan proses ekstraksi diulang tiga kali. Diambil pelarut organik dari lapisan bagian atas, kemudian dipekatkan menggunakan rotary evaporator diperoleh Etil benzoat pekat (59,3%)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• dianalisa menggunakan kromatografi lapis tipis (KLT) menggunakan standar etil benzoat dan dibuat dengan prosedur yang sama menggunakan. n-Hexane</li> </ul>

No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
				<p>sebagai sistem pelarut untuk KLT. kemudian diidentifikasi oleh UV lampu pada 254 nm.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatur evaporasi 100°C, Temperatur refluks 100°C, tekanan atmosferik</li> <li>• Hasil : konversi kandungan minyak kulit pisang dan daun lobak menjadi biodiesel melalui transesterifikasi serta karbohidrat dari kedua limbah tersebut menjadi bioetanol melalui fermentasi. Biodiesel dikarakterisasi dengan standar ASTM sedangkan bioetanol dikonfirmasi oleh sintesis pembentukan turunan aktif UV. Transesterifikasi menggunakan metanol dan etanol dilakukan dalam kondisi asam serta basa yang dihasilkan asam lemak metil ester dan asam lemak etil ester dengan rendemen yang signifikan. Fermentasi Karbohidrat yang diekstrak dari kulit pisang dan 1,37% dan 1,23%. bioetanol,</li> </ul>



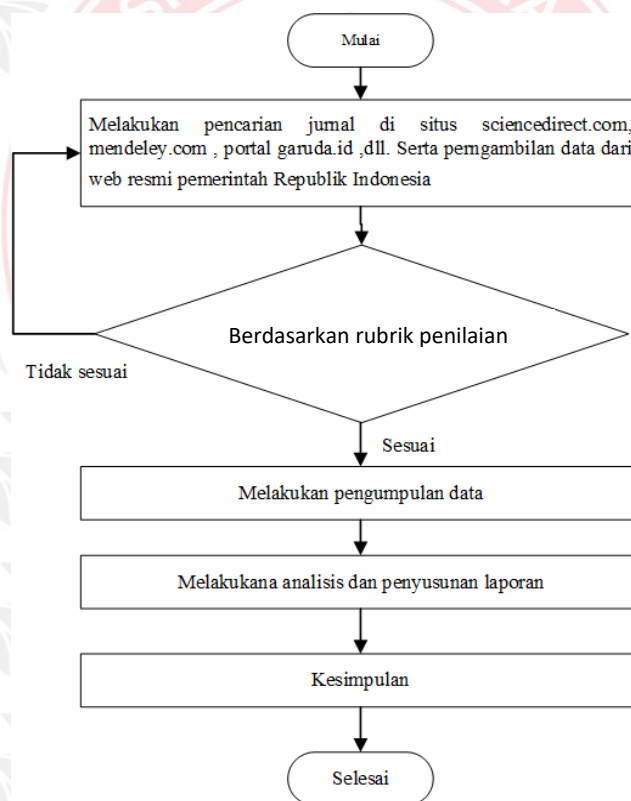
No.	Judul Jurnal	Penulis	Tahun	Ringkasan Jurnal
				<p>masing-masing. Penelitian ini dapat membantu mengembangkan pendekatan alternatif untuk konversi limbah menjadi energi untuk mengatasi krisis energi dan membantu mengurangi pencemaran lingkungan.</p>



## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Studi literatur review adalah cara yang digunakan untuk mengumpulkan data atau sumber yang relevan dengan sebuah topik tertentu yang bisa didapat dari berbagai sumber seperti jurnal, buku, dan pustaka lain guna untuk memperkuat hasil dan alasan dari penelitian meliputi variabel, temperatur dan waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan bioetanol dari *Saccharomyces cerevisiae*. Jurnal penelitian yang sesuai mempunyai korelasi kemudian dikumpulkan dan dibuat ringkasan jurnal meliputi nama peneliti, judul penelitian, metode dan ringkasan hasil atau temuan, adapun diagram alir review jurnal sebagai berikut. Metodologi review jurnal pada penelitian ini disampaikan pada Gambar 3.1



**Gambar 3.1** Flowchart Review Jurnal



### 3.2 Kriteria Pemilihan Jurnal

Rubrik penelitian pada penelitian ini disampaikan pada Tabel 3.1

**Tabel 3.1** Kriteria Pemilihan Jurnal

No.	Judul	Pengarang	Tahun	Poin Jurnal					Hasil Akhir
				Bahan Baku (20)	Pretreatment (20)	Hidrolisis (20)	Fermentasi (20)	Kadar Bioetanol (20)	
1.	Hydrolysis of alkaline pretreated banana peel	Fatmawati	2017	V	v	v	V	v	100
2.	Enhanced bio-ethanol production from cellulosic materials by semi-simultaneous	Hosein Shamsavarani	2012	V					
3.	Bioetanol production from different Matooke peels species A surprising source for alternative fuel	yusuf, abdufatah	2019	V	v	v	V	v	100
4.	Industrial ethanol from banana peels for developing countries Response surface methodology	Gebregergs, alula	2016	V	v	v	V	v	100
5.	Bio-Ethanol Production from Banana peel by Simultaneous Saccharification and Fermentation Process	singh, ajay kumar	2014	V	v		V	v	80

No.	Judul	Pengarang	Tahun	Poin Jurnal					Hasil Akhir
				Bahan Baku (20)	Pretreatment (20)	Hidrolisis (20)	Fermentasi (20)	Kadar Bioetanol (20)	
	using cocultures <i>Aspergillus niger</i> and <i>Saccharomyces cerevisiae</i>								
6.	Yeasts in sustainable bioetanol production A review	Azhar, Siti Hajar Mohd	2017		v	V	V	v	80
7.	Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang	Retno,Dyah Tri	2011	V	v	V	V	v	100
8.	Bioetanol Production from Banana Peels	Danmaliki, Gaddafi I.	2016	V	v	V	V	v	100
9.	Pemanfaatan limbah kulit pisang sebagai Bahan Baku pembuatan Bioetanol	Herliati	2018	V	v	V	V	v	100
10.	Bioetanol dari Kulit Pisang ( <i>Musa paradisiaca</i> L.) dengan Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak	Muksin, I Ketut	2019	V	v		V	v	80
11.	PROSES PEMBUATAN BIOETANOL DARI KULIT PISANG KEPOK ( <i>Musa acuminata</i> B.C)	Wusnah	2019	V	v	V	V	v	100



No.	Judul	Pengarang	Tahun	Poin Jurnal					Hasil Akhir
				Bahan Baku (20)	Pretreatment (20)	Hidrolisis (20)	Fermentasi (20)	Kadar Bioetanol (20)	
	SECARA FERMENTASI								
12.	Alkali-pretreatment and acid-hydrolysis of banana peels	Chongkong, sini nart	2012	V	v	V			60
13.	Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Kepok dengan Cara Fermentasi menggunakan ragi	Syamsul	2018	V		V	V	v	80

Note :

Jurnal diunakan apabila nilai >50

Parameter-parameter yang digunakan dalam memilih jurnal adalah dengan mencangkup beberapa poin yaitu : bahan baku (kulit pisang), *pretreatment*, hidrolisis, fermentasi, kadar bioetanol. Dimana setiap poin-poin memiliki nilai kuantitas sendiri. Setiap jurnal akan memiliki rubrik nilai yang berbeda-beda sesuai dengan poin yang ada dalam jurnal itu sendiri, jika hasil akhir rubrik nilai jurnal leboh dari 50 maka jurnal tersebut dapat digunakan dalam penelitian ini.

### 3.3 Variabel Penelitian

Beberapa variabel yang menjadi objek pada penelitian ini adalah metode, katalis, suhu, waktu fermentasi, waktu hidrolisis, starter dan konsentrasi katalis. Beberapa variabel penelitian berdasarkan penelitian terdahulu disampaikan pada Tabel 3.1

**Tabel 3.2** Variabel Penelitian Pada Penelitian Terdahulu

No	Variabel	Jurnal 1	Jurnal 2	Jurnal 3	Jurnal 4	Jurnal 5	Jurnal 6	Jurnal 7	Jurnal 8
1.	Metode	Reaksi hidrolisis asam menggunakan katalis H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , fermentasi dan distilasi	Reaksi hidrolisis asam menggunakan katalis HCl, fermentasi, distilasi	Reaksi hidrolisis asam menggunakan katalis H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , fermentasi dan distilasi	Pretreatment alkali, Reaksi hidrolisis asam, fermentasi.	Pretreatment, Reaksi hidrolisis selulosa dan hemiselulosa, pemisahan residu lignin, fermentasi gula, distilasi.	Fermentasi menggunakan <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak (SFS)	Sakarifikasi dan Fermentasi Simultan (SSF)
2.	Katalis	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HCl	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HCl	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , MgSO <sub>4</sub>	-
3.	Suhu	70,90, 100°C (Hidrolisis)	80°C (distilasi)	100°C (hidrolisis), 27-30 °C (fermentasi)	120°C (Hidrolisis)	50-90 °C (Hidrolisis), 29-39 °C (Fermentasi), 55 °C (Distilasi)	100 °C (Hidrolisis), 30 dan 40 °C (Fermentasi)	30 °C (Fermentasi)	121°C (Fermentasi)
4.	Waktu fermentasi	-	3,5 dan 7 hari (fermentasi)	48 ; 96 ; 144 ; 192 jam	3 hari	10 – 30 jam (Waktu shaker), 18	2, 4, 6, 8 hari	9 hari	7 hari



No	Variabel	Jurnal 1	Jurnal 2	Jurnal 3	Jurnal 4	Jurnal 5	Jurnal 6	Jurnal 7	Jurnal 8
						jam (Waktu pendiaman)			
5.	Waktu Hidrolisis	10, 20, 30 menit	60 menit	2,5 jam	0, 24, 48, 72 jam	20-60 menit	1 Jam	-	-
6.	Starter	1 %	50 ml ; 150 ml ; 250 ml ; 350 ml	4,6640 gram ; 4,6886 gram ; 4,6717 gram ; 4,6906 gram	-	6,5-8,5 g	3%	6%	4 % ( <i>Aspergillus niger</i> ), 3% ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> )
7.	Konsentrasi Katalis	0,5; 1,5;2,5	5%	15%	6:1	0,5-2,5 %	3%	0,06 g	-

