





**POLITEKNIK STMI JAKARTA  
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I**

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**

JUDUL PENELITIAN

STUDI PENDAHULUAN PEMBUATAN BIOETANOL DARI SERBUK  
KAYU MERANTI KUNING (*Shorea gibbosa*) MELALUI HIDROLISIS HCl  
DAN FERMENTASI

DISUSUN OLEH:

NAMA : IVANDER GULTOM

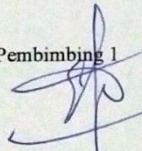
NIM : 1513011

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diperiksa dan disetujui sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik  
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta.

Jakarta, Agustus 2017

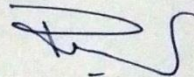
Dosen Pembimbing 1



Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T.  
NIP. 198210012014022001

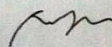
Menyetujui,

Dosen Pembimbing 2



Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng.  
NIP. 090015198

Ketua Program Studi Teknik  
Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, M.B.A.  
NIP. 195405231980031004

**POLITEKNIK STMI JAKARTA  
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I**

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**

JUDUL PENELITIAN

STUDI PENDAHULUAN PEMBUATAN BIOETANOL DARI SERBUK  
KAYU MERANTI KUNING (*Shorea gibbosa*) MELALUI HIDROLISIS HCl  
DAN FERMENTASI

DISUSUN OLEH:

NAMA : CAESAR SIREGAR

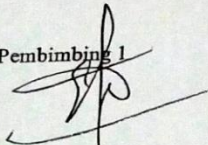
NIM : 1513056

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diperiksa dan disetujui sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik  
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta.

Jakarta, Agustus 2017

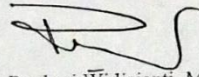
Dosen Pembimbing 1



Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T.  
NIP. 198210012014022001

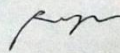
Menyetujui,

Dosen Pembimbing 2



Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng.  
NIP. 090015198

Ketua Program Studi Teknik  
Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, M.B.A.  
NIP. 195405231980031004



Nomor : 055 /SJ-IND.7.2/VI/2017  
Lampiran : 1 (satu)  
Penhal : Penugasan Proses  
Bimbingan Tugas Akhir  
Tahun Akademik 2016/2017

Jakarta, 06 Juni 2017

Kepada  
Yth. Ibu DR. Erfina Oktariani, S.T., M. T  
Di Jakarta

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 26/SJ-IND.7.2 /SK/1/2017 tanggal 10 Januari 2017 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Asisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2016/2017, maka dengan ini kami mengharap bantuan Ibu untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : Ivander Gultom  
No. Induk : 1513011

Adapun judul Tugas Akhir yang bersangkutan berdasarkan proposal yang terdaftar adalah:

" Pembuatan Bioetanol dari Serbuk Kayu dengan Proses Hidrolisis Menggunakan HCl. "

Demikian surat penugasan ini disampaikan. Atas perhatian dan bantuan Ibu kami ucapkan terima kasih.

Direktur



Dr. Mustofa, ST, MT

NIP: 19700924 200312 1 001

Tembusan:

1. Pudir 1;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Peninggal



Nomor : 055 /SJ-IND.7.2/VI/2017 Jakarta, 06 Juni 2017  
Lampiran : 1 (satu)  
Perihal : Asistensi Bimbingan Tugas Akhir Kepada  
Tahun Akademik 2016/2017 Yth. Ibu Ir Rochmi Widjajanti, M.Eng  
Di Jakarta

Berdasarkan Surat Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta No: 26/SJ-IND.7.2 /SK/1/2017 tanggal 10 Januari 2017 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Asisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta, Tahun Akademik 2016/2017, maka dengan ini kami mengharap bantuan Ibu untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : Ivander Gultom  
No. Induk : 1513011

Adapun judul Tugas Akhir mahasiswa tersebut adalah:

" Pembuatan Bioetanol dari Serbuk Kayu dengan Proses Hidrolisis Menggunakan HCl. "

Demikian surat ini kami sampaikan. Atas perhatian dan bantuan Ibu kami ucapkan terima kasih.



Direktur

Dr. Mustofa, ST, MT

NIP : 19700924 200312 1 001

Tembusan:

1. Pudir 1;
2. Ka Prodi TKP;
3. Dosen Pembimbing;
4. Mahasiswa yang bersangkutan;
5. Pertinggal



Nomor : 056 /SJ-IND.7.2/VI/2017

Jakarta, 06 Juni 2017

Lampiran : 1 (satu)

Penihal : Penugasan Proses  
Bimbingan Tugas Akhir  
Tahun Akademik 2016/2017

Kepada

Yth. Ibu DR. Erfina Oktariani, S.T., M. T  
Di Jakarta

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 26/SJ-IND.7.2 /SK/1/2017 tanggal 10 Januari 2017 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Asisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2016/2017, maka dengan ini kami mengharap bantuan Ibu untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : Caesar Siregar

No. Induk : 1513056

Adapun judul Tugas Akhir yang bersangkutan berdasarkan proposal yang terdaftar adalah:

" Pembuatan Bioetanol dari Serbuk Kayu dengan Proses Hidrolisis Menggunakan HCl. "

Demikian surat penugasan ini disampaikan. Atas perhatian dan bantuan Ibu kami ucapkan terima kasih.

Direktur



Dr. Mustofa, ST, MT

16700924 200312 1 001

Tembusan:

1. Pudir 1;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Peringgal



Nomor : 056 /SJ-IND.7.2/VI/2017 Jakarta, 06 Juni 2017  
Lampiran : 1 (satu)  
Penihal : Asistensi Bimbingan Tugas Akhir Kepada  
Tahun Akademik 2016/2017 Yth. Ibu Ir Rochmi Widjajanti, M.Eng  
Di Jakarta

Berdasarkan Surat Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta No: 26/SJ-IND.7.2 /SK/1/2017 tanggal 10 Januari 2017 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Asisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta, Tahun Akademik 2016/2017, maka dengan ini kami mengharap bantuan Ibu untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : Caesar Siregar  
No. Induk : 1513056

Adapun judul Tugas Akhir mahasiswa tersebut adalah:

" Pembuatan Bioetanol dari Serbuk Kayu dengan Proses Hidrolisis Menggunakan HCl. "

Demikian surat ini kami sampaikan. Atas perhatian dan bantuan Ibu kami ucapkan terima kasih.



Direktur

Dr. Mustofa, ST, MT

NIP. 19700924 200312 1 001

Tembusan:

1. Pudir 1;
2. Ka Prodi TKP;
3. Dosen Pembimbing;
4. Mahasiswa yang bersangkutan;
5. Peringgal






**LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR  
PENELITIAN**

Nama : Ivander Gultom (1513011)  
Caesar Siregar (1513056)  
Judul TA Penelitian : Pembuatan Bioetanol dari Serbuk Kayu melalui Hidrolisis  
HCl dan Fermentasi  
Pembimbing : Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T.

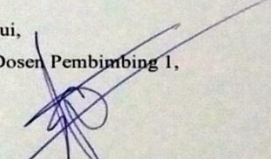
Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
10-03-2017		- Bimbingan Pertama - Penentuan Tema Penelitian	f
13-03-2017	Jurnal Penelitian	Bimbingan Jurnal Pertama	f
15-03-2017	Jurnal Penelitian	Bimbingan Jurnal Kedua	f
16-03-2017	Jurnal Penelitian	Bimbingan Jurnal Penelitian (Presentasi)	f
29-03-2017	Jurnal Penelitian	Perbaikan Presentasi Jurnal Penelitian	f
31-03-2017	Jurnal Penelitian	Presentasi Jurnal Penelitian	f
06-04-2017	Proposal Bab I dan Bab II	Menyerahkan proposal Bab I dan Bab II	f
07-04-2017		Menyerahkan tugas faktor-faktor yang mempengaruhi proses hidrolisis enzim dan fermentasi.	f

17-09-2017		Perbaiki tugas faktor-faktor yang mempengaruhi proses hidrolisis enzim dan fermentasi	f
25-09-2017		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penentuan proses hidrolisis (HCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)</li> <li>• Perbaiki proposal Bab I dan Bab II</li> </ul>	f
01-05-2017		Diskusi Penentuan tempat penelitian	RS
05-05-2017		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diskusi membahas metode, variabel, dan prosedur penelitian</li> <li>• Perbaiki proposal bab I dan bab II</li> </ul>	f
10-05-2017		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menyerahkan skema penelitian</li> <li>• menentukan variabel penelitian</li> </ul>	f
12-05-2017		Menyerahkan tugas kondisi terbaik pada proses hidrolisis dan fermentasi	f
15-05-2017		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menyerahkan matriks penelitian</li> <li>• Perbaiki kondisi terbaik pada proses hidrolisis dan fermentasi</li> </ul>	f
16-05-2017		Kunjungan mengenai tempat penelitian di BBK	RS
11-07-2017		Konfirmasi tempat penelitian di UMJ	RS
19-07-2017		Menentukan pengujian glukosa hasil dari proses hidrolisis	f
26-07-2017		Pemberitahuan mengenai progres penelitian	f
2-08-2017		Penyerahan bab 1-3	f
15-08-2017		ponyerahan bab 1-3	f

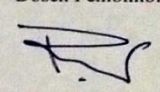
21-08-2017		Penyerahan Laporan bab 1-5	
23-08-2017		pengambilan Laporan bab 1-5	
24-08-2017		penyerahan Laporan penelitian	

Mengetahui,

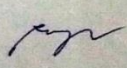
Dosen Pembimbing 1,

  
Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T.  
 NIP. 198210012014022001

Dosen Pembimbing 2,

  
Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng.  
 NIP. 090015198

Ketua Program Studi Teknik  
 Kimia Polimer

  
Ir. Roosmariharso, M.B.A.  
 NIP. 195405231980031004

**POLITEKNIK STMI JAKARTA  
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I**

**LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR**

JUDUL PENELITIAN

STUDI PENDAHULUAN PEMBUATAN BIOETANOL DARI SERBUK  
KAYU MERANTI KUNING (*Shorea gibbosa*) MELALUI HIDROLISIS HCl  
DAN FERMENTASI

DISUSUN OLEH :

NAMA : IVANDER GULTOM

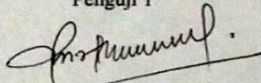
NIM : 1513011

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Seminar Tugas Akhir Penelitian Program Studi  
Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta pada hari Senin, 11 September  
2017

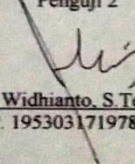
Jakarta, September 2017

Penguji 1



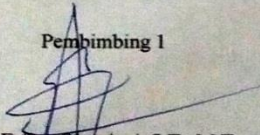
Ir. Parulian Leonard M., MM.  
NIP. 195702141985031002

Penguji 2



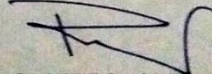
Sakri Widhianto, S.Teks, MM.  
NIP. 195303171978031001

Pembimbing 1



Dr. Erhina Oktariani, S.T., M.T.  
NIP. 198210012014022001

Pembimbing 2



Ir. Rochmi Widjejanti, M.Eng.  
NIP. 090015198

**POLITEKNIK STMI JAKARTA  
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI**

**LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS  
AKHIR PENELITIAN**

JUDUL PENELITIAN:

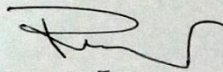
STUDI PENDAHULUAN PEMBUATAN BIOETANOL DARI SERBUK KAYU  
MERANTI KUNING (*Shorea gibbosa*) MELALUI HIDROLISIS HCl DAN FERMENTASI  
DISUSUN OLEH:

NAMA : CAESAR SIREGAR  
NIM : 1513056  
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diperiksa dan disetujui sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik  
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta.