## BAB 4

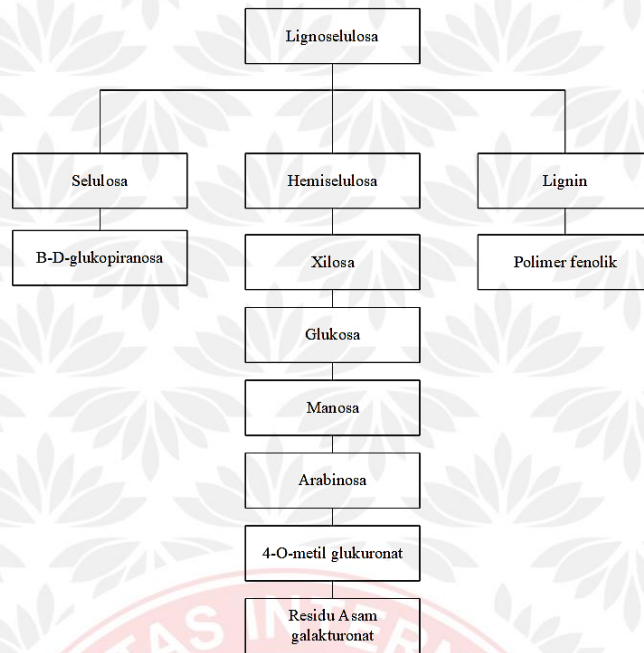
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Proses Produksi Bioetanol

Bioetanol atau etil alkohol, grain alkohol,  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$  atau ETOH. Secara umum bioetanol merupakan bahan bakar nabati cair yang diproses dari bahan baku biomassa dan teknologi konversi. Bioetanol adalah sumber daya yang berbasis bio yang dapat diperbaharui dan mengandung oksigen sehingga memberikan potensi untuk mengurangi emisi partikulat pada mesin pengapian kompresi. Bioetanol memiliki batas kemampuan terbakar yang lebih luas, memiliki nilai angka oktan yang lebih tinggi, dan panas penguapan yang lebih tinggi daripada bensin. Sifat-sifat ini menghasilkan rasio kompresi yang lebih tinggi, waktu pembakaran yang lebih singkat dan mesin pembakaran yang lebih ramping, yang mengarah pada keuntungan efisiensi teoritis dibandingkan bensin dalam mesin pembakaran internal (MacLean HL, 2003).

Bahan bakar nabati berasal dari minyak nabati, gula bit, sereal, limbah organik, dan pengolahan biomassa. Bahan baku biologis yang mengandung sejumlah besar gula atau bahan yang dapat diubah menjadi gula, seperti pati atau selulosa dapat melalui proses fermentasi untuk menghasilkan bioetanol untuk digunakan dalam mesin bensin (Malc-a J, 2006). Bahan baku bioetanol dapat dengan mudah diklasifikasikan menjadi tiga jenis yaitu : (i) bahan baku yang mengandung sukrosa (misalnya bit gula, sorgum manis dan tebu), (ii) bahan bertepung (misalnya gandum, jagung, dan barley), dan (iii) lignoselulosa biomassa (misalnya kayu, jerami, dan rumput). Lignoselulosa, seperti residu pertanian ,atau tanaman kayu, merupakan bahan yang menarik untuk produksi bahan bakar bioetanol karena merupakan sumber daya yang dapat diperoduksi ulang. Biomassa lignoselulosa dapat menghasilkan hingga 442 miliar liter bioetanol per tahun (). Struktur dasar semua biomassa lignoselulosa terdiri dari tiga polimer dasar: selulosa ( $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ )<sub>x</sub> , hemiselulosa seperti xilan ( $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_4$ )<sub>m</sub> , dan lignin [ $\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}_3(\text{OCH}_3)_{0,9-1,7}$ ]<sub>n</sub> pada batang, daun, dan kulit tanaman (Linoj Kumar NV,2006).





Gambar 4.1 Komponen Penyusun Lignocellulosa

Lignocellulosa merupakan biomassa yang disusun oleh komponen selulosa, hemiselulosa dan lignin, dapat dilihat pada gambar 4.1 komponen penyusun selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Selulosa adalah homopolisakarida yang terdiri dari b-D-unitglukopiranos yang dihubungkan bersama oleh (1-4) ikatanglikosidik. Molekul selulosa bersifat linier; b-D-glucopyranose unit rantai berada di kursi konformasi dan substituen HO<sub>2</sub>, HO<sub>3</sub>, dan CH<sub>2</sub>OH berorientasi ekuator. Glukosa anhidrida, yang dibentuk melalui penghilangan air dari setiap glukosa, dipolimerisasi menjadi rantai selulosa panjang yang mengandung 5.000-10.000 unit glukosa. Unit pengulangan dasar dari polimer selulosa terdiri dari dua unit glukosa anhidrida, yang disebut unit selobiosa (Bohlmann GM, 2006).

Hemiselulosa adalah campuran dari berbagai monosakarida terpolimerisasi seperti glukosa, manosa, galaktosa, xilosa, arabinosa, asam 4-O-metil glukuronat dan residu asam galakturonat. Xilosa adalah gula pentosa utama yang berasal dari hemiselulosa dari sebagian besar stok pakan kayu keras, tetapi arabinosa dapat menghasilkan sejumlah besar gula pentosa yang berasal dari berbagai pertanian, residu dan tanaman herba lainnya, seperti *switchgrass*, yang sedang dipertimbangkan untuk digunakan sebagai tanaman energi khusus (Hamelinck CN, 2005).

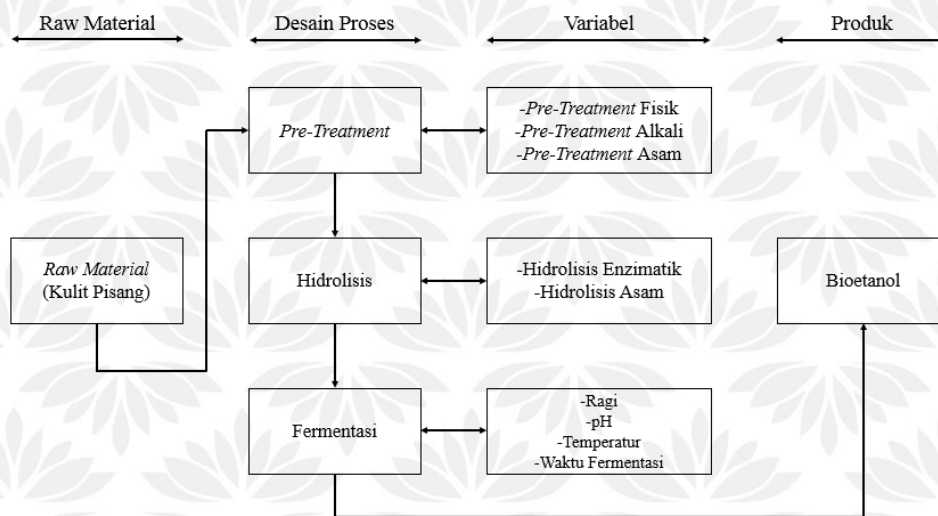
Lignin adalah polimer aromatik mono nuklear yang sangat bercabang dan tersubstitusi di dinding sel biomassa tertentu, terutama spesies berkayu, dan sering terikat pada serat selulosa yang berdekatan untuk membentuk kompleks lignoselulosa. Kompleks ini dan lignin sendiri seringkali cukup tahan terhadap konversi oleh sistem mikroba dan banyak agen kimia. Isi lignin pada basis kering baik di kayu lunak dan kayu keras umumnya berkisar dari 20% sampai 40% berat dan dari 10% sampai 40% berat di berbagai spesies herba, seperti ampas tebu, tongkol jagung, kulit kacang tanah, sekam padi dan sedotan (Yaman S, 2004).

Biokonversi selulosa dan hemiselulosa menjadi gula monomer misalnya karbohidrat dengan 5 dan 6 karbon lebih sulit dicapai daripada konversi pati, yang saat ini digunakan untuk produksi bioetanol. Ada beberapa opsi untuk proses lignoselulosa-menjadi-bioetanol. Berikut beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan pada proses produksi bioetanol berbasis gula atau pati.

1. De-polimerisasi selulosa dan hemiselulosa yang efisien menjadi gula yang larut.
2. Fermentasi yang efisien dari hidrolisat campuran gula yang mengandung gula enam karbon (heksosa) dan lima karbon (pentosa) serta senyawa penghambat fermentasi.
3. Integrasi proses lanjutan untuk meminimalkan permintaan energi proses.
4. Kandungan lignin yang lebih rendah dari bahan baku menurunkan biaya bioetanol (Hahn-Hagerdal B, 2006)

Salah satu keuntungan dari biokonversi dengan lignoselulosa adalah peluang untuk membuat *biorefinery*, menghasilkan produk sampingan bernilai tambah ditambah bahan bakar bioetanol. Misalnya, gula dapat mengalami fermentasi bakteri dalam kondisi aerobik dan anaerobik, menghasilkan berbagai produk lain termasuk asam laktat, yang selanjutnya dapat diproses menjadi plastik dan produk lain. Komponen non-karbohidrat lignin juga memiliki potensi untuk digunakan dalam aplikasi yang memiliki nilai tambah (McAloon A, 2000). Pengolahan lignoselulosa menjadi bioetanol terdiri dari empat unit operasi utama: pretreatment, hidrolisis, fermentasi.





**Gambar 4.2** Mekanisme Proses Pembuatan Bioetanol

Gambar 4.2 merupakan mekanisme pembuatan bioetanol dari kulit pisang. Pada tahapan yang pertama terdapat raw material yang berupa kulit pisang. Kemudian lanjut ke tahap selanjutnya yaitu proses *pretreatment*, dimana pada proses *pretreatment* terdapat 3 macam yaitu pretreatment fisik, pretreatment alkali, pretreatment asam. Selanjutnya lanjut ke tahap proses hidrolisis, dimana proses hidrolisis ini terdapat 2 macam proses yaitu hidrolisis enzimatik dan hidrolisis asam. Lalu lanjut ke tahap fermentasi, dimana faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses fermentasi adalah ragi, pH, temperatur, dan waktu fermentasi. Setelah melalui beberapa tahapan proses akan diperoleh bioetanol dari kulit pisang (Yusuf,2019).