Jakarta, April 2018

Menyetujui  
Penguji



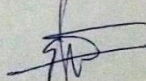
Ir. Rochmi Widjajanti, M. Eng  
NIP. 195609101984032002

Penguji



Syaiful Ahsan, S.T., M.T.  
NIP. 1984071162014021001

Dosen Pembimbing



Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T.  
NIP. 195405231980031004

**POLITEKNIK STMI JAKARTA**  
**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I**

**LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG**

JUDUL TUGAS AKHIR

KONVERSI SERBUK KAYU MERANTI KUNING (*Shorea gibbosa*)  
MENJADI BIOETANOL MELALUI HIDROLISIS HCl DAN FERMENTASI  
DISUSUN OLEH:

NAMA : IVANDER GULTOM  
NIM : 1513011  
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia  
Polimer pada Politeknik STMI Jakarta pada hari Senin, 28 Mei 2018.

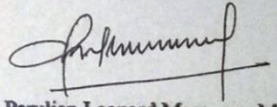
Jakarta, Mei 2018

Penguji



Syaiful Ahsan, S.T., M.T.  
NIP. 198407162014021001

Penguji



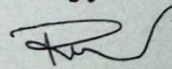
Ir. Parulian Leonard Marpaung, M.M.  
NIP. 195702141985031002

Penguji



Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T.  
NIP. 198210012014022001

Penguji



Ir. Rochmi Widajanti, M.Eng.  
NIP. 195609101984032002

**POLITEKNIK STMI JAKARTA  
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I**

**LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG**

JUDUL TUGAS AKHIR

KONVERSI SERBUK KAYU MERANTI KUNING (*Shorea gibbosa*)  
MENJADI BIOETANOL MELALUI HIDROLISIS HCl DAN FERMENTASI  
DISUSUN OLEH:

NAMA : CAESAR SIREGAR

NIM : 1513056

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia  
Polimer pada Politeknik STMI Jakarta pada hari Senin, 28 Mei 2018.

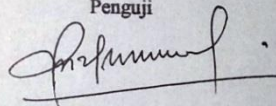
Jakarta, Mei 2018

Penguji



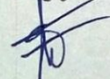
Syaiful Ahsin, S.T., M.T.  
NIP.198407162014021001

Penguji



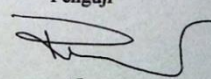
Ir. Parulian Leonard Marpaung, M.M.  
NIP.195702141985031002

Penguji



Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T.  
NIP. 198210012014022001

Penguji



Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng.  
NIP. 195609101984032002

#### LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Kami Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta,  
Kementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama : Ivander Gultom

NIM : 1513011

Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang kami buat dengan judul:

#### **KONVERSI SERBUK KAYU MERANTI KUNING (*Shorea gibbosa*) MENJADI BIOETANOL MELALUI HIDROLISIS HCI DAN FERMENTASI**

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis Tugas Akhir ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya Tugas Akhir kami.

Jika terbukti kami tidak memenuhi apa yang telah kami nyatakan seperti apa yang diatas, maka karya Tugas Akhir kami ini dibatalkan.

Jakarta, Mei 2018  
Yang membuat pernyataan



Ivander Gultom

### LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Kami Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta,  
Kementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama : Caesar Siregar

NIM : 1513056

Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang kami buat dengan  
judul:

#### **KONVERSI SERBUK KAYU MERANTI KUNING (*Shorea gibbosa*) MENJADI BIOETANOL MELALUI HIDROLISIS HCl DAN FERMENTASI**

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis Tugas Akhir ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya Tugas Akhir kami.

Jika terbukti kami tidak memenuhi apa yang telah kami nyatakan seperti apa yang di atas, maka karya Tugas Akhir kami ini dibatalkan.

Jakarta, Mei 2018  
Yang membuat pernyataan



Caesar Siregar

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, kami dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan Laporan Tugas Akhir ini dilakukan diajukan sebagai salah satu syarat akademik Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta. Kami menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi kami untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, kami mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Mustofa, ST, MT, selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta
2. Ir. Roosmariharso, MBA , selaku Kepala Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta,
3. Dr. Erfina Oktariani S.T., M.T., dan Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng., selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan kami dalam penyusunan skripsi ini;
4. pihak Universitas Muhammadiyah Jakarta yang telah banyak membantu selama penelitian ;
5. orang tua dan keluarga kami yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
6. sahabat yang telah banyak membantu kami dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, kami berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Laporan Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, Mei 2018

Penyusun

## ABSTRAK

Bioetanol merupakan salah satu sumber energi alternatif yang telah banyak dikembangkan di dunia. Biomassa lignoselulosa adalah sumber daya terbarukan, murah, dan berlimpah, sehingga dapat digunakan sebagai bahan pembuatan bioetanol. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi HCl dan suhu terhadap volume yang dihasilkan pada proses hidrolisis dan untuk mengetahui pengaruh jenis ragi dan waktu fermentasi terhadap volume etanol yang dihasilkan pada proses fermentasi. Pada penelitian ini ingin didapatkan bioetanol dari hidrolisis HCl dengan konsentrasi HCl 3%; 5% pada suhu 120°C; 150°C dan fermentasi dengan menggunakan ragi roti; ragi tape selama 3 hari; 5 hari. Hasil penelitian pada proses hidrolisis menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu hidrolisis, maka semakin sedikit volume larutan glukosa yang dihasilkan, dan semakin tinggi konsentrasi HCl, maka semakin pekat warna larutan atau mengandung banyak glukosa. Hasil penelitian pada proses fermentasi menunjukkan bahwa ragi roti menghasilkan etanol lebih besar dibanding ragi tape, dan semakin lama waktu fermentasi, maka semakin banyak etanol yang dihasilkan. Pada penelitian ini didapatkan volume etanol terbanyak yaitu 0,7 ml dengan menggunakan ragi roti selama 5 hari.

**Kata kunci:** bioetanol, biomassa lignoselulosa, hidrolisis, fermentasi

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENUGASAN DOSEN PEMBIMBING.....	v
LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN LAPORAN TUGAS AKHIR.....	ix
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR.....	xii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN.....	xvi
KATA PENGANTAR.....	xviii
ABSTRAK.....	xix
DAFTAR ISI.....	xx
DAFTAR TABEL.....	xxii
DAFTAR GAMBAR.....	xxiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxiv
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penelitian.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Kayu Meranti Kuning.....	7
2.1.1 Komposisi Lignoselulosa.....	8
2.1.1.1 Selulosa.....	8
2.1.1.2 Hemiselulosa.....	10
2.1.1.3 Lignin.....	12
2.2 Glukosa.....	14
2.2.1 Analisis Kualitatif Glukosa.....	16
2.3 Bioetanol.....	17

2.4 Proses Pembuatan Bioetanol.....	20
2.4.1 Pretreatment.....	20
2.4.2 Hidrolisis.....	21
2.4.2.1 Hidrolisis Asam.....	21
2.4.2.2 Hidrolisis Enzim.....	23
2.4.3 Fermentasi.....	25
2.4.3.1 Fermentasi Alkohol.....	26
2.4.3.2 Ragi yang berperan dalam fermentasi.....	27
2.4.3.3 Faktor yang mempengaruhi fermentasi.....	29
2.5 Sejarah Penelitian.....	31
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>33</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	33
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	33
3.2.1 Alat.....	33
3.2.2 Bahan.....	33
3.3 Variabel.....	34
3.4 Langkah-langkah eksperimen.....	35
3.5 Jadwal Penelitian.....	39
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>40</b>
4.1 Hasil Hidrolisis.....	40
4.1.1 Pengaruh Konsentrasi HCl dan Suhu terhadap Volume Glukosa dihasilkan pada Proses Hidrolisis.....	40
4.1.2 Uji <i>Benedict</i> .....	42
4.2 Hasil Fermentasi.....	43
4.2.1 Pengaruh Jenis Ragi dan Waktu terhadap Volume Etanol dihasilkan pada Proses Fermentasi.....	43
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>46</b>
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran.....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>48</b>

## DAFTAR TABEL

Table 1.1 Kelebihan dan Kekurangan Proses Hidrolisis Asam Pekat dan Hidrolisis Asam Encer.....	3
Table 2.1 Kandungan Kayu Meranti.....	8
Tabel 2.2 Sifat Fisik Glukosa.....	15
Tabel 2.3 Sifat Fisik Etanol.....	19
Tabel 2.4 Sejarah Penelitian Bioetanol dari Bahan Berkayu dengan Proses Fermentasi.....	32
Table 3.1 Variabel yang diteliti pada Penelitian ini.....	34
Table 3.2 Matriks Penelitian.....	34
Table 3.3 Daftar Titik Didih Zat.....	37
Table 3.4 Jadwal Kegiatan Penelitian.....	39

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kayu Meranti Kuning.....	7
Gambar 2.2 Struktur Selulosa.....	9
Gambar 2.3 Struktur Unit-unit Penyusun Hemiselulosa.....	11
Gambar 2.4 Struktur Hemiselulosa.....	12
Gambar 2.5 Struktur Lignin.....	14
Gambar 2.6 Struktur D-glukosa.....	15
Gambar 2.7 Pretreatment Biomassa Lignoselulosa.....	21
Gambar 3.1 Langkah-langkah eksperimen.....	38
Gambar 4.1 Hasil Hidrolisis Serbuk Kayu.....	41
Gambar 4.2 Hasil Uji <i>Benedict</i> dari Hidrolisis Serbuk Kayu.....	42
Gambar 4.3 Volume Bioetanol yang didapatkan pada variasi jenis ragi dan waktu fermentasi.....	44

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A.....	51
LAMPIRAN B.....	53
LAMPIRAN C.....	59

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Permasalahan sektor energi di Indonesia saat ini yaitu cadangan energi fosil yang semakin berkurang dan akses masyarakat terhadap energi yang masih terbatas terutama di daerah tertinggal, terpencil, dan perbatasan. Dari sisi cadangan, produksi minyak yang terus menurun dan kebutuhan Bahan Bakar Minyak (BBM) yang terus meningkat akan menyebabkan impor minyak mentah serta BBM terus meningkat. BBM akan semakin berkurang ketersediaannya dan harganya akan semakin meningkat. Harga minyak mentah tahun 2014 sampai 2025 mengikuti proyeksi Bank Dunia akan naik secara bertahap menjadi 171 \$/barel pada tahun 2050 [26].

Pemerintah telah mengeluarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia No.5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti BBM [26]. Kebijakan ini telah menetapkan sumber energi yang dapat diperbarui seperti Bahan Bakar Nabati (BBN) sebagai pengganti BBM. BBN diharapkan dapat mengurangi ketergantungan penggunaan BBM dan bersifat ramah lingkungan [21].

Bioetanol merupakan salah satu BBN yang telah banyak dikembangkan di dunia. Bioetanol adalah etanol yang diproduksi dengan cara fermentasi menggunakan bahan baku hayati. Etanol (*ethyl alcohol*, dengan rumus kimia  $C_2H_5OH$ ) merupakan cairan tak berwarna dengan karakteristik mudah menguap, mudah terbakar, larut dalam air, tidak karsinogenik, dan jika etanol dibakar menghasilkan air dan karbon dioksida [21]. Etanol sebagai bahan bakar yang bersih dan aman terus meningkat dengan berkurangnya cadangan bahan bakar fosil dan meningkatnya polusi udara [27]. Namun peningkatan produksi etanol menggunakan teknologi berbasis pati saat ini mungkin tidak praktis karena ada persaingan dengan kebutuhan pangan dan produksi makanan [2]. Pembuatan bioetanol dengan menggunakan teknologi berbasis pati ini adalah pembuatan

bioetanol generasi pertama. Saat ini, telah dikembangkan bioethanol generasi kedua, yaitu bioethanol yang dibuat dari biomassa lignoselulosa. Bioethanol generasi kedua dianggap salah satu *biofuel* yang paling menjanjikan. Bioethanol diproduksi dari bahan lignoselulosa diajurkan sebagai harapan terbarukan dan potensinya bagi lingkungan lebih baik jika dibandingkan dengan BBM yang berasal dari fosil. Bioethanol dapat mengurangi ketergantungan bahan bakar fosil serta mengurangi emisi gas rumah kaca [15]. Biomassa lignoselulosa adalah sumber daya yang murah, terbarukan, tersedia berlimpah, dan konversi menjadi glukosa dan gula fermentasi lainnya telah dipertimbangkan, dalam beberapa dekade terakhir, menjadi rute yang menarik untuk produksi etanol [4]. Digunakannya bahan lignoselulosa sebagai bahan dalam pembuatan etanol, karena bahan lignoselulosa mempunyai potensi yang cukup besar, yang mana ketersediaannya melimpah, murah, belum banyak dimanfaatkan dan mengandung gula yang dapat diubah menjadi etanol [10]. Bahan lignoselulosa yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan etanol diantaranya: limbah pertanian (rumput, alang-alang, sekam padi, sisa-sisa hasil panen, dan lain-lain.), limbah peternakan (kotoran hewan), limbah industry (bagas, potongan kayu, dan lain-lain.), kertas bekas, kardus bekas, koran bekas dan lain-lain [2, 7]. Pada penelitian ini, bahan baku yang digunakan adalah serbuk kayu meranti. Alasan digunakannya bahan baku tersebut sebagai bahan lignoselulosa karena ketersediaan serbuk kayu meranti cukup melimpah, harga serbuk kayu relatif murah dan belum banyak dimanfaatkan dalam pembuatan BBN generasi kedua. Lignoselulosa umumnya terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin. Selulosa secara alami diikat oleh hemiselulosa dan dilindungi oleh lignin. Adanya senyawa pengikat lignin pada lignoselulosa menyebabkan bahan-bahan lignoselulosa sulit untuk dihidrolisis [7].

Hidrolisis asam dan hidrolisis enzimatik adalah dua cara yang telah dikembangkan untuk memecahkan gula dari biomassa lignoselulosa dalam produksi bioethanol [7,15]. Hidrolisis asam dan enzimatik memiliki kelebihan dan kekurangan. Pada hidrolisis asam, kelebihan dari hidrolisis ini adalah biaya asam yang digunakan, dimana harga asam lebih murah dibandingkan hidrolisis

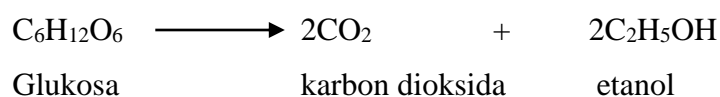
enzimatik yang menggunakan enzim dan kekurangannya yaitu produk samping, hasil etanol yang rendah (50-60%) dan biaya pengolahan air limbah tinggi [23]. Sedangkan hidrolisis enzimatik, kekurangannya yaitu biaya enzim yang tinggi selama degradasi selulosa karena konsentrasi enzim yang dibutuhkan untuk mendegradasi selulosa adalah 40 kali lipat sampai 100 kali lipat dari hidrolisis pati [20] dan membutuhkan waktu yang lama. Sedangkan kelebihan hidrolisis enzimatik adalah hasil etanol yang tinggi dan biaya pemeliharaan alat yang rendah karena tidak ada bahan yang korosif [17]. Pada penelitian ini hidrolisis yang digunakan adalah hidrolisis asam. Hidrolisis asam dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu hidrolisis asam pekat dan hidrolisis asam encer. Asam yang umum digunakan untuk hidrolisis asam yaitu asam klorida (HCl) dan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Pada hidrolisis asam pekat dan hidrolisis asam encer masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan. Adapun kelebihan dan kekurangan dari proses hidrolisis asam pekat dan asam encer dirangkum pada Tabel 1.1.

**Tabel 1.1** Kelebihan dan Kekurangan Proses Hidrolisis Asam Pekat dan Hidrolisis Asam Encer

Proses Hidrolisis	Kelebihan	Kekurangan
Hidrolisis asam pekat	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Di operasikan pada suhu rendah</li> <li>2. Kadar gula yang dihasilkan tinggi</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Konsumsi asam yang dibutuhkan tinggi</li> <li>2. Peralatan menjadi korosi</li> <li>3. Konsumsi energi tinggi untuk pemulihan asam</li> <li>4. Waktu reaksi yang lebih lama (misalnya 2-6 jam)</li> </ol>
Hidrolisis asam encer	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Konsumsi asam yang dibutuhkan rendah</li> <li>2. Waktu tinggal yang dibutuhkan singkat</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dioperasikan pada suhu tinggi</li> <li>2. Kadar gula yang dihasilkan rendah</li> <li>3. Peralatan korosi</li> <li>4. Pembentukan produk sampingan yang tidak diinginkan</li> </ol>

Sumber : Taherzadeh dan Karimi, 2007 [28].

Fermentasi berasal dari Bahasa latin, yaitu “Ferfere” yang artinya mendidihkan [20, 21]. Fermentasi digunakan untuk mengubah glukosa menjadi etanol. Proses fermentasi dalam pembuatan etanol adalah sebagai berikut:



Proses fermentasi biasanya menggunakan ragi atau bakteri untuk mengubah glukosa menjadi etanol. Bakteri yang sering digunakan pada pembuatan etanol

adalah *Saccharomyces cerevisiae*. Pada penelitian ini ragi yang digunakan adalah ragi roti dan ragi tape. Faktor yang mempengaruhi proses fermentasi adalah ragi, suhu, oksigen, pH, dan kadar gula [20].

Pada proses pembuatan etanol dari selulosa, etanol yang dihasilkan masuk ke proses pemurnian yang merupakan tahap akhir dari proses pembuatan etanol. Distilasi adalah proses pemurnian dengan cara memisahkan komponen berdasarkan titik didih. Distilasi dilakukan untuk memisahkan etanol dari air. Larutan etanol yang masih mengandung air didistilasi pada suhu 78°C. Saat dipanaskan pada suhu 78°C, etanol akan menguap dan konsentrasi etanol meningkat menjadi 95%.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dibahas, maka didapat rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. bagaimana cara menghasilkan bioetanol dari serbuk kayu meranti kuning (*Shorea gibbosa*) ?
2. bagaimana pengaruh konsentrasi HCl dan suhu hidrolisis terhadap volume larutan glukosa yang dihasilkan ?
3. bagaimana pengaruh jenis ragi dan waktu fermentasi terhadap volume etanol yang dihasilkan ?

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. bahan baku yang digunakan adalah serbuk kayu meranti kuning (*Shorea gibbosa*) yang didapat dari limbah industri mebel
2. jenis ragi: ragi roti dan ragi tape
3. variasi konsentrasi asam HCl: 3% dan 5%
4. variasi suhu hidrolisis: 120°C dan 150 °C
5. variasi waktu fermentasi: 3 hari dan 5 hari

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. mengetahui cara menghasilkan bioetanol dari serbuk kayu meranti kuning (*Shorea gibbosa*).

2. mengetahui pengaruh konsentrasi HCl dan suhu hidrolisis terhadap volume larutan glukosa yang dihasilkan.
3. mengetahui pengaruh jenis ragi dan waktu fermentasi terhadap volume etanol yang dihasilkan.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah:

1. memberikan informasi mengenai cara menghasilkan bioetanol dari serbuk kayu meranti kuning (*Shorea gibbosa*).
2. memberikan informasi mengenai pengaruh konsentrasi HCl dan suhu hidrolisis terhadap volume larutan glukosa yang dihasilkan.
3. memberikan informasi mengenai pengaruh jenis ragi dan waktu fermentasi terhadap volume etanol yang dihasilkan.

### **1.6 Sistematika Penelitian**

Bagian ini merupakan gambaran secara keseluruhan. Didalamnya terdapat lima bab yang masing-masing berkaitan erat. Adapun susunan ke lima bab tersebut sebagai berikut :

#### **BAB I: PENDAHULUAN**

Bab ini berisi penjelasan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian, rumusan masalah yang dibahas, batasan masalah dari penelitian yang akan dilakukan, tujuan dan manfaat dari dilakukannya penelitian ini, dan penjelasan mengenai sistematika penelitian.

#### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi tinjauan pustaka mengenai serbuk kayu meranti kuning, sejarah bioetanol, sumber-sumber biomassa lignoselulosa yang dapat menghasilkan bioethanol, proses produksi bioetanol, faktor yang mempengaruhi produksi bioetanol, macam-macam mikroorganisme yang mampu menghasilkan etanol dari proses fermentasi..

#### **BAB III: METODE PENELITIAN**

Bab ini berisi tentang waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang akan digunakan pada penelitian ini, variabel yang digunakan pada penelitian ini, langkah-langkah eksperimen, dan jadwal penelitian.

#### BAB IV: HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi data hasil pengujian, analisis data yang sudah diolah menjadi grafik dan pembahasan terhadap hasil pengujian dan analisis data.

#### BAB V: PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran yang telah dilakukan berdasarkan hasil yang telah didapat dari penelitian.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kayu Meranti Kuning

Indonesia merupakan negara yang sangat luas. Indonesia mempunyai luas daratan sebesar  $\pm 187.918,3$  juta ha dan kaya akan sumber kekayaan alamnya. Salah satu kekayaan sumber daya alamnya yaitu mempunyai hutan yang sangat luas. Luas hutan yang ada di Indonesia sebesar 96.490,8 juta ha. Dengan luas yang cukup besar, Indonesia dapat menanam berbagai jenis pohon-pohonan.

Kayu merupakan hasil hutan dari sumber kekayaan alam. Kayu dapat digunakan sebagai bahan baku untuk dijadikan produk, dimana mudah diproses untuk dijadikan barang sesuai keinginan kita dengan kemajuan teknologi. Banyak jenis kayu yang dapat digunakan sebagai bahan baku untuk dijadikan produk, salah satunya kayu meranti.



**Gambar II.1** Kayu Meranti Kuning

Sumber : *Handbook of Selected Indonesian Wood Species*[12].

Meranti termasuk keluarga *dipterocarpaceae*. Secara harfiah, *dipterocarpaceae* berasal dari kata latin, yaitu di = dua, carpa = carpus = sayap, yang berarti buah bersayap dua. Pohon meranti memiliki bentuk batang bulat silindris, dengan tinggi total mencapai 40-50 meter. Nama kayu perdagangan meranti ditentukan dari warna kayunya, seperti meranti putih, meranti kuning dan

meranti merah. Kandungan yang dimiliki meranti kuning dapat dilihat pada tabel 2.1.

**Tabel II.1** Komponen Kimia Kayu Meranti Kuning (*Shorea gibbosa*)

<b>Komponen Kimia</b>	<b>Kadar (%)</b>
Lignin	51,45
Selulosa	31,62
Pentosan	24,12
Abu	0,86
Silika	0,86
Kelarutan dalam:	
Alkohol-benzena	6,3
Air dingin	0,8
Air panas	3,2
NaOH 1%	14,1

Sumber: *Handbook of Selected Indonesian Wood Species*[12].

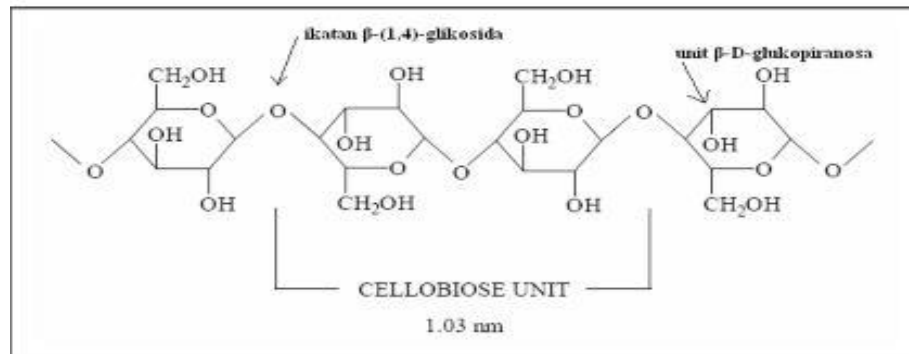
### 2.1.1 Komponen Kimia Kayu

Komponen kimia utama kayu terdiri dari selulosa, hemiselulosa, lignin, zat ekstraktif dan abu. Selulosa merupakan bagian terbesar yang terdapat dalam kayu, yaitu berkisar antara 39-55 persen, kemudian lignin 18-33 persen, pentosan 21- 24 persen, zat ekstraktif 2-6 persen dan abu 0,2-2 persen. Bahan lignoselulosa umumnya mempunyai beberapa komponen utama yang dikenal dengan lignin, hemiselulosa, dan selulosa yang saling berikatan membentuk satu kesatuan yang utuh [22].

#### 2.1.1.1 Selulosa

Selulosa adalah karbohidrat utama yang disintesis oleh tanaman dan menempati hampir 60% komponen penyusun struktur kayu. Selulosa merupakan serat-serat panjang yang bersama-sama hemiselulosa, pektin, dan protein membentuk struktur jaringan yang memperkuat dinding sel tanaman. Jumlah selulosa di alam sangat berlimpah sebagai sisa tanaman atau dalam bentuk sisa pertanian seperti jerami padi, kulit jagung, gandum, kulit tebu dan lain-lain tumbuhan.

Selulosa merupakan polimer linier glukosa dengan struktur rantai yang seragam. Selulosa merupakan homopolisakarida yang tersusun atas unit-unit  $\beta$ -D-glukopiranosida yang terikat satu sama lain dengan ikatan-ikatan  $\beta$ -(1,4)-glikosida yang ditunjukkan oleh gambar 2.1.



**Gambar II.2** Struktur Selulosa

Sumber: *Ibrahim, 1998.*

Molekul-molekul selulosa seluruhnya berbentuk linier dan mempunyai kecenderungan kuat membentuk ikatan-ikatan hidrogen intra dan intermolekul. Sebagai struktur yang berserat dan ikatan-ikatan hidrogen yang kuat, selulosa mempunyai kekuatan tarik yang tinggi dan tidak larut dalam kebanyakan pelarut.

Selulosa tidak berwarna, tidak mempunyai rasa dan bau, tidak larut dalam air atau larutan basa, relatif stabil terhadap panas, tidak meleleh jika dipanaskan, mulai terurai (dekomposisi) pada temperatur 260-270°C, tahan terhadap hidrolisis, dan stabil terhadap oksidasi. Tetapi selulosa akan larut dalam larutan asam mineral dengan konsentrasi tinggi (akibat hidrolisis), dan jika hidrolisisnya belum berlangsung terlalu jauh maka selulosa dapat diendapkan kembali membentuk fragmen-fragmen padatan polimer dengan berat molekul yang lebih kecil melalui pengenceran larutan dalam asam kuat tersebut dan air. Selulosa baru mengalami hidrolisis dalam asam mineral encer pada temperatur yang tinggi (>100°C).

Struktur kimia selulosa terdiri dari unsur C, O, H yang membentuk rumus molekul  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , dengan ikatan hidrogen yang sangat erat. Gugus fungsional dari rantai selulosa adalah gugus hidroksil. Gugus -OH ini dapat berinteraksi satu sama lain dengan gugus -O, -N, dan -S, membentuk ikatan hidrogen. Ikatan -H juga terjadi antara gugus -OH selulosa dengan air. Gugus-OH selulosa menyebabkan permukaan selulosa menjadi hidrofilik. Rantai selulosa memiliki gugus-H di kedua ujungnya. Ujung -C1 memiliki sifat pereduksi. Struktur rantai selulosa distabilkan oleh ikatan hidrogen yang kuat disepanjang rantai. Di dalam

selulosa alami dari tanaman, rantai selulosa diikat bersama-sama membentuk mikrofibril yang sangat terkristal (*highly crystalline*) dimana setiap rantai selulosa diikat bersama-sama dengan ikatan hidrogen.

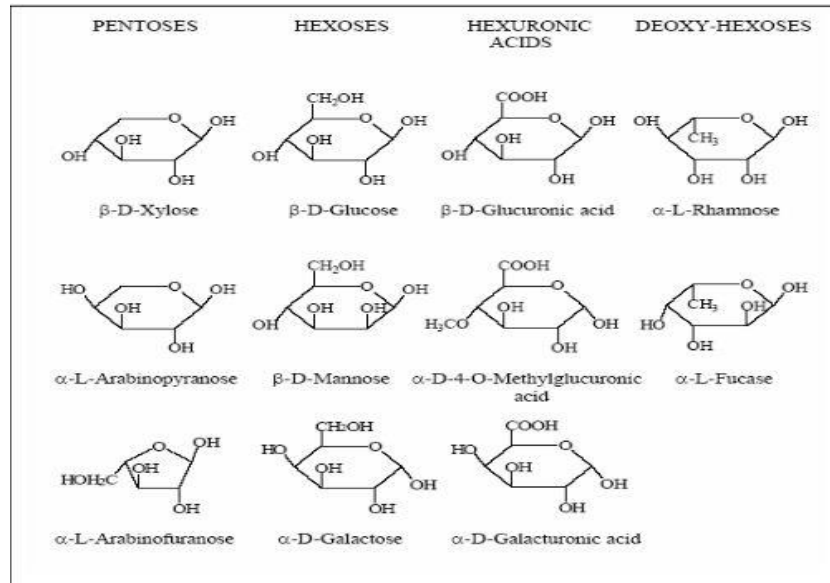
Dalam pembentukannya, tanaman membuat selulosa dari glukosa, yang merupakan bentuk yang paling sederhana dan paling umum karbohidrat yang ditemukan dalam tanaman. Glukosa terbentuk melalui proses fotosintesis dan digunakan untuk energi atau dapat disimpan sebagai pati yang akan digunakan kemudian. Selulosa dibuat dengan menghubungkan unit sederhana banyak glukosa bersama-sama untuk menciptakan efek simpang siur rantai panjang, membentuk molekul panjang yang digunakan untuk membangun dinding sel tanaman.

Walaupun selulosa sifatnya keras dan kaku, namun selulosa dapat diubah menjadi zat yang lebih sederhana melalui proses *cellulolysis*. *Cellulolysis* adalah proses memecah selulosa menjadi polisakarida yang lebih kecil yang disebut dengan *cellodextrins* atau sepenuhnya menjadi unit-unit glukosa, hal ini merupakan reaksi hidrolisis. Karena molekul selulosa terikat kuat antar satu molekul dengan molekul lainnya, *cellulolysis* relatif sulit bila dibandingkan dengan pemecahan polisakarida lainnya. Proses *cellulolysis* terjadi pada sistem pencernaan sebagian hewan memamah biak ruminansia untuk mencerna makanan mereka yang mengandung selulosa.