#### 4.2 Komposisi Kulit Pisang

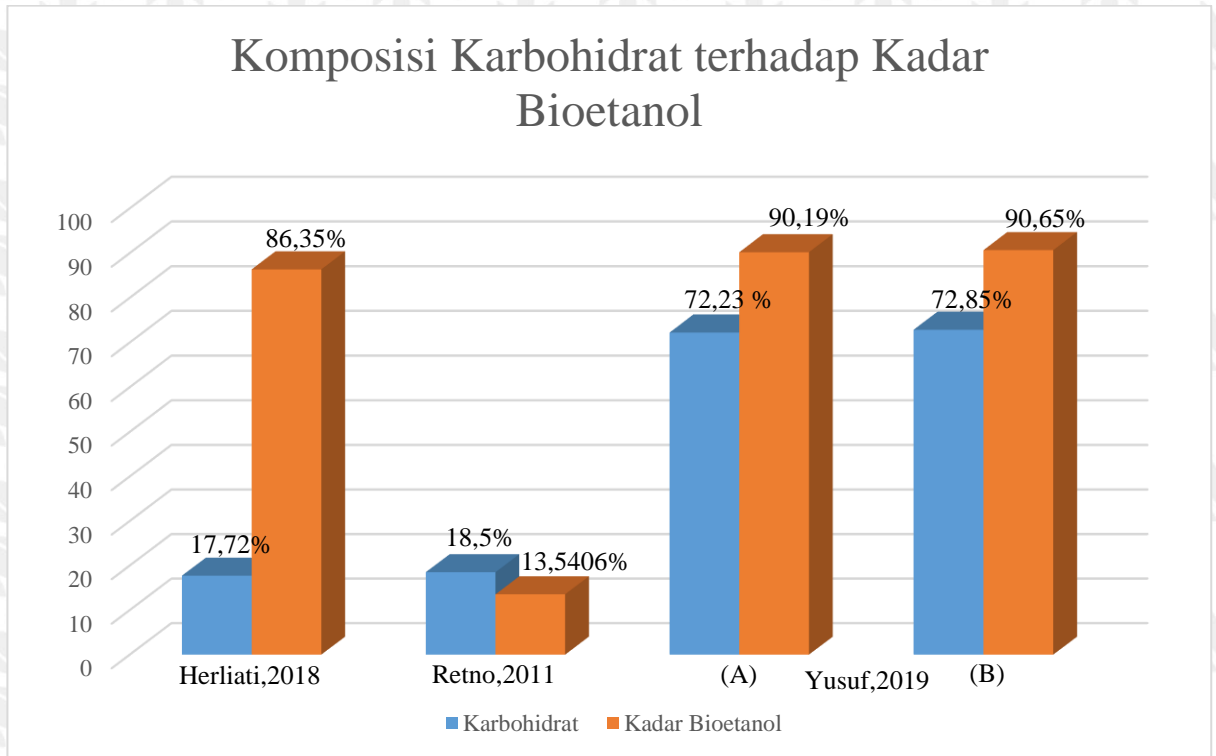
Komposisi kulit pisang ditampilkan pada Tabel 4.1. Karbohidrat, lignin, dan selulosa merupakan komposisi utama yang ada pada kulit pisang. Tabel berikut menunjukkan hasil penelitian yang telah dilakukan dimana komposisi utama kulit pisang yaitu karbohidrat yang berkisar antara 9,15 – 83,0402 %. Sedangkan komposisi lainnya terdiri dari lignin, hemiselulosa, pentose, silika, dan lainnya.

**Tabel 4.1** Review Komposisi Kulit Pisang

Komposisi	Chongkong, 2012(%)	Retno, 2011	Fatmawati (%)	Yusuf, 2019(g/100g)		Gebregers, 2016 (%w/w)	Herliati, 2018 (%)
				A	B		
Protein	1,27	0,32 %				6,00	
Lemak kasar	1,82			3,99	3,13	6,00	
Kelembapan	86,01			8,51	8,71		
Abu	1,75		0,0664	8,23	7,74		
Serat kasar	2,28						
Karbohidrat	9,15	18,50 %	83,0402	72,23	72,85	20,00	17,72 %
Air		69,80 %					
Lemak		2,11 %					
Pospor		117 mg/100 gr					
Besi		0,6 mg/100 gr					
Vitamin B		0,12 mg/100 gr					
Vitamin C		17,5 mg/100 gr					
Glukosa (Pati kulit pisang)						2,00	
Lignin			16,8935			9,00	
Protein mentah				5,53	4,84		
Serat makanan				14,10	10,92	19,00	
Selulosa						9,00	
Hemiselulosa						8,00	
Padatan lainnya						6,00	
Pektin						11,00	
Xilosa						1,00	

Berikut merupakan diagram komposisi karbohidrat terhadap kadar bioetanol yang disampaikan pada gambar 4.3. Dari diagram dapat dilihat bahwa semakin tinggi kadar karbohidrat maka kadar bioetanol semakin tinggi. Penelitian dari Yusuf, 2019 menghasilkan kadar bioetanol yang paling tinggi yaitu 98,16 % dengan kondisi operasinya yaitu pada pH 5 dengan ragi yang digunakan adalah *Saccharomyces cerevisiae*, temperatur 33,39°C, dan waktu fermentasi 30 jam.





**Gambar 4.3** Komposisi Karbohidrat Terhadap Kadar Bioetanol

#### 4.3 Pretreatment

Data proses pretreatment disampaikan pada Tabel 4.2. Secara garis besar, proses pretreatment terdiri dari 3 proses, yaitu pretreatment fisik, pretreatment alkali dan pretreatment asam. Pretreatment fisik bertujuan untuk mengurangi ukuran partikel bahan baku. Perubahan ukuran menjadi bagian yang lebih kecil merupakan metode yang efektif untuk meningkatkan aksesibilitas enzim atau dalam proses hidrolisis lignoselulosa. Metode ini bersifat ramah lingkungan karena tidak menggunakan bahan kimia yang menghasilkan efek samping terhadap lingkungan. Proses pretreatment fisik diantaranya pemotongan, penjemuran, pengeringan dan penggilingan dapat dilihat dalam Tabel 4.2. Proses penggilingan kulit pisang bertujuan untuk memperkecil ukuran partikel serta mengubah struktur renik jaringan dan struktur kristal lignoselulosa (Hidayat, dkk, 2018).

**Tabel 4.2** Review Pretreatment Pada Kulit Pisang

Kondisi	Kadar Selulosa	Kadar Karbohidrat	Kadar Lignin	Kadar Bioetanol	Referensi
<b>Pretreatment Fisik</b>					
Pemotongan dan penggilingan		A (72,23 %) B (72,85 %)		A(90,19%) B(90,65%)	Yusuf, 2019
Pemotongan, pengeringan dan penghancuran	9% w/w		9% w/w	45,15 %	Gebregergsa, 2016
Pemotongan, desinfeksi, penjemuran dan penggilingan				6,540 %	Singh, Ajay Kumar. 2014
Pengeringan dan pemblenderan		3,68 %		13,5406 %	Retno, Dyah Tri Retno. 2011
Pengeringan dan pemblenderan				4,915 %	Muksin, I Ketut. 2019
Pemotongan dan perebusan				Direbus (9, 7917 %), Tidak direbus (6,2646 %)	Setiawati, 2013
Pemotongan dan penghalusan				314,46 gr/Kg kulit pisang kering	Apriliani, 2013
<b>Pretreatment Alkali</b>					
Larutan NaOH 30 % b/v, Suhu 80 °C	90, 266 %	96,87 %	2,884 %		Fatmawati, A. 2011
<b>Pretreatment Alkali</b>					
Larutan NaOH 1,0 M	14,56%	23,20 %	21,29%	2,4 mg/100 mL	Sukowati, 2014
<b>Pretreatment Asam</b>					
5% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Temperatur 120°C, Waktu pretreatment 6 jam				80%	Danmaliki, Gaddafi I. 2016
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1 %), Temperatur (121°C), Waktu hidrolisis (30 menit)				13,1154%	Seftian, 2012

### Pretreatment fisik

Pretreatment fisik diantaranya adalah penggilingan, irradiasi, pemberian suhu tinggi, dan steam explosion. Pretreatment jenis ini cukup efektif dalam memecah lignin, namun proses ini membutuhkan energi yang sangat tinggi sehingga bisa meningkatkan biaya produksi. Pretreatment fisik dilakukan sebelum proses hidrolisis atau *pretreatment* lain. Pada proses *pretreatment* fisik kadar selulosa, kadar karbohidrat dan kadar lignin masing-masing sebesar 9% w/w, 3.68-



2,85% dan 9% w/w. Berdasarkan pretreatment fisik kadar bioetanol yang diperoleh yaitu antara 4,915% - 90,65% . Pada proses pretreatment fisik, penelitian yang paling optimum yaitu penelitian Yusuf,2019 karena menghasilkan bioetanol paling tinggi yaitu sebesar 90,65%.

### **Pretreatment alkali**

Pretreatment alkali atau pretreatment basa, termasuk dalam salah satu metode pretreatment kimia. Pretreatment alkali mengurangi kandungan lignin dan hemiselulosa dalam biomassa, meningkatkan luas permukaan, memungkinkan penetrasi molekul air ke lapisan dalam, dan memutus ikatan antara hemiselulosa dan lignin-carbohydrate. Tujuan penambahan larutan alkali (basa) yaitu untuk merusak struktur lignin dan ikatan antara lignin dengan hemiselulosa lainnya dalam biomassa lignoselulostik. pretreatment ini menghilangkan asetil (inhibitor) dan berbagai substitusi asam uronat pada hemiselulosa yang menurunkan aksesibilitas enzim ke permukaan hemiselulosa dan selulosa. Proses pretreatment alkali menggunakan suhu dan tekanan yang lebih rendah dibandingkan dengan teknologi pretreatment lain. Alkali diubah menjadi garam yang tidak dapat diperoleh kembali atau dimasukkan sebagai garam ke dalam biomassa melalui reaksi perlakuan awal. Karakteristik pretreatment alkali adalah dapat menghilangkan lignin tanpa menimbulkan efek yang besar pada komponen lain (Nurika,2019; Balat, 2008).