### **2.1.1.2 Hemiselulosa**

Hemiselulosa termasuk dalam kelompok polisakarida heterogen yang dibentuk melalui jalan biosintesis yang berbeda dari selulosa. Hemiselulosa relatif mudah dihidrolisis oleh asam menjadi komponen-komponen monomer hemiselulosa terdiri dari D-glukosa, D-manosa, D-galaktosa, D-xilosa, L-arabinosa, dan sejumlah kecil L-ramnosa di samping menjadi asam D-glukuronat, asam 4-O-metil-D-glukuronat, dan asam D-galakturonat. Kebanyakan hemiselulosa mempunyai derajat polimerisasi hanya 200. Hemiselulosa relatif mudah dihidrolisis oleh asam menjadi komponen-komponen monomernya. Hemiselulosa dapat diisolasi dengan cara ekstraksi menggunakan dimetilsulfoksida dan alkali (KOH dan NaOH). Namun ekstraksi alkali

mempunyai kerugian yaitu deasetilasi hemiselulosa yang hampir sempurna. Struktur unit penyusun hemiselulosa dapat dilihat pada Gambar 2.3.

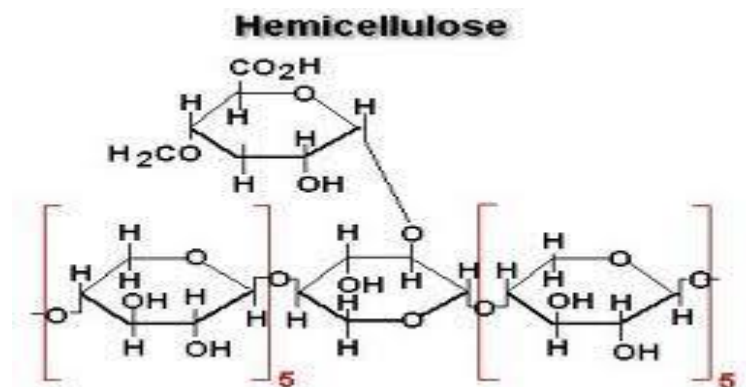


**Gambar II.3** Struktur Unit-unit Penyusun Hemiselulosa

Sumber: *Ibrahim, 1998.*

Hemiselulosa mempunyai rantai polimer yang pendek dan tak berbentuk, oleh karena itu sebagian besar dapat larut dalam air. Rantai utama dari hemiselulosa dapat berupa homopolimer (umumnya terdiri dari satu jenis gula yang berulang) atau juga berupa heteropolimer (campurannya beberapa jenis gula). Jumlah hemiselulosa biasanya antara 15-30% dari berat kering bahan lignoselulosa. Hemiselulosa mengikat lembaran serat selulosa membentuk mikrofibril yang meningkatkan stabilitas dinding sel. Hemiselulosa juga berikatan silang dengan lignin membentuk jaringan kompleks dan memberikan struktur yang kuat [20]. Hemiselulosa merupakan istilah umum bagi polisakarida yang larut dalam alkali. Hemiselulosa sangat dekat dengan selulosa dalam dinding sel tanaman. Lima gula netral, yaitu glukosa, mannose, dan galaktosa (heksosan) serta xilosa dan arabinose (pentosan) merupakan konstituen utama hemiselulosa. Berbeda dari selulosa yang merupakan homopolisakarida dengan monomer glukosa dan derajat polimerisasi yang tinggi (10.000–14.000 unit), rantai utama hemiselulosa dapat terdiri atas hanya satu jenis monomer (homopolimer), seperti xilan, atau terdiri atas dua jenis atau lebih monomer

(heteropolimer), seperti glukomannan. Rantai molekul hemiselulosa pun lebih pendek daripada selulosa. [8]. Berikut ini merupakan struktur hemiselulosa (Gambar 2.4)



**Gambar II.4** Struktur Hemiselulosa

Sumber: *Carpita, 2000*.

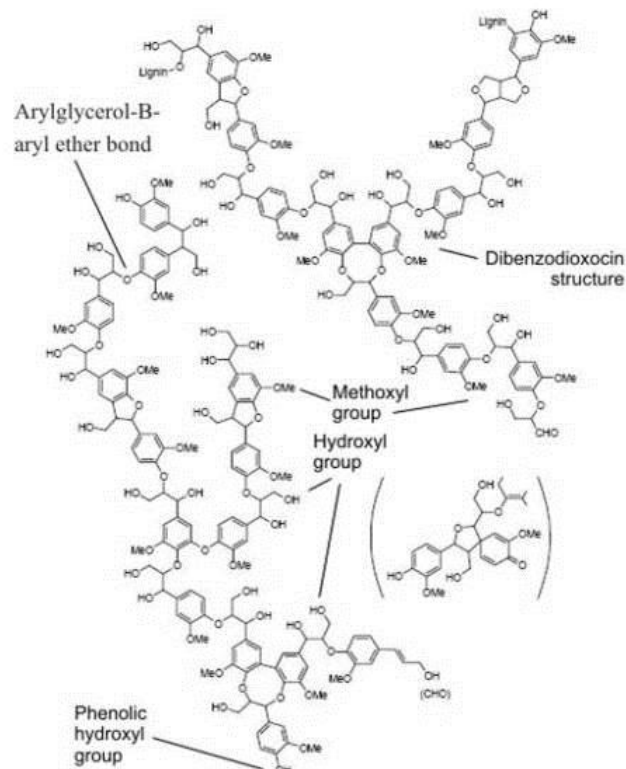
### 2.1.1.3 Lignin

Lignin merupakan salah satu komponen kimia penyusun kayu selain dari selulosa, dan hemiselulosa. Lignin adalah gabungan beberapa senyawa yang mengandung karbon, hidrogen dan oksigen, namun proporsi karbonnya lebih tinggi dibanding senyawa karbohidrat. Lignin merupakan komponen kimia dan morfologi yang karakteristik dari jaringan tumbuhan tinggi, seperti *pteridovita* dan *spermatofita* (*gymnosperm* dan *angiosperm*), dimana lignin terdapat dalam jaringan vaskuler yang khusus untuk pengangkutan cairan dan memberikan kekuatan mekanik sedemikian rupa sehingga tumbuhan yang besar seperti pohon yang tingginya lebih dari 100 meter tetap dapat berdiri kokoh. Struktur molekul lignin sangat berbeda bila dibandingkan polisakarida karena terdiri atas sistem aromatik yang tersusun atas unit-unit fenilpropana: unit *guaiacyl* (G) dari prekursor *trans*-koniferil alkohol, unit *syringyl* (S) dari prekursor *trans*-sinapil alkohol, dan *p*-hidroksipenil (H) dari prekursor *trans*-*p*-kumaril alkohol. Kandungan lignin dalam kayu daun jarum lebih tinggi daripada dalam kayu daun lebar. Di samping itu, terdapat beberapa perbedaan struktur lignin dalam kayu daun jarum dan dalam kayu daun lebar [8]. Unit-unit fenilpropana ini

kemudian berikatan dengan struktur-struktur minor sehingga membentuk suatu jaringan polimer yang dikenal dengan nama lignin.

Lignin adalah polimer berkadar aromatik-fenolik yang tinggi, berwarna kecoklatan dan relatif lebih mudah teroksidasi. Lignin memiliki berat molekul yang bervariasi antara 100 sampai dengan 20.000, tergantung pada sumber biomasnya. Lignin relatif stabil terhadap aksi kebanyakan larutan asam mineral, tetapi larut dalam larutan basa panas dan larutan ion ( $\text{HSO}_3^-$ ) panas. Lignin mempunyai titik pelunakan dan titik leleh yang rendah, lignin kayu berdaun jarum (pohon *spruce*) melunak pada 80-90°C (basah) dan 120°C (kering) dan meleleh pada 140-150°C. Sifat kimia lignin yang penting untuk diketahui diantaranya adalah kadar lignin dan reaktifitasnya. Metode Klason merupakan prosedur umum yang digunakan dalam penentuan kadar lignin.

Lignin adalah salah satu komponen utama sel tanaman, karena itu lignin juga memiliki dampak langsung terhadap karakteristik tanaman. Di alam keberadaan lignin pada kayu berkisar antara 25-30%, tergantung pada jenis kayu atau faktor lain yang mempengaruhi perkembangan kayu. Pada kayu, lignin umumnya terdapat di daerah lamela tengah dan berfungsi pengikat antar sel serta menguatkan dinding sel kayu. Kulit kayu, biji, bagian serabut kasar, batang dan daun mengandung lignin yang berupa substansi kompleks oleh adanya lignin dan polisakarida yang lain. Kadar lignin akan bertambah dengan bertambahnya umur tanaman. Lignin sering digolongkan sebagai karbohidrat karena hubungannya dengan selulosa dan hemiselulosa dalam menyusun dinding sel, namun lignin bukan karbohidrat. Hal ini ditunjukkan oleh proporsi karbon yang lebih tinggi pada lignin [19]. Pengerasan dinding sel kulit tanaman yang disebabkan oleh lignin menghambat enzim untuk mencerna serat dengan normal.



**Gambar II.5** Struktur Lignin

Dalam alam lignin bersifat hidrofobik yang mana lignin tahan terhadap air, sehingga dinding sel tidak tembus air. Selain itu lignin tahan terhadap pertumbuhan mikroorganisme dan dapat menyimpan lebih banyak energi matahari daripada selulosa dan hemiselulosa.

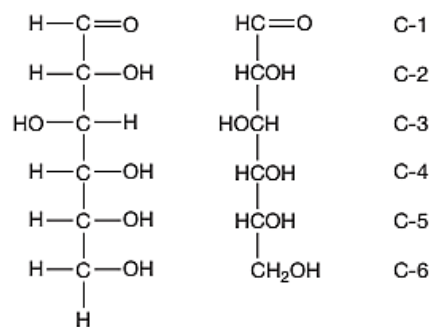
Kandungan lignin pada tumbuhan berbeda-beda, dimana kandungannya kadang lebih besar/sedikit daripada hemiselulosa atau selulosa tergantung jenis, tipe sel, dan tingkatan perkembangan dari jaringan dinding pohon tersebut. Dalam beberapa referensi disebutkan jumlah lignin dalam struktur pohon sekitar 20 – 35%.

## 2.2 Glukosa

Glukosa adalah salah satu monosakarida sederhana yang mempunyai rumus molekul  $C_6H_{12}O_6$ . Kata glukosa diambil dari bahasa Yunani yaitu glukus ( $\gamma\lambda\upsilon\kappa\acute{\upsilon}\varsigma$ ) yang berarti manis. Nama lain dari glukosa antara lain dekstrosa, D-glukosa, atau gula buah karena glukosa banyak terdapat pada buah - buahan.

Dalam biologi, glukosa memegang peran yang sangat penting, antara lain sebagai sumber energi dan intermediet metabolisme.