Pretreatment basa umumnya menggunakan senyawa yang bersifat basa seperti NaOH, KOH, Ca(OH)<sub>2</sub>, hidrazin dan amonia anhidrat. Pada pretreatment alkali, NaOH merupakan senyawa paling sering digunakan sebagai agen alkali. NaOH encer biasanya digunakan untuk pretreatment alkali. Dari aspek ekonomi dan lingkungan, pengolahan NaOH encer lebih tepat dibandingkan dengan pretreatment NaOH pekat. Kombinasi perawatan NaOH encer dan perawatan lain tampaknya lebih efisien. Tujuan utama pretreatment adalah penghilangan lignin dari biomassa.

Pretreatment ini sangat efektif untuk digunakan pada biomassa lignoselulostik dengan kadar lignin rendah. Pada proses *pretreatment* alkali kadar selulosa, kadar karbohidrat dan kadar lignin yang diperoleh masing-masing sebesar

14,56-90,266% , 23,2%-96,87% dan 2,884%- 21,29%. Berdasarkan pretreatment alkali kadar bioetanol yang diperoleh yaitu 2,4 mg/100 mL.

### **Pretreatment asam**

Pretreatment asam merupakan metode pretreatment yang menggunakan larutan asam. Pretreatment asam digunakan untuk hidrolisis hemiselulosa menjadi monomer dengan merusak ikatan polimer, meningkatkan jumlah selulosa dan meningkatkan biodegradabilitas. Selain itu pretreatment asam dapat mempengaruhi struktur lignin. Tujuan dari pretreatment asam yaitu untuk melarutkan sebagian hemiselulosa agar dalam proses hidrolisis enzim , akseibilitas enzim selulase ke struktur selulosa lebih mudah. Pengaruh asam lebih kuat pada hemiselulosa dan lignin dibandingkan dengan struktur kristal selulosa. Asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) , asam klorida (HCl) , asam nitrat ( $HNO_3$ ), asam fosfat ( $H_3PO_4$ ), *acetic*, dan *maleic* adalah asam yang paling umum digunakan untuk pretreatment substrat, asam organik dan anorganik lainnya (Keskin dkk ,2019).

Metode pretreatment asam dibagi menjadi dua jenis yaitu menggunakan asam pekat dan asam yang telah diencerkan. Penggunaan asam pekat sangat efektif dalam proses hidrolisis selulosa akan tetapi memiliki efek samping seperti meningkatkan pembentukan inhibitor, *recovery* asam yang digunakan cukup sulit, biaya yang dibutuhkan lebih mahal dibandingkan penggunaan asam encer ,dan reaktor membutuhkan konstruksi khusus karena asam pekat sangat korosif .Kelebihan dari penggunaan asam encer yaitu : (1) dapat digunakan pada suhu yang cukup tinggi ( $180^{\circ}C$ ) dalam waktu yang relatif singkat dan pada waktu relatif lebih lama dapat menggunakan suhu yang lebih rendah ( $120^{\circ}C$ ). (2) asam encer selain dapat melarutkan hemiselulosa dapat mengkonversi hemiselulosa terlarut menjadi gula dan asam encer. (3) dapat mengurangi penggunaan hemiselulase pada hidrolisis enzimatik (Tomás dkk, 2011).

Pretreatment asam encer pada suhu sedang menggunakan asam sulfat atau asam fosfat digunakan untuk mengubah biomassa lignoselulosa, termasuk fraksi hemiselulosa, menjadi gula larut, diikuti dengan hidrolisis enzim katalis dari fraksi selulosa menjadi glukosa. Terdapat dua jenis proses pretreatment asam encer yaitu : (i) proses aliran kontinyu pada temperatur tinggi diatas  $160^{\circ}C$ , dan (ii) proses



batch pada temperatur dibawah 160°C. Secara umum, suhu pretreatment yang lebih tinggi dan waktu tinggal reaktor yang lebih pendek menghasilkan hasil pemulihan xilosa terlarut yang lebih tinggi dan daya cerna selulosa enzimatik. Pra-pengolahan asam encer dengan suhu yang lebih tinggi dapat meningkatkan selulosa kecernaan residu yang telah diolah sebelumnya. Tergantung pada substrat dan kondisi yang digunakan, antara 80 dan 95% gula hemiselulosa dapat diperoleh kembali dengan pengolahan awal asam encer dari bahan baku lignoselulosa (Balat, 2008).

Pada *pretreatment* asam larutan yang sering digunakan yaitu larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Berdasarkan pretreatment asam kadar bioetanol yang diperoleh yaitu antara 13,114 - 80%. Pada proses pretreatment asam, penelitian yang paling optimum yaitu penelitian Danmaliki, Gaddafi I. 2016 karena menghasilkan bioetanol paling tinggi yaitu sebesar 80%.

#### 4.4 Hidrolisis

Hidrolisis merupakan proses pemecahan ikatan lignin, atau perubahan struktur kristal dari selulosa sehingga kandungan lignin dan hemiselulosa akan berkurang. Pemecahan struktur kristal selulosa memudahkan penguraian selulosa menjadi glukosa dan hemiselulosa menjadi gula yang lebih sederhana seperti glukosa, galaktosa, manosa, heksosa, pentosa, xilosa, dan arabinosa. Secara umum terdapat dua metode utama dalam penguraian selulosa menjadi glukosa yaitu hidrolisis enzimatik dan hidrolisis asam. Beberapa proses hidrolisis disampaikan pada Tabel 4.3 (Osvaldo, 2012)

**Tabel 4.3** Review Proses Hidrolisis Pada Kulit Pisang

Kondisi	Kadar Gula Reduksi	Kadar Bioetanol	Referensi
<b>Hidrolisis Enzimatik</b>			
Enzim <i>celluclast</i> : 0,495 ml dan <i>Novozyme</i> : 0,495 ml pH : 4,8, Temperature : 50°C, Waktu hidrolisis : 7 hari	5,9974 g/L		Fatmawati, A. 2011
<i>Aspergillus niger</i> , pH 4-5, 100 °C, volume enzim (1, 3, 5, 7, 9 ml), Waktu Hidrolisis 24 Jam	0,012 %	13, 1154 %	Seftian,2012
<b>Hidrolisis Asam</b>			

Kondisi	Kadar Gula Reduksi	Kadar Bioetanol	Referensi
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> : 1,5% v/v Temperatur : 70°C, Waktu hidrolisis : 40 menit	A (77,03 g/L), B (75,32 g/L)	A (90,19 %), B (90,65%)	Yusuf, Abdulfatah Abdu. 2019
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> : 1,5 % v/v Tempertur : 90 °C Waktu hidrolisis : 20 menit		45,15 %	Gebregergsa, 2016
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (0,5 N), Temperatur (100°C), Waktu hidrolisis (2,5 jam)	3, 13 %	13,5406 %	Retno, Dyah Tri Retno. 2011
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> : 10 % Temperatur : 120°C, Waktu hidrolisis : 6 jam	1,4 %	80 %	Danmaliki, Gaddafi I. 2016
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (0,5 % w), Temperatur (110°C), Waktu hidrolisis (4 jam)	4,29 g/L		Chongkong, Sininart. 2012
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,5 M Temperatur 90°C Waktu hidrolisis 80 menit pH 5,62	0,078 ppm		Mayang, 2019
<b>Hidrolisis Asam</b>			
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,05 M, Temperatur 121°C Waktu hidrolisis 15 menit	11,26 mg/100mL	2,4 mg/100 mL	Sukowati, 2014
HCl (3%), Temperatur (100°C), Waktu hidrolisis (1 jam)		86, 35 %	Herliati, 2018
HCl (5%), Waktu hidrolisis (1 jam)		40%	Wusnah, 2016
HCl 2,5 N Waktu hidrolisis (60 menit) Temperatur (100°C),	10,7 mg/ml		Sukowati, 2015
HCl 37%, pH 1, Waktu Hidrolisis 1 Jam, Temperatur 70 °C	83, 021 gr/l	314,46 gr/Kg kulit pisang kering	Apriliani, 2013

Hidrolisis enzimatik merupakan proses penambahan selulase dengan tujuan hidrolisis biomassa lignoselulosa menjadi gula. Hidrolisis enzimatik memiliki dampak yang lebih kecil terhadap lingkungan, menghasilkan konversi gula lebih dari 80% . Enzim selulase adalah enzim yang paling banyak digunakan untuk degradasi polisakarida menjadi glukosa, dan dapat dikategorikan menjadi tiga kelas utama, yaitu endo-glukanase, Fexo-glukanase, dan β-glukosidase. Mekanisme endoglukanase adalah hidrolisis gula kompleks dari bahan baku dengan memecah bagian dalam daerah amorf selulosa. Fexo-glukanase, adalah degradasi selulosa dengan membelah unit selobiosa dari ujung serat selulosa yang tidak mereduksi untuk memungkinkan hidrolisis enzim. Kombinasi β-glukosidase, residu selobiase



akhirnya dipecah menjadi dua unit glukosa. Ketika reaksi berlangsung, struktur polisakarida dirusak dengan mengikat kompleks enzim (Liu, 2019).

Proses hidrolisis enzimatis melalui beberapa tahapan yaitu: (1) transfer enzim dari fase *bulk aqueous* ke permukaan selulosa, (2) adsorpsi enzim dan pembentukan kompleks enzim-substrat, (3) hidrolisis selulosa, (4) transfer produk hidrolisis dari permukaan partikel selulosa ke fasa *bulk aqueous*, dan (5) hidrolisis *cellodextrins* dan *cellobiosa* menjadi glukosa dalam fase air. Laju proses dipengaruhi oleh struktur biomassa lignoselulosa dan komposisi sumber selulase (Fan, 2014). Proses hidrolisis enzimatis pada penelitian Fatmawati, A. 2011 menggunakan enzim *celluclast* dan enzim *Novozyme* dengan pH 4,8, temperature 50°C, serta waktu hidrolisis selama 7 hari sehingga didapatkan kadar gula reduksi sebesar 5,9974 g/L.

### **Hidrolisis Asam**

Hidrolisis Asam merupakan proses hidrolisis ketika lignoselulosa dicampurkan dengan asam pada tekanan dan suhu tertentu sehingga menghasilkan monomer gula yang berasal dari polimer selulosa dan hemiselulosa. Asam yang umum digunakan pada proses hidrolisis ini adalah Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ ), HCl, dan asam perklorat. Hidrolisis asam berlangsung pada temperatur rendah, dan pada konsentrasi yang digunakan cukup tinggi yaitu 30-70%. Peralatan yang digunakan adalah logam yang dibuat secara khusus. Hal ini karena asam bersifat korosif. Salah satu katalis asam yang baik digunakan adalah HCl. HCl merupakan salah satu oksidator kuat serta mudah diperoleh. Kelebihan penggunaan HCl daripada penggunaan  $H_2SO_4$  berdasarkan kecepatan laju reaksinya, HCl memberikan laju reaksi hidrolisis yang lebih cepat daripada  $H_2SO_4$ .

Hidrolisis asam dibedakan menjadi 2 jenis yaitu hidrolisis asam pekat dan hidrolisis asam encer. Prinsip hidrolisis asam pekat adalah kristal selulosa dapat dilarutkan seluruhnya dalam asam sulfat 72%, asam klorida 42% atau asam fosfat 77-83% pada suhu yang lebih rendah sehingga proses hidrolisis selulosa homogen. Selama proses hidrolisis asam pekat, selulosa dapat diubah menjadi beberapa oligosakarida yang mengandung unit glukosa, terutama *cellotetraose* (polimer empat glukosa). Pada pengenceran lebih lanjut dengan air dan pemanasan untuk

waktu tertentu, *cellotetraose* dihidrolisis menjadi glukosa. Hidrolisis dilakukan pada 100°C selama 30–120 menit dan rendemen gula yang diperoleh sebesar 78–82%. Keuntungan dari hidrolisis asam pekat adalah hasil gula yang lebih tinggi.

Hidrolisis asam pekat membutuhkan waktu reaksi yang lama, dan konsentrasi asam yang tinggi, yang menyebabkan korosi pada reaktor. Konsentrasi asam yang tinggi mengakibatkan pencemaran lingkungan yang sulit untuk didaur ulang sehingga membatasi perkembangan hidrolisis asam pekat.

Hidrolisis asam encer merupakan proses hidrolisis selulosa menjadi glukosa monosakarida dengan menggunakan asam anorganik seperti asam sulfat atau asam klorida sebagai katalis, umumnya di bawah beban 10% (w/w). Temperatur reaksi hidrolisis antara 100 - 240°C, dan tekanan lebih dari 1 MPa, yang berada di atas tekanan uap jenuh cairan. Hidrolisis asam encer merupakan proses yang sederhana. Metode ini memiliki keunggulan konsentrasi asam rendah, berdampak rendah terhadap lingkungan, pengolahan limbah sederhana, dan biaya bahan baku rendah. Namun, proses ini membutuhkan suhu dan tekanan tinggi, dan laju reaksi awal sangat lambat.

Asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) salah satu zat yang dapat digunakan untuk menguraikan gula sederhana dari ikatan polisakarida dengan cara memutus rantai panjang polisakarida. Peran asam pada proses hidrolisis dapat dijelaskan dengan kemampuannya dalam memutus ikatan rantai panjang antar polisakarida. Pada langkah awal, kerusakan ikatan hidrogen terjadi karena rantai putus dan mengubah bahan baku menjadi keadaan yang sama sekali tidak berbentuk. Polisakarida sangat rentan terhadap hidrolisis pada saat ini. Kemudian, asam menjadi katalis untuk membelah polisakarida dengan hidrolisis ikatan *glycosidic*. Penambahan atau pengenceran dengan air pada suhu sedang membuat proses hidrolisis berlangsung cepat.

Berdasarkan Tabel 4.3 pada penelitian Herliati, 2018 hidrolisis asam menggunakan HCl sebesar 3% dengan temperatur 100°C dengan waktu hidrolisis selama 1 jam didapatkan kadar bioetanol yang cukup besar yaitu sebesar 86,35 %. Jika dibandingkan dengan hidrolisis asam yang menggunakan  $H_2SO_4$ .



#### 4.5 Fermentasi

Review ragi yang digunakan pada proses fermentasi kulit pisang disampaikan pada Tabel 4.4. Dapat dilihat dari tabel bahwa bakteri yang baik digunakan dalam fermentasi adalah bakteri *Saccharomyces cerevisiae*. *Saccharomyces cerevisiae*, memiliki beberapa keunggulan karena produksi bioetanolnya yang tinggi dari heksosa dan toleransi yang tinggi terhadap bioetanol dan senyawa penghambat lainnya dalam hidrolisat asam lignoselulosa (biomassa selulosa) (Katahira S, 2006).

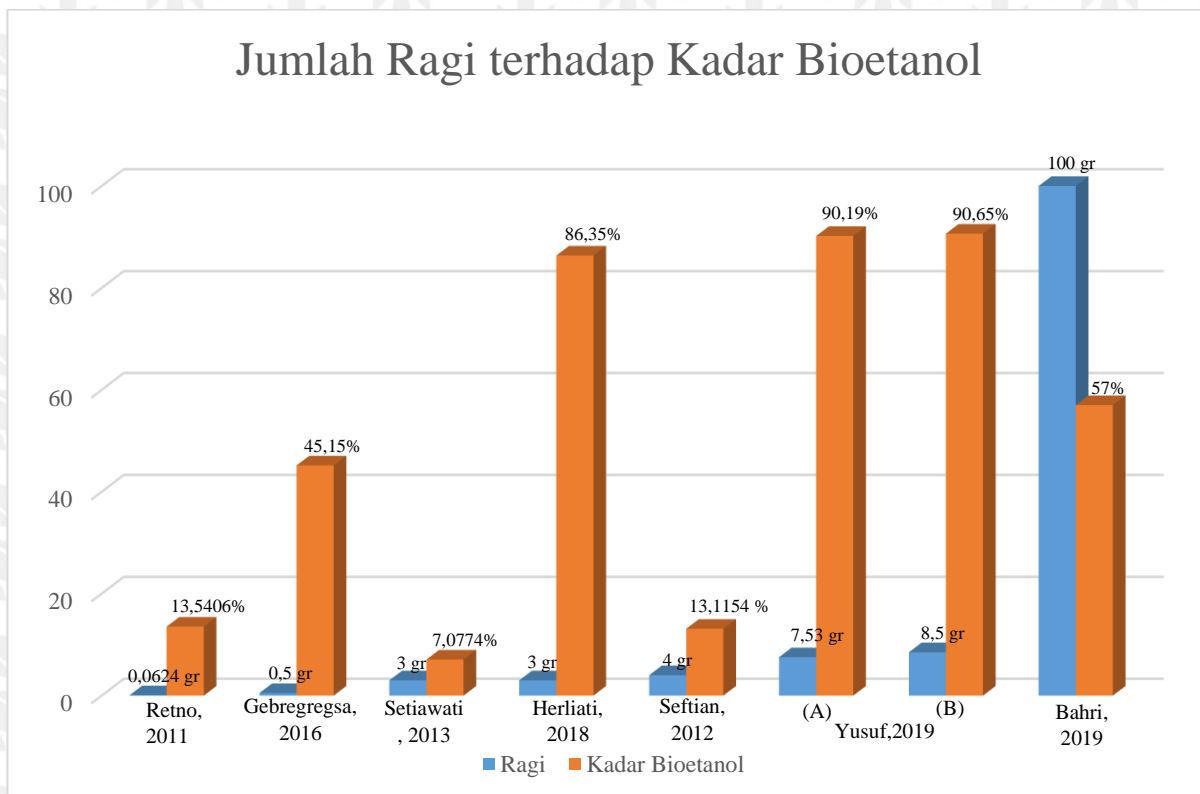
**Tabel 4.4** Review Ragi Yang Digunakan Pada Proses Fermentasi Kulit Pisang

Ragi	Jumlah (g)	Kondisi	Kadar Bioetanol	Referensi
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	A : 7, 53 gr B : 8,5 gr	Sampel A : pH (5), Temperatur(34,5 °C), Waktu Fermentasi (21, 83 jam) Sampel B : pH (5), Temperatur (33, 39°C), Waktu Fermentasi (20, 21 jam)	A (90,19 %), B (90,65%)	Yusuf, Abdulfatah Abdu. 2019
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	0,5 gr	pH (5-5,5), Temperatur (30°C), Waktu Fermentasi (3 hari)	45,15 %	Gebregergsa, 2016
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	0,0624 gr	pH (4-6), Temperatur (27 °C), Waktu fermentasi (144 jam)	13,5406 %	Retno, Dyah Tri Retno. 2011
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>		Waktu fermentasi (72 jam)	80%	Danmaliki, Gaddafi I. 2016
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	3 %	pH (4), Temperatur (40 °C), Waktu fermentasi (7 jam)	86, 35 %	Herliati, 2018
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	3 %	pH alami, Temperatur (27-30 °C), Waktu fermentasi (2 hari)	7,0774	Setiawati,2013
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	0,2 % b/v	Waktu fermentasi (7 hari)	40%	Wusnah, 2016

Ragi	Jumlah (g)	Kondisi	Kadar Bioetanol	Referensi
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	100 gram	pH 3,4-4 Temperatur : 27-32°C	57%	Bahri, 2019
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	4 gram	Waktu fermentasi 5 hari	13,1154%	Seftian, 2012
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> dan <i>Aspergillus niger</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (12% w/v), <i>Aspergillus niger</i> (3%)	pH (6), Temperatur (30°C), Waktu fermentasi (7 hari)	6,540 %	Singh, Ajay Kumar. 2014
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> dan Enzim selulase	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> : 10 % v/v Enzim selulase : 6% b/v	pH (5), Temperatur (30 °C), Waktu fermentasi (5 hari)	4,915 %	Muksin, I Ketut. 2019

Diagram hubungan jumlah ragi dengan kadar bioetanol disampaikan pada gambar 4.4. Berdasarkan gambar tersebut, penelitian Yusuf, 2019 memberikan hasil yang paling tinggi. Semakin tinggi jumlah ragi maka kadar bioetanol yang diperoleh semakin tinggi. Pada penelitian Bahri 2019, jumlah ragi sangat besar dibandingkan dengan penelitian lainnya. Jumlah ragi ini tidak sebanding dengan nutrisi yang tersedia sehingga kadar bioetanol rendah.