Glukosa merupakan salah satu produk fotosintesis dan merupakan bahan bakar respirasi seluler. Struktur Glukosa adalah monosakarida dengan rumus  $C_6H_{12}O_6$ . Di alam, glukosa dihasilkan dari reaksi antara karbondioksida dan air dengan bantuan sinar matahari dan klorofil dalam daun. Proses ini disebut fotosintesis dan glukosa yang terbentuk terus digunakan untuk pembentukan amilum atau selulosa.  $6 CO_2 + 6 H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6 O_2$  Amilum terbentuk dari glukosa dengan cara penggabungan molekul-molekul glukosa yang membentuk rantai lurus maupun bercabang dengan melepaskan molekul air.  $nC_6H_{12}O_6 \rightarrow (C_6H_{10}O_5)_n + n H_2O$ .



**Gambar II.6** Struktur D-glukosa (struktur rantai terbuka)

Sumber: *Encyclopedia of Food and Health* [6]

Adapun sifat fisik dari glukosa, yaitu sebagai berikut:

**Tabel II.2** Sifat Fisik Glukosa

Sifat fisik	Karakteristik
Bentuk fisik	Putih, kristal
Berat molekul	180,16 g/mol
Titik leleh	150°C
Densitas	1,5620 g/cm <sup>3</sup> (pada 18°C)
Kelarutan pada:	
Air	Sangat larut
Etanol	Sedikit larut
Etil eter	Tidak larut
Pirimidina	Larut

Sumber: *Encyclopedia of Food and Health* [6]

### 2.2.1 Analisis Kualitatif Glukosa

Di dalam ilmu biokimia terdapat beberapa jenis karbohidrat yang memiliki peranan penting, antara lain monosakarida (glukosa, fruktosa, galaktosa, ribosa), disakarida (laktosa, sukrosa, maltosa), dan polisakarida (glikogen pada hewan dan selulosa pada tanaman). Analisa kualitatif dapat dilakukan untuk mengetahui kandungan karbohidrat dalam suatu bahan. Beberapa uji kualitatif akan dijelaskan berikut ini:

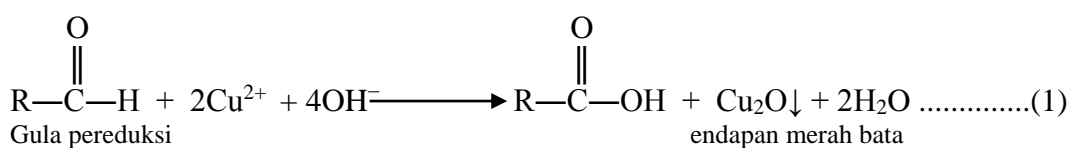
#### a. Uji Molisch

Pereaksi molisch terdiri dari larutan  $\alpha$ -naftol dalam alkohol 95%. Reaksi tergantung pada pembentukan furfural dan derivat-derivat dari karbohidrat yang di dehidrasi oleh asam pekat, dan kombinasi dengan  $\alpha$ -naftol untuk membentuk senyawa berwarna. Walaupun uji ini bukan uji spesifik untuk karbohidrat, namun hasil negatif terhadap pereaksi molisch menunjukkan tidak adanya karbohidrat dalam suatu senyawa. Uji molisch merupakan uji umum untuk karbohidrat dan digunakan untuk mengetahui ada tidaknya karbohidrat dalam sampel. Uji molisch bertujuan untuk membedakan karbohidrat dengan senyawa bukan karbohidrat. Uji ini sangat efektif untuk senyawa-senyawa yang dapat di dehidrasi oleh asam pekat menjadi senyawa furfural atau senyawa furfural yang tersubstitusi seperti hidroksimetil furfural. Dalam larutan asam encer, walaupun dipanaskan, monosakarida umumnya stabil. Namun, pada asam kuat yang pekat, monosakarida menghasilkan furfural atau derivatnya. Reaksi pembentukan furfural ini adalah reaksi dehidrasi atau pelepasan molekul air oleh asam sulfat pekat. Dehidrasi heksosa menghasilkan senyawa hidroksimetil furfural, sedangkan dehidrasi pentosa menghasilkan senyawa furfural. Furfural yang terbentuk akan bereaksi dengan  $\alpha$ -naftol dan membentuk cincin berwarna ungu yang merupakan kondensasi antara furfural atau hidroksometil furfural dengan  $\alpha$ -naftol. Karena furfural dan derivatnya ini membentuk senyawa berwarna, maka reaksi ini bisa dipakai untuk uji karbohidrat [29].

#### b. Uji Benedict

Uji benedict digunakan untuk mengidentifikasi karbohidrat melalui reaksi gula pereduksi. Larutan alkali dari tembaga direduksi oleh gula yang mengandung

gugus aldehida atau keton bebas, dengan membentuk kupro oksida berwarna. Larutan benedict mengandung kupri sulfat, natrium karbonat, dan natrium sitrat. Uji benedict dilakukan pada suasana basa yang menyebabkan terjadinya transformasi isomerik. Pada suasana basa, reduksi ion  $\text{Cu}^{2+}$  dari  $\text{CuSO}_4$  oleh gula pereduksi akan berlangsung dengan cepat dan membentuk  $\text{Cu}_2\text{O}$  yang merupakan endapan merah bata. Pereaksi benedict terdiri dari logam Cu dan larutan basa kuat [22]. Reaksi reduksi pada uji benedict :



Sumber : *Oswaldo, 2012* [22].

### c. Uji Barfoed

Uji ini digunakan untuk mendeteksi monosakarida yang terdapat dalam disakarida. Uji ini menggunakan larutan asam, berbeda dengan reaksi benedict. Pereaksi barfoed terdiri dari kupri asetat yang dilarutkan aquadest dan ditambahkan dengan asam laktat. Disakarida juga akan memberi hasil positif dengan uji ini jika larutan gula dididihkan dalam waktu yang cukup lama sehingga terjadi hidrolisis. Pereaksi barfoed dapat bereaksi positif dengan karbohidrat yang memiliki gula pereduksi. Uji barfoed dilakukan dalam suasana asam. Pada suasana asam, reaksi oksidasi akan lama terjadi, sehingga hanya monosakarida yang dapat teroksidasi dengan cepat. Pemanasan pada uji ini harus dilakukan dengan baik agar monosakarida bereaksi positif, sedangkan disakarida tidak. Pereaksi barfoed terdiri dari logam Cu dan larutan asam pekat. Ketosa tidak akan mengalami isomerisasi terhadap pereaksi ini. Pereaksi barfoed dalam suasana asam akan direduksi lebih cepat oleh gula pereduksi monosakarida daripada disakarida, dan menghasilkan  $\text{Cu}_2\text{O}$  (kupro oksida) berwarna merah bata [22].

## 2.3 Bioetanol

Bioetanol adalah istilah yang digunakan untuk etanol yang dihasilkan dari proses fermentasi gula reduksi dengan bahan baku hayati, untuk membedakannya dengan etanol yang dihasilkan dengan cara sintesis. Bioetanol memiliki sejumlah

keunggulan dibandingkan bahan bakar fosil. Salah satunya bioetanol termasuk bahan bakar ramah lingkungan karena gas  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan dari pembakarannya jauh lebih kecil dibandingkan  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil. Keunggulan lain dari bioetanol adalah bersifat terbarukan, artinya dapat dihasilkan dari bahan baku atau sumber yang dapat dibudidayakan. Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan bioetanol relatif lebih murah, contohnya biomassa lignoselulosa tandan kosong kelapa sawit yang merupakan limbah dalam memproduksi *Crude Palm Oil* (CPO), serbuk kayu gergaji yang merupakan limbah dalam memproduksi *meubel*.

Bioetanol adalah sumber energi alternatif yang dapat dikembangkan di Indonesia. Saat ini, Brasil merupakan negara yang penghasil bioetanol terbesar di dunia. Di urutan kedua, ada Amerika Serikat yang merupakan negara penghasil bioetanol terbesar kedua di dunia. Perbedaan antara Brasil dan Amerika ada pada penggunaan bahan baku, dimana Brasil menggunakan bahan baku dari tebu sedangkan Amerika menggunakan bahan baku jagung. Dari kedua negara tersebut kita dapat melihat bahwa keduanya menggunakan bahan baku dari bahan pangan yang mana dapat mengganggu stabilitas kebutuhan pangan.

Etanol merupakan senyawa organik yang terdiri dari karbon, hydrogen, dan oksigen. Etanol memiliki gugus hidroksil pada ikatannya. Gugus hidroksil dapat berpartisipasi ke dalam ikatan hidrogen, sehingga membuatnya cair dan lebih sulit menguap dibandingkan senyawa organik lainnya dengan massa molekul yang sama. Karena etanol memiliki gugus hidroksil, maka etanol termasuk golongan alcohol. Alkohol adalah senyawa hidrokarbon berupa gugus hidroksil (-OH) dengan 2 atom karbon (C). Spesies alkohol yang banyak digunakan adalah  $\text{CH}_3\text{OH}$  yang disebut metil alkohol (metanol),  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  yang diberi nama etil alkohol (etanol), dan  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$  yang disebut isopropil alkohol (IPA) atau propanol-2. Dalam dunia perdagangan yang disebut alkohol adalah etanol atau etil alkohol dengan rumus kimia  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ .

Etanol disebut juga etil alkohol dengan rumus kimia  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  atau  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  dengan titik didihnya  $78^\circ\text{C}$ . Etanol memiliki sifat tidak berwarna, volatil dan dapat bercampur dengan air. Selain itu memiliki sifat yang mudah

menguap dengan aroma yang khas dan mudah terbakar. Etanol terbakar tanpa asap dengan api berwarna biru yang kadang-kadang tidak dapat terlihat pada cahaya. Ada 2 jenis etanol, etanol sintetik sering disebut metanol atau metil alkohol atau alkohol kayu, terbuat dari etilen, salah satu derivat minyak bumi atau batu bara. Bahan ini diperoleh dari sintesis kimia yang disebut hidrasi, sedangkan bioetanol direkayasa dari biomassa (tanaman) melalui proses biologi (enzimatik dan fermentasi).

Mengingat pemanfaatan bioetanol/ etanol beraneka ragam, sehingga *grade* etanol yang dimanfaatkan harus berbeda sesuai dengan penggunaannya. Untuk etanol yang mempunyai *grade* 90-96,5% dapat digunakan pada industri, sedangkan etanol yang mempunyai *grade* 96-99,5% dapat digunakan sebagai campuran untuk miras dan bahan dasar industri farmasi. Besarnya *grade* etanol yang dimanfaatkan sebagai campuran bahan bakar untuk kendaraan sebesar 99,5-100%. Perbedaan besarnya *grade* akan berpengaruh terhadap proses konversi karbohidrat menjadi gula (glukosa) larut air.