**Gambar 4.4** Diagram Jumlah Ragi Terhadap Kadar Bioetanol

Tabel 4.5 menunjukkan data kadar bioetanol dengan penyetaraan jumlah ragi. Berdasarkan data pada tabel 4.5, dapat diketahui bahwa jumlah ragi yang paling optimum untuk fermentasi kulit pisang yaitu 0.0624 gram, penelitian milik Retno, 2011 dengan kondisi waktu fermentasi 144 jam, pH fermentasi 4-6 dan temperatur fermentasi 27°C.

**Tabel 4.5** Penyetaraan Jumlah ragi terhadap Kadar Bioetanol

Sumber	Jumlah Ragi (gram)				
	0.0624	0.5	4	8.5	100
	Kadar Bioetanol (%)				
Yusuf, 2019	0.665478	5.332353	42.65882	90.65	1066.471
Gebregers, 2016	5.63472	45.15	361.2	481.5115	531.1765
Retno, 2011	13.5406	108.4984	867.9872	1844.473	21699.68
Bahri, 2019	0.035568	0.285	2.28	4.845	57
Seftian, 2012	0.2046	1.639425	13.1154	27.87023	327.885
<b>Maximum</b>	<b>13.5406</b>	<b>108.4984</b>	<b>867.9872</b>	<b>1844.473</b>	<b>21699.68</b>

Berdasarkan review jurnal yang telah dilakukan pH optimum yang digunakan dalam proses fermentasi berada pada rentang 3,4 – 6 hal tersebut dikarenakan ragi *Saccharomyces cerevisiae* dapat bertahan hidup pada rentang 3.5-5.0. Kebanyakan bakteri tumbuh paling baik dalam kisaran pH yang sempit dari 6,5 hingga 7,5 sedangkan ragi dan jamur mentolerir kisaran pH 3,5-5,0. Hal tersebut dikarenakan pH mempengaruhi efektifitas enzim yang dihasilkan mikroorganismenya dalam membentuk kompleks enzim substrat. Selain itu perubahan pH dapat menyebabkan terjadinya proses denaturasi sehingga menurunkan efektivitas enzim (Aminifarshidmehr, 1996)

Ragi dapat bekerja secara efisien pada suhu tinggi lebih dari 36 °C, temperatur fermentasi meningkatkan laju fermentasi. Ragi mengandung mekanisme tahan panas yang sangat kompleks. Hal ini berkaitan erat dengan beberapa perubahan pada proses fisiologis di dalam sel, menjaga proses stabilitas struktural internal sel, termasuk induksi *heat shock* protein (Liu,2019). Ragi *Saccharomyces cerevisiae* tumbuh baik pada temperatur rentang 5-40°C. Temperatur optimal untuk laju pertumbuhan maksimum yaitu pada rentang 25-35°C (Stewart, 2014). Dan pada gambar 4.6 didapatkan t hitung sebesar  $1,8 \times 10^{16}$ , dimana t hitung yang didapatkan melebihi dari t table sehingga jumlah ragi mempengaruhi kadar bioetanol yang dihasilkan

SUMMARY OUTPUT

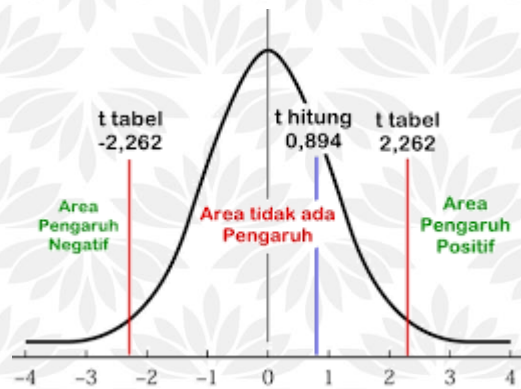
Regression Statistics	
Multiple R	1
R Square	1
Adjusted R Square	1
Standard Error	4,72769E-15
Observations	5

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	7531,882635	7531,882635	3,36981E+32	3,56503E-49
Residual	3	6,70532E-29	2,23511E-29		
Total	4	7531,882635			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	-3,55271E-15	2,44695E-15	-1,451892785	0,242454046	-1,134E-14	4,23458E-15	-1,134E-14	4,23458E-15
X Variable 1	0,093767237	5,10797E-18	1,8357E+16	3,56503E-49	0,093767237	0,093767237	0,093767237	0,093767237

**Gambar 4.5** Hasil Regresi Linier Jumlah Ragi terhadap Kadar Bioetanol





**Gambar 4.6** Kurva Regresi Uji t

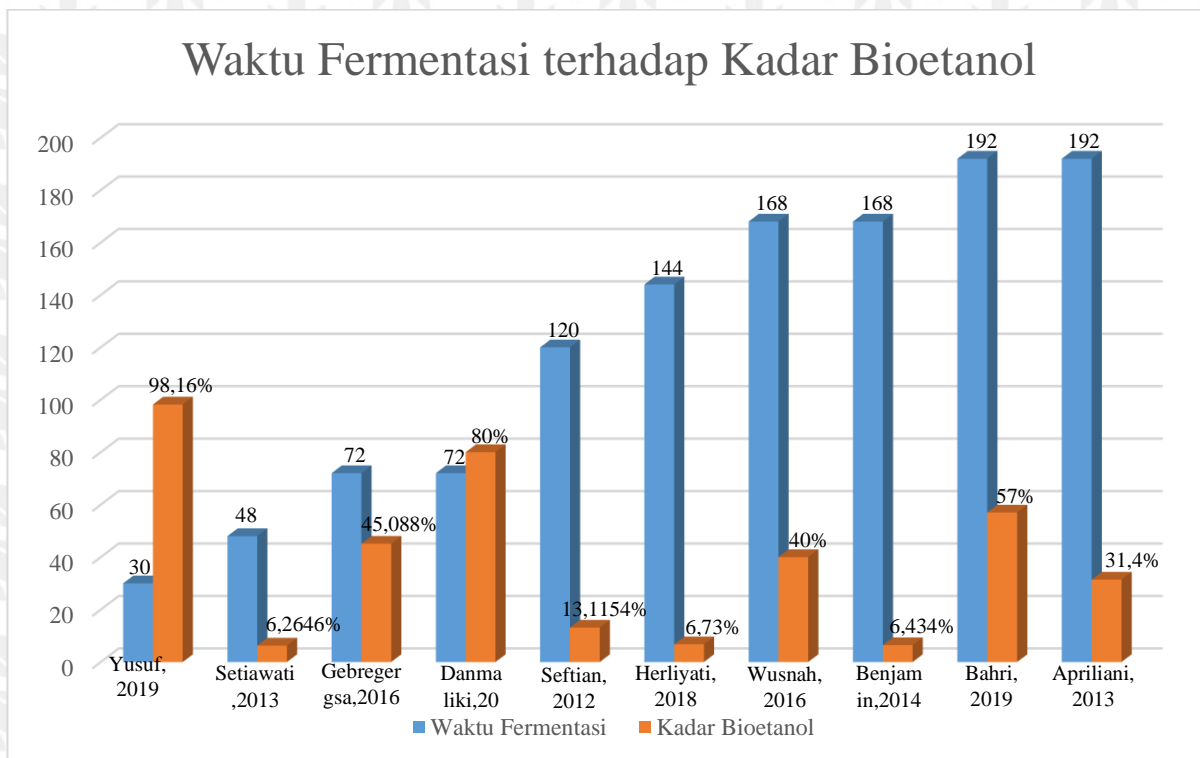
Review waktu fermentasi pada proses fermentasi bioetanol disampaikan pada Tabel 4.6 Berdasarkan hasil review jurnal didapatkan waktu fermentasi yang optimum berada pada rentang 30 jam – 192 jam.

**Tabel 4.6** Waktu Proses Fermentasi Bioetanol dari Kulit Pisang

Waktu Fermentasi	Kondisi	Kadar Bioetanol	Referensi
30 jam	Yeast : 6.5 gram pH : 5 Temperatur : 34.5°C	98.16(% v/v)	Yusuf,2019
48 jam (2 hari)	pH : 4 Temperatur : 27-30 °C Yeast : 3%	6,2646%	Setiawati,2013
3 hari (72 jam)	200 rpm, pH : 5.0-5.5 Temperatur : 30 °C Yeast : 0.5 g	45,088%	Gebregergs, 2016
72 jam		80%	Danmaliki, Gaddafi I. 2016
100 jam	SSF selulosa oleh strain TJ14 Temperatur : 41°C	25-30 g/L	Shahsvarani,2013
100 jam	SSF selulosa oleh strain TJ14 Temperatur : 39°C	45 g/L	Shahsvarani,2013
100 jam	SFF selulosa oleh Strain TISTR5056 waktu fermentasi selama	40 g/L	Shahsvarani,2013

Waktu Fermentasi	Kondisi	Kadar Bioetanol	Referensi
	Temperatur : 38°C		
5 hari (120 jam)	pH : 4.95 Temperatur : 30 °C Yeast : 10 %	5,03 % v/v	Muksin, 2019
5 hari (120 jam)	Yeast : 4 gram	13,1154 %	Seftian, 2012
6 hari (144 jam)	pH : 4 Temperatur : 40°C Yeast : 3%	6,73%	Herliyati, 2018
168 jam	Starter 350 mL Temperatur ruang kamar	40%	Wusnah, 2016
7 hari (168 jam)	Yeast : 3% pH : 7 Temperatur : 30°C	6.434%	Benjamin,2014
8 hari (192 jam)	pH 3,4-4 Yeast : 100 gram Temperatur : 27-32°C	57%	Bahri, 2019
8 hari (192 jam)	pH 4 V. starter 100 mL	314,46 gr/Kg kulit pisang kering	Apriliani,2013





**Gambar 4.6** Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol

Berdasarkan data pada tabel 4.7, dapat diketahui bahwa waktu yang paling optimum untuk fermentasi kulit pisang yaitu 30 jam, penelitian milik Yusuf, 2019 dengan kondisi jumlah ragi yang digunakan sebanyak 6.5 gram, pH fermentasi 5 dan temperatur fermentasi 34.5°C.

**Tabel 4.7** Penyetaraan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol

Sumber	Waktu Fermentasi (Jam)						
	30	48	72	120	144	168	192
	Kadar Bioetanol (%)						
Yusuf, 2019	98.16	157.056	235.584	392.64	471.168	549.696	628.224
Setiawati, 2013	3.915375	6.2646	9.3969	15.6615	18.7938	21.9261	25.0584
Gebregres, 2016	18.78667	18.78667	45.088	75.14667	90.176	105.2053	120.2347
Danmaliki, 2016	33.33333	53.33333	80	133.3333	160	186.6667	213.3333
Muksin, 2019	1.2575	2.012	3.018	5.03	6.036	7.042	8.048
Seftian, 2012	3.27885	5.24616	7.86924	13.1154	15.73848	18.36156	20.98464
Herliyati, 2018	1.402083	2.243333	3.365	5.608333	6.73	7.851667	8.973333
Wusnah, 2016	7.142857	11.42857	17.14286	28.57143	34.28571	40	45.71429

Sumber	Waktu Fermentasi (Jam)						
	30	48	72	120	144	168	192
Kadar Bioetanol (%)							
Benjamin, 2014	1.148929	1.838286	2.757429	4.595714	5.514857	6.434	7.353143
Bahri, 2019	8.90625	14.25	21.375	35.625	42.75	49.875	57
Apriliani, 2013	4.90625	7.85	11.775	19.625	23.55	27.475	31.4
<b>Maximum</b>	<b>98.16</b>	<b>157.056</b>	<b>235.584</b>	<b>392.64</b>	<b>471.168</b>	<b>549.696</b>	<b>628.224</b>

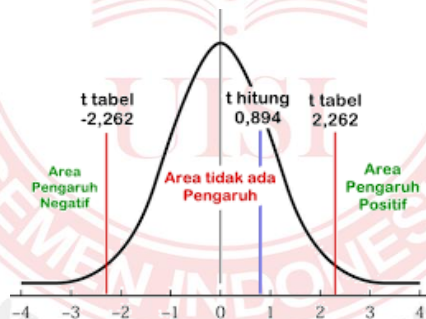
SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	1
R Square	1
Adjusted R Square	1
Standard Error	4,67016E-14
Observations	7

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	246555,7527	246555,7527	1,13045E+32	1,39694E-79
Residual	5	1,09052E-26	2,18104E-27		
Total	6	246555,7527			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	-5,68434E-14	3,83334E-14	-1,482868034	0,198215758	-1,55383E-13	4,16958E-14	-1,55383E-13	4,16958E-14
X Variable 1	3,272	3,07743E-16	1,06323E+16	1,39694E-79	3,272	3,272	3,272	3,272

Gambar 4.7 Hasil Regresi Linier Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol



Gambar 4.8 Kurva Regresi Uji t

Pada waktu 24 jam, mikroba pada ragi tape (kapang, khamir dan bakteri) dan ragi roti (khamir *Saccharomyces cerevisiae*) melakukan adaptasi terhadap lingkungan (fase lag). Pada tahap ini, mikroba memproduksi enzim yang sesuai dengan substrat. *Saccharomyces cerevisiae* melakukan adaptasi (fase lag) dalam waktu 20 jam pertama saat pertumbuhannya. Pada rentang waktu 24 -72 jam, sel khamir mengalami peningkatan jumlah sel (fase eksponensial), pada fase ini mulai terbentuk alkohol dan senyawa lain. Pada rentang waktu 72 -120 jam, ragi tape dan ragi roti menunjukkan fase stasioner. Pada fase ini terjadi perubahan secara



kimiawi, Kadar gula dalam media mengalami penurunan karena glukosa diubah menjadi alkohol dan asam-asam organik. Asam-asam organik yang terbentuk menyebabkan penurunan pH. Hal tersebut menyebabkan penurunan jumlah sel khamir.

Pada rentang waktu 120-168 jam menunjukkan penurunan jumlah sel khamir (fase kematian). Hal ini karena nutrisi untuk *Saccharomyces cerevisiae* telah habis diubah menjadi alkohol dan asam-asam organik (sebagai metabolit sekunder). Akumulasi alkohol yang meningkat menyebabkan lingkungan (media) bersifat autotoksin sehingga menyebabkan kematian sel khamir. Semakin lama waktu yang dibutuhkan dalam proses fermentasi maka jumlah sel khamir semakin menurun. Hal tersebut karena kadar alkohol semakin meningkat seiring dengan jumlah substrat yang semakin berkurang. Berdasarkan pada Gambar 4.7 sebagian besar waktu optimum pada fermentasi adalah berada pada rentang 30 jam- 192 jam. Waktu optimum yang menghasilkan kadar bioetanol yang relatif konstan berada pada rentang 72 jam- 100 jam. Berdasarkan tabel 4.7 waktu fermentasi optimum yang didapatkan adalah dari penelitian Yusuf, 2019 dengan waktu fermentasi selama 30 jam. Dan pada gambar 4.7 didapatkan t hitung sebesar  $1,06 \times 10^{16}$ , dimana t hitung yang didapatkan melebihi dari t table sehingga waktu fermentasi mempengaruhi kadar bioetanol yang dihasilkan.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan review jurnal yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil adalah :

1. Proses produksi bioetanol kulit pisang terdiri dari tahapan proses *pretreatment*, hidrolisis dan fermentasi
2. Proses penanganan awal yang optimum dalam produksi bioetanol kulit pisang adalah *pretreatment alkali* dan hidrolisis asam
3. Paramater yang mempengaruhi produksi bioetanol kulit pisang adalah :
  - Komposisi kulit pisang : Semakin tinggi kandungan karbohidrat, maka akan semakin tinggi kadar bioetanol yang dihasilkan.
  - Ragi yang baik digunakan dalam proses fermentasi bioetanol adalah *Saccharomyces cerevisiae* .
  - pH yang baik digunakan dalam proses fermentasi berada pada rentang 3,4-7.
  - Temperatur yang baik digunakan dalam proses fermentasi berada pada rentang 25-40°C.
  - Waktu yang baik digunakan dalam proses fermentasi berada pada rentang 30-192 jam

#### 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, berikut adalah saran untuk penelitian yang akan datang :

1. Berdasarkan tingkat kesiapterapan teknologi/TKT/ Readyness level, review literatur ini adalah TKT 1 sedangkan berdasarkan penelitian-penelitian pada review ini merupakan TKT 3. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian skala laboratorium lebih lanjut.
2. Berdasarkan tingkat kesiapterapan teknologi, perlu dikembangkan strategi bisnis untuk pengembangan hasil penelitian ini.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, R.Z. 2005. Pemanfaatan khamir *Saccharomyces cerevisiae* untuk ternak. *Wartazoa*, 15(1), 49-55.
- Aminifarshidmehr, N., 1996. The management of chronic suppurative otitis media with acid media solution. *The American journal of otology*, 17(1), pp.24-25.
- Ardhiany, S. 2019. Pengaruh Penambahan Ragi Terhadap Kadar Alkohol Pada Proses Pembuatan Bioetanol Dari Kulit Pisang. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 10(01), 13-19.
- Arlianti, Lily. 2018. Bioetanol Sebagai Sumber Green Energy Alternatif yang Potensial Di Indonesia. *Tangerang Banten : Universitas Islam Syekh Yusuf*
- Bahri, S., Aji, A., & Yani, F. 2019. Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Kepok dengan Cara Fermentasi menggunakan Ragi Roti. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 7(2), 85-100.
- Balat, M., Balat, H. and Öz, C., 2008. Progress in bioethanol processing. *Progress in energy and combustion science*, 34(5), pp.551-573.
- Benjamin, C., Singh, P. K., Dipuraj, P. S., Singh, A., Rath, S., Kumar, Y., ... & Peter, J. 2014. Bio-ethanol production from banana peel by simultaneous saccharification and fermentation process using cocultures *Aspergillus niger* and *Saccharomyces cerevisiae* . *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(5), 84-96.
- Bohlmann, G.M., 2006. *Process economic considerations for production of ethanol from biomass feedstocks*. *Industrial Biotechnology*, 2(1), pp.14-20.
- Cahyono, Bambang. 2009. *Pisang :Usaha Tani dan Penanganan Pascapanen*. Yogyakarta :Kanisius
- Chen, H. and Chen, H., 2015. Lignocellulose biorefinery feedstock engineering. *Lignocellulose Biorefinery Engineering, 1st ed.; Woodhead Publishing: Cambridge, UK*, pp.37-86.