**Tabel II.3** Sifat Fisika Etanol

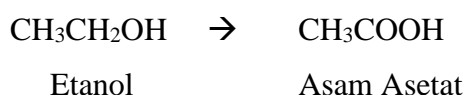
Sifat Fisik	Karakteristik
Berat molekul	40,069 g/mol
Densitas	0,7893 g/ml
Titik didih	78,4 °C
Titik leleh	-114,14 °C
Kapasitas panas	112,3 J/mol.K

Sumber: *CRC Handbook of Chemistry and Physical*

#### Sifat Kimia Etanol

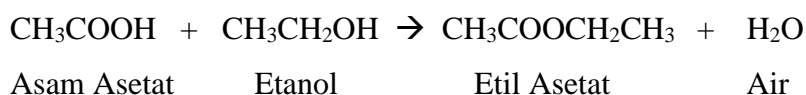
- Oksidasi Etanol

Pengoksidasian etanol dapat membentuk asam asetat.

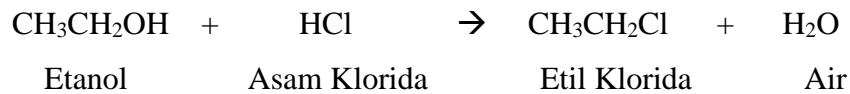


- Pembentukan Ester

Jika etanol direaksikan dengan asam asetat dapat membentuk etil asetat yang merupakan senyawa ester.

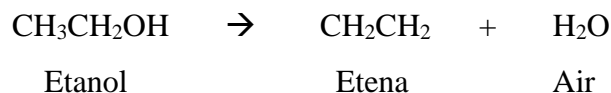


- Halogenasi



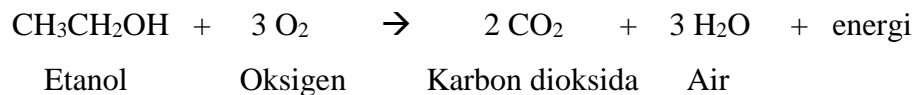
- Eliminasi Etanol

Eliminasi etanol menggunakan asam sulfat pada suhu 180°C dapat membentuk etena dan air.



- Pembakaran Etanol

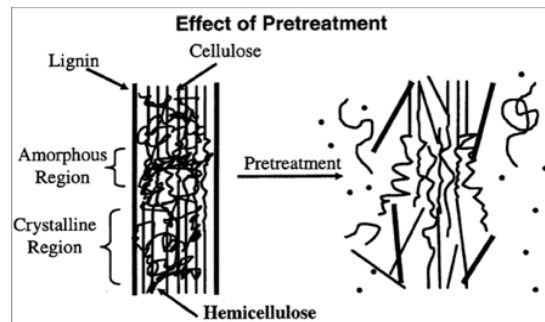
Pembakaran etanol menghasilkan karbon dioksida dan air.



## 2.4 Proses Pembuatan Bioetanol

### 2.4.1 Pretreatment

Tujuan dari *pretreatment* adalah untuk membuka struktur lignoselulosa agar selulosa menjadi lebih mudah diakses oleh enzim yang memecah polimersakarida menjadi monomer gula. *Pretreatment* menyediakan akses yang lebih mudah untuk enzim sehingga akan mengalami peningkatan hasil glukosa dan xilosa. Pretreatment biomassa lignoselulosa harus dilakukan untuk mendapatkan hasil yang tinggi di mana penting untuk pengembangan teknologi biokonversi dalam skala komersial [19]. Pretreatment merupakan tahapan yang banyak memakan biaya dan berpengaruh besar terhadap biaya keseluruhan proses. Sebagai contoh pretreatment yang baik dapat mengurangi jumlah enzim yang digunakan dalam proses hidrolisis [30]. Pretreatment dapat meningkatkan hasil gula yang diperoleh. Gula yang diperoleh tanpa pretreatment kurang dari 20%, sedangkan dengan pretreatment dapat meningkat menjadi 90% dari hasil teoritis [11]. Tujuan dari pretreatment adalah untuk membuka struktur lignoselulosa agar selulosa menjadi lebih mudah diakses oleh enzim yang memecah polymer polisakarida menjadi monomer gula. Tujuan pretreatment secara skematis ditunjukkan pada gambar 2.7.



**Gambar II.7** Pretreatment Biomassa Lignoselulosa

Sumber: Mosier, .dkk, 2005 [19].

Selama beberapa tahun terakhir berbagai teknik pretreatment telah dipelajari melalui pendekatan biologi, fisika, kimia. Menurut Sun & Cheng, (2002) pretreatment seharusnya memenuhi kebutuhan berikut ini: *pretreatment* harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1. meningkatkan pembentukan gula atau kemampuan untuk selanjutnya membentuk gula oleh hidrolisis
2. menghindari degradasi atau hilangnya karbohidrat,
3. menghindari pembentukan produk samping yang menghambat proses hidrolisis dan fermentasi selanjutnya dan biaya efektif.

## 2.4.2 Hidrolisis

Hidrolisis merupakan proses pemecahan polisakarida di dalam biomassa lignoselulosa, yaitu selulosa dan hemiselulosa menjadi monomer gula penyusunnya. Pada hidrolisis sempurna, selulosa akan menghasilkan glukosa, sedangkan hemiselulosa menghasilkan beberapa monomer gula pentosa (C<sub>5</sub>) dan heksana (C<sub>6</sub>). Hidrolisis dapat dilakukan secara kimia (asam) atau enzimatik.

### 2.4.2.1 Hidrolisis Asam

Di dalam metode hidrolisis asam, biomassa lignoselulosa dipaparkan dengan asam pada suhu dan tekanan tertentu selama waktu tertentu, dan menghasilkan monomer gula dari polimer selulosa dan hemiselulosa. Beberapa asam yang umum digunakan untuk hidrolisis asam antara lain adalah asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), asam perklorat, dan HCl. Asam sulfat merupakan asam yang paling

banyak diteliti dan dimanfaatkan untuk hidrolisis asam. Hidrolisis asam dapat dikelompokkan menjadi: hidrolisis asam pekat dan hidrolisis asam encer [23].

Hidrolisis asam pekat merupakan teknik yang sudah dikembangkan cukup lama. Braconnot di tahun 1819 pertama menemukan bahwa selulosa bisa dikonversi menjadi gula yang dapat difermentasi dengan menggunakan asam pekat [28]. Hidrolisis asam pekat menghasilkan gula yang tinggi (90% dari hasil teoritik) dibandingkan dengan hidrolisis asam encer, dan dengan demikian akan menghasilkan etanol yang lebih tinggi [11]. Hidrolisis asam encer dapat dilakukan pada suhu rendah. Proses ini juga sangat korosif karena adanya pengenceran dan pemanasan asam. Proses ini membutuhkan peralatan yang mahal atau dibuat secara khusus. Rekaveri asam juga membutuhkan energi yang besar. Di sisi lain, jika menggunakan asam sulfat, dibutuhkan proses netralisasi yang menghasilkan limbah gypsum/kapur yang sangat banyak. Dampak lingkungan yang kurang baik dari proses ini membatasi penggunaan asam perklorat. Hidrolisis asam pekat juga membutuhkan biaya investasi dan pemeliharaan yang tinggi, hal ini mengurangi ketertarikan untuk komersialisasi proses ini [11].

Hidrolisis asam encer juga dikenal dengan hidrolisis asam dua tahap (two stage acid hydrolysis) dan merupakan metode hidrolisis yang banyak dikembangkan dan diteliti saat ini. Hidrolisis asam encer pertama kali dipatenkan oleh H.K. Moore pada tahun 1919. Potongan (chip) kayu dimasukkan ke dalam tangki kemudian diberi uap panas pada suhu 300°F selama satu jam. Selanjutnya dihidrolisis dengan menggunakan asam fosfat. Hidrolisis dilakukan dalam dua tahap. Hidrolisat yang dihasilkan kemudian difermentasi untuk menghasilkan ethanol. Hidrolisis selulosa dengan menggunakan asam telah dikomersialkan pertama kali pada tahun 1898 [12]. Tahap pertama dilakukan dalam kondisi yang lebih 'lunak' dan akan menghidrolisis hemiselulosa (misal 0.7% asam sulfat, 190°C). Tahap kedua dilakukan pada suhu yang lebih tinggi, tetapi dengan konsentrasi asam yang lebih rendah untuk menghidrolisis selulosa (215°C, 0.4% asam sulfat) [12].

Kelemahan dari hidrolisis asam encer adalah degradasi gula hasil di dalam reaksi hidrolisis dan pembentukan produk samping yang tidak diinginkan.

Degradasi gula dan produk samping ini tidak hanya akan mengurangi gula yang dihasilkan, tetapi produk samping juga dapat menghambat pembentukan etanol pada tahap fermentasi selanjutnya. Beberapa senyawa inhibitor yang dapat terbentuk selama proses hidrolisis asam encer adalah furfural, 5-hydroxymethylfurfural (HMF), asam levulinik (levulinic acid), asam asetat (acetic acid), asam format (formic acid), asam uronat (uronic acid), asam 4-hydroxybenzoic, asam vanilik (vanilic acid), vanillin, phenol, cinnamaldehyde, formaldehida (formaldehyde), dan beberapa senyawa lain. Berikut ini reaksi hidrolisis dengan menggunakan asam klorida (HCl), yaitu :



#### 2.4.2.2 Hidrolisis Enzim

Hidrolisis enzimatis memiliki beberapa keuntungan dibandingkan hidrolisis asam, antara lain: tidak terjadi degradasi gula hasil hidrolisis, kondisi proses yang lebih lunak (suhu rendah, pH netral), berpotensi memberikan hasil yang tinggi, dan biaya pemeliharaan peralatan relative rendah karena tidak ada bahan yang korosif [11, 23]. Beberapa kelemahan dari hidrolisis enzimatis antara lain adalah membutuhkan waktu yang lebih lama, dan kerja enzim dihambat oleh produk. Di sisi lain harga enzim saat ini lebih mahal daripada asam sulfat, namun demikian pengembangan terus dilakukan untuk menurunkan biaya dan meningkatkan efisiensi hidrolisis maupun fermentasi.