- Chongkhong, S., & Doromae, A. 2012. Alkali-pretreatment and acid-hydrolysis of banana peels. In *The 10th international PSU engineering conference, Thailand*.
- Danmaliki, G. I., Muhammad, A. M., Shamsuddeen, A. A., & Usman, B. J. 2016. Bioetanol Production from Banana Peels. *IOSR Journal of Environmental Science*, Ver. II, 10(6), 56-62.
- Fachry, A.R., Astuti, P. & Puspitasari, T.G., 2013. Pembuatan Bioetanol dari Limbah Tongkol Jagung dengan Variasi Konsentrasi Asam Klorida dan Waktu Fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(1), pp.60–69.
- Fan, Z. 2014. Consolidated Bioprocessing for Ethanol Production. In *Biorefineries* (pp. 141-160). Elsevier.
- Fatmawati, A., Gunawan, K. Y., & Hadiwijaya, F. A. 2017. Hydrolysis of alkaline pretreated banana peel. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 273). IOP Publishing.
- Gebregergs, A., Gebresemati, M., & Sahu, O. 2016. Industrial ethanol from banana peels for developing countries: Response surface methodology. *Pacific Science Review A: Natural Science and Engineering*, 18(1), 22-29.
- Gozan, M., 2014. *Teknologi Bioetanol Generasi Kedua, Jakarta: PT Gelora Aksara Pratama*.
- Hahn-Hägerdal, B., Galbe, M., Gorwa-Grauslund, M.F., Lidén, G. and Zacchi, G., 2006. Bio-ethanol—the fuel of tomorrow from the residues of today. *Trends in biotechnology*, 24(12), pp.549-556.
- Hamdiyati, Y., 2011. *Pertumbuhan dan pengendalian mikroorganisme II. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia*.
- Hamelinck, C.N., Van Hooijdonk, G. and Faaij, A.P., 2005. Ethanol from lignocellulosic biomass: techno-economic performance in short-, middle-and long-term. *Biomass and bioenergy*, 28(4), pp.384-410.
- Herliati, H., Sefaniyah, S., & Indri, A. 2018. Pemanfaatan limbah kulit pisang sebagai Bahan Baku pembuatan Bioetanol. *Jurnal Teknologi*, 6(1), 1-10.



Hidayat, N., Meitiniarti, I., Setyahadi, S., Pato, U., Susanti, E., Padaga, M.C., Wardani, A.K. and Purwandari, U., 2018. *Mikrobiologi Industri Pertanian*. Universitas Brawijaya Press.

<http://bbppmbtph.tanamanpangan.pertanian.go.id/index.php/berita/307> (diakses pada 29 Januari 2020).

<https://www.britannica.com/plant/banana-plant> (diakses pada 29 Januari 2020).

Iskandar, Soetyono. 2015. Ilmu Kimia Teknik. Deepublish. Yogyakarta

Katahira, S., Mizuike, A., Fukuda, H. and Kondo, A., 2006. Ethanol fermentation from lignocellulosic hydrolysate by a recombinant xylose-and celooligosaccharide-assimilating yeast strain. *Applied microbiology and biotechnology*, 72(6), pp.1136-1143.

Keskin, T., Abubackar, H.N., Arslan, K. and Azbar, N., 2019. Biohydrogen production from solid wastes. *In Biohydrogen* (pp. 321-346). Elsevier.

Kurniawan, T.B., Bintari, S.H. and Susanti, R., 2014. Efek interaksi ragi tape dan ragi roti terhadap kadar bioetanol ketela pohon (Manihot utilisima, Pohl) varietas Mukibat. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 6(2), pp.128-136. Linoj, K.N.V., Prabha, D., Anandajit, G. and Sameer, M., 2006. Liquid biofuels in South Asia: Resources and technologies. *Asian Biotechnology and Development Review*, 8(2), pp.31-49.

Liu, C.G., Li, K., Wen, Y., Geng, B.Y., Liu, Q. and Lin, Y.H., 2019. Bioethanol: New opportunities for an ancient product. *In Advances in Bioenergy* (Vol. 4, pp. 1-34). Elsevier.

MacLean, H.L. and Lave, L.B., 2003. Evaluating automobile fuel/propulsion system technologies. *Progress in energy and combustion science*, 29(1), pp.1-69.

Malça, J. and Freire, F., 2006. Renewability and life-cycle energy efficiency of bioethanol and bio-ethyl tertiary butyl ether (bioETBE): assessing the implications of allocation. *Energy*, 31(15), pp.3362-3380.

McAloon, A., Taylor, F., Yee, W., Ibsen, K. and Wooley, R., 2000. *Determining the cost of producing ethanol from corn starch and lignocellulosic feedstocks* (No. NREL/TP-580-28893). National Renewable Energy Lab., Golden, CO (US).

Menengah, U.K., 2009. Bahan Bakar Nabati (Bioetanol). *Khalifah Niaga Lantabura*. Yogyakarta.

- Modugu, P., 2013. Fermentative production of ethanol fuel from domestic waste by *Pichia stipitis*. *Int. J. Pharm. Biosci. Technol*, 1, pp.50-53.
- Mudjajanto, Eddy setyo dan Yulianti, Lilik Noor., 2008. Membuat Aneka Roti. *Jakarta: Penebar Swadaya*.
- Muksin, I. K., & Arpiwi, N. L. 2019. Bioetanol dari Kulit Pisang (*Musa paradisiaca* L.) dengan Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak. *Jurnal Metamorfosa* 6 (1): 106-112
- Muslihah, S., 2012. *Pengaruh penambahan urea dan lama fermentasi yang berbeda terhadap kadar bioetanol dari sampah organik* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Nurika, I. and Suhartini, S., 2019. *Bioenergi dan Biorefinery*. Universitas Brawijaya Press.
- Oswaldo, Z.S., Putra, P. and Faizal, M., 2012. Pengaruh konsentrasi asam dan waktu pada proses hidrolisis dan fermentasi pembuatan bioetanol dari alang-alang. *Jurnal Teknik Kimia*, 18(2).
- Prihatman, Kemal. 2000. Tentang Budidaya Pertanian Pisang. Jakarta. Kantor Menristek Bappenas
- Prisca, Violetta Effendi & Simon Bambang Widjanarko. 2014. Distilasi dan Karakterisasi Minyak Atsiri Rimpang Jeringau. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. Vol.2, No.2. 1-8.
- Sebayang, F., 2006. Pembuatan etanol dari molase secara fermentasi menggunakan sel *Saccharomyces cerevisiae* yang terimobilisasi pada kalsium alginat. *Jurnal Teknologi Proses*, 5(2), pp.75-80.
- Setiawati, D.R., Sinaga, A.R. and Dewi, T.K., 2013. Proses pembuatan bioetanol dari kulit pisang kepok. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(1).
- Shahsavarani, H., Hasegawa, D., Yokota, D., Sugiyama, M., Kaneko, Y., Boonchird, C., & Harashima, S. (2013). Enhanced bio-ethanol production from cellulosic materials by semi-simultaneous saccharification and fermentation



- using high temperature resistant *Saccharomyces cerevisiae* TJ14. *Journal of bioscience and bioengineering*, 115(1), 20-23.
- Skadrongautama, 2009. Bahan Bakar Nabati(Bioetanol). *Yogyakarta: Khalifah Niaga Antabura*.
- Stanburry, P.F., Whitaker and S.J. Hall, 1995, Principles of Fermentation Technology, *Elvisier Science Ltd*, Oxford : xviii.
- Suprihatin. 2010. Teknologi Fermentasi. Surabaya: UNESA Pres.
- Suwandi. 2016. Outlook Komoditas Pertanian Sub Sektor Holtikultura : Pisang . Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementrian Pertanian
- Tomás-Pejó, E., Alvira, P., Ballesteros, M., & Negro, M. J. 2011. Pretreatment technologies for lignocellulose-to-bioetanol conversion. In *Biofuels* (pp. 149-176). Academic press.
- Tri Retno, D. and Nuri, W., 2011. Pembuatan bioetanol dari kulit pisang. In Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” 2011.
- Walker, G.M. and Stewart, G.G., 2016. *Saccharomyces cerevisiae* in the production of fermented beverages. *Beverages*, 2(4), p.30.
- Wusnah, W., Bahri, S. and Hartono, D., 2020. Proses Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata* BC) secara Fermentasi. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 8(1), pp.48-56.
- Yaman, S., 2004. Pyrolysis of biomass to produce fuels and chemical feedstocks. *Energy conversion and management*, 45(5), pp.651-671.
- Yeoman, K., Fahnert, B., Lea-Smith, D. and Clarke, T., 2020. *Microbial Biotechnology*. Oxford University Press. (page 34).
- Yusuf, A.A. and Inambao, F.L., 2019. Bioethanol production from different Matooke peels species: a surprising source for alternative fuel. *Case Studies in Thermal Engineering*, 13, p.100357.

## BIOGRAFI PENULIS



**MELIYA RIZQI MIYONO** dilahirkan di Rembang, Jawa Tengah pada 5 Mei 1999. Penulis merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di Sekolah Dasar Negeri 2 Bangunrejo, Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Gunem, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 2 Rembang Pada tahun 2017 penulis menempuh pendidikan S1 di Departemen Teknik Kimia Universitas Internasional Semen Indonesia. Penulis melakukan kerja praktek di Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Jombang dibawah bimbingan Fandi Angga Prasetya, S.Si., M.Si. Penulis melakukan penelitian Tugas Akhir berjudul “Review Proses Produksi Bioetanol dari Kulit Pisang“ dibawah bimbingan Ibu Mala Hayati Nasution, S.T., M.T. dan Ibu Okky Putri Prastuti, S.T., M.T. Penulis dapat dihubungi melalui email : [meliyarizqi@gmail.com](mailto:meliyarizqi@gmail.com) atau [meliya.miyono17@student.uisi.ac.id](mailto:meliya.miyono17@student.uisi.ac.id)





## BIOGRAFI PENULIS



**RINDI PUTRI WARSTYO** dilahirkan di Gresik, Jawa Timur pada 8 Agustus 1999. Penulis merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di Sekolah Dasar Negeri Manyarejo, Sekolah Menengah Pertama Negeri 2 Manyar, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Manyar Pada tahun 2017 penulis menempuh pendidikan S1 di Departemen Teknik Kimia Universitas Internasional Semen Indonesia. Penulis melakukan kerja praktek di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi Cepu (PPSDM Migas Cepu) dibawah bimbingan Eka Lutfi Septiani, S.T., M.T. . Penulis melakukan penelitian Tugas Akhir berjudul “Review Proses Produksi Bioetanol dari Kulit Pisang“ dibawah bimbingan Ibu Mala Hayati Nasution, S.T., M.T. dan Ibu Okky Putri Prastuti, S.T., M.T. Penulis dapat dihubungi melalui email :[rindyputri84@gmail.com](mailto:rindyputri84@gmail.com) atau [rindi.warstyo17@student.uisi.ac.id](mailto:rindi.warstyo17@student.uisi.ac.id)