Struktur lignoselulosa membentuk penghambat alami terhadap degradasi oleh mikroba maupun oleh enzim. Penurunan kecepatan reaksi ditemukan pada hidrolisis enzimatis selulosa murni. Beberapa penyebab dari penurunan kecepatan reaksi ini antara lain adalah: penghambatan balik oleh produk, deplesi oleh bagian yang mudah terdegradasi (kemungkinan deplesi oleh bagian amorphous selulosa), inaktivasi enzim, dan ikatan atau penjerapan tidak produktif selulase di dalam pori-pori selulosa. Secara umum penghambatan dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu: pertama terkait dengan struktur lignoselulosa, dan kedua terkait dengan mekanisme dan interaksi enzim [30].

Beberapa karakteristik fisik structural lignoselulosa yang menghambat hidrolisis enzimatis antara lain: kristalinitas (crystallinity), derajat polimerasi, susunan struktur selulosa (I, II, III, V, atau X), ukuran dan distribusi pori-pori, luas permukaan kontak, derajat pemekaran (swelling), dan komposisi structural (kandungan dan distribusi lignin). Peningkatan dan penurunan hasil hidrolisis diketahui berkaitan dengan peningkatan kristalinitas dari berbagai substrat lignoselulosa yang berbeda [25]. Studi terbaru oleh Zhu, O'Dwyer, Chang, Granda, & Holtzaple, (2008) menemukan bahwa kristalinitas dan kandungan lignin paling berpengaruh terhadap kemudahan lignin dihidrolisis. Namun diketahui pula bahwa jika kristalinitas rendah, kandungan lignin tidak terlalu berpengaruh.

Kemudahan diakses (accessibility) substrat lignoselulosa memainkan peranan penting pada peningkatan hidrolisis enzimatis. Selulosa memiliki permukaan eksternal (bentuk dan ukuran partikel) dan internal (struktur kapiler serat). Pada selulosa yang tidak diperlakukan, hanya sebagian kecil dari pori-pori yang dapat diserang oleh selulase. Grethelin (1985) menunjukkan bahwa penghilangan hemiselulosa menghasilkan peningkatan volume pori-pori yang dapat diakses dan area permukaan spesifik. Ukuran pori-pori juga diketahui berkaitan dengan derajat pemekaran (degree of swelling) di dalam. Beberapa studi juga menemukan bahwa pengeringan bahan lignoselulosa berakibat dari hilangnya kapilaritas dinding sel dan berkurangnya ukuran pori-pori menurunkan efektivitas hidrolisis enzimatis [7].

Delignifikasi kayu Douglas fir (telah diperlakukan dengan uap panas (steam-explosion)) dengan peroksida alkali panas dapat meningkatkan hasil hidrolisis di mana kandungan lignin tinggal 8.2%). Selain itu rekoveri enzim setelah hidrolisis enzimatis juga meningkat [19]. Di sisi lain, penghilangan sebagian lignin (kandungan akhir lignin 32-36%) dari kayu lunak (telah diperlakukan dengan uap panas) dengan perlakuan NaOH menurunkan hasil hidrolisis [28]. Hasil yang sama juga diperoleh dari penghilangan lignin dengan proses delignifikasi oksigen menggunakan NaOH dimana kecepatan dan hasil hidrolisis menurun. Namun pada kasus kraft pulp dari kayu lunak, peningkatan

hasil hidrolisis berkorelasi dengan peningkatan derajat delignifikasi [5]. Dengan demikian, penghilangan lignin sebagian terlihat membuat kayu (yang telah diperlakukan dengan uap) menjadi lebih sulit untuk dihidrolisis. Salah satu penjelasan dari fenomena adalah terjadi redeposisi dari lignin yang tidak terekstrak ke pori-pori dan permukaan selulosa [28].

### 2.4.3 Fermentasi

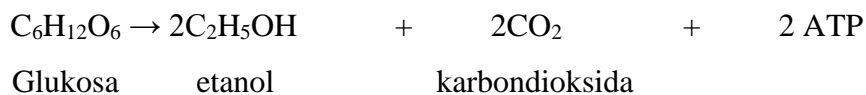
Kata fermentasi berasal dari Bahasa Latin yang berarti merebus. Arti kata dari Bahasa Latin tersebut dapat dikaitkan atau kondisi cairan bergelembung atau mendidih. Keadaan ini disebabkan adanya aktivitas ragi sepenuhnya ekstraksi buah-buahan atau biji-bijian. Gelembung gelembung karbondioksida dihasilkan dari katabolisme anaerobik terhadap kandungan gula. Fermentasi mempunyai arti yang berbeda bagi ahli biokimia dan mikrobiologi industri.

Sepenuhnya arti fermentasi tersebut lebih luas lagi, menyangkut juga perombakan protein dan lemak oleh aktivitas mikroorganisme. Meskipun fermentasi sering dihubungkan dengan pembentukan gas yang disebabkan oleh mikroorganisme yang hidup. Dalam beberapa proses fermentasi misalnya fermentasi asam laktat, tidak ada gas yang dilepaskan. Fermentasi dapat juga berlangsung (meskipun jarang terjadi) dengan menggunakan ekstrak enzim yang berfungsi sebagai katalisator reaksi. Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa fermentasi mempunyai arti yaitu suatu proses terjadinya perubahan reaksi kimia pada suatu substrat organik melalui aktivitas enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme.

Fermentasi adalah proses produksi energi dalam sel dalam keadaan anaerob (tanpa oksigen). Secara umum, fermentasi adalah salah satu bentuk respirasi dalam lingkungan anaerobik dengan tanpa akseptor elektron eksternal. Fermentasi merupakan kegiatan mikroba pada bahan pangan sehingga dihasilkan produk yang diinginkan. Mikroba yang umumnya terlibat dalam fermentasi adalah bakteri, khamir dan kapang. Contoh bakteri yang digunakan dalam fermentasi adalah *Acetobacter xylinum* pada pembuatan nata decoco, *Acetobacter aceti* pada pembuatan asam asetat. Contoh khamir dalam fermentasi

adalah *Saccharomyces cerevisiae* dalam pembuatan alkohol sedang contoh kapang adalah *Rhizopus* sp pada pembuatan tempe, *Monascus purpureus* pada pembuatan angkak dan sebagainya. Fermentasi dapat dilakukan menggunakan kultur murni ataupun alami serta dengan kultur tunggal ataupun kultur campuran.

Gula adalah bahan yang umum dalam fermentasi. Beberapa contoh hasil fermentasi adalah etanol, asam laktat, dan hidrogen. Akan tetapi beberapa komponen lain dapat juga dihasilkan dari fermentasi seperti asam butirat dan aseton. Ragi dikenal sebagai bahan yang umum digunakan dalam fermentasi untuk menghasilkan etanol dalam bir, anggur dan minuman beralkohol lainnya. Respirasi anaerobik dalam otot mamalia selama kerja yang keras (yang tidak memiliki akseptor elektron eksternal), dapat dikategorikan sebagai bentuk fermentasi yang menghasilkan asam laktat sebagai produk sampingannya. Akumulasi asam laktat inilah yang berperan dalam menyebabkan rasa kelelahan pada otot. Fermentasi alkohol merupakan suatu reaksi perubahan glukosa menjadi etanol (etil alkohol) dan karbon dioksida. Organisme yang berperan yaitu *Saccharomyces cerevisiae* (ragi) untuk pembuatan tape, roti atau minuman keras. Reaksi Kimia fermentasi yaitu:



#### 2.4.3.1 Fermentasi Alkohol

Fermentasi alkohol pada dasarnya adalah suatu cara produksi alcohol (etanol) menggunakan bantuan aktivitas mikroorganisme. Alkohol yang dihasilkan sering disebut bioetanol. Mikroorganisme yang berperan dalam fermentasi alkohol pada umumnya merupakan kelompok mikroba khamir seperti *Saccharomyces cerevisiae* dan *Saccharomyces uvarium*. *Saccharomyces cerevisiae* telah diperdagangkan dalam bentuk bubuk yang dikenal dengan nama ragi roti, yaitu ragi yang digunakan dalam pembuatan roti.

Substrat atau bahan baku fermentasi alcohol dapat berasal dari gula seperti gula putih, nira aren, nira kelapa, nira lontar dan molase. Substrat ini dimetabolisme menjadi alkohol. Selain gula, dapat juga digunakan bahan berpati (misalnya ubi jalar, ubi kayu dan sagu) dan bahan berselulosa sebagai bahan baku

misalnya jerami padi. Agar bahan dapat bertindak sebagai substrat, pati dan selulosa perlu dihidrolisis terlebih dulu menjadi gula sederhana, baik dalam bentuk monosakarida maupun dalam bentuk disakarida. Hidrolisis tersebut dapat berlangsung secara kimia dan secara enzimatik.

Mekanisme fermentasi alkohol, Proses fermentasi ini dimulai dengan glikosis yang menghasilkan asam piruvat. Reaksi ini tidak ada oksigen, sehingga asam piruvat diubah menjadi asam laktat, yang mengakibatkan elektron tidak meneruskan perjalanannya sehingga tidak lagi menerima elektron dari NADH dan FAD. Berarti NADH yang diperlukan dalam siklus Krebs juga tidak terbentuk, akibatnya siklus krebs terhenti. Tetapi NADH di luar mitokondria dapat dibentuk dari NADH melalui proses pembentukan asam laktat dari asam piruvat. Asam laktat adalah zat kimia yang merugikan karena bersifat racun. Pada fermentasi alkohol dihasilkan 2 ATP, 2NADH, 2 CO<sub>2</sub> dan 2 Alkohol/etanol.

Fermentasi alkohol biasanya digunakan pada industri roti. Adanya CO<sub>2</sub> pada fermentasi alkohol berguna untuk mengembangkan adonan roti. Apabila roti di oven maka CO<sub>2</sub> akan terdorong keatas maka berkembanglah roti dan timbul pori di roti.

#### **2.4.3.2 Ragi yang berperan dalam fermentasi**

Khamir atau yang sering disebut juga ragi atau yeast adalah mikroorganisme bersel tunggal, berbentuk bulat atau bulat telur atau bulat panjang membentuk *pseudomisellium*. Selain itu khamir atau ragi dapat diartikan sebagai jasad renik sejenis jamur yang berkembang biak dengan sangat cepat dan yang mampu mengubah pati dan gula menjadi karbondioksida dan alkohol. [13]

Contoh dan peranan Ragi/Khamir :

1. *Saccharomyces cereviciae*: berfungsi untuk pembuatan roti, tape, dan alkohol.
2. *Saccharomyces tuac*: berfungsi untuk mengubah air niral legen menjadi tuak.
3. *Saccharomyces ellipsoideus*: berfungsi untuk peragian buah anggur menjadi anggur minuman.

##### a. Ragi Roti

Ragi roti merupakan kelompok khamir paling utama, dengan nama ilmiah *Saccharomyces cerevisiae* yang secara komersial banyak dimanfaatkan oleh

manusia. Ragi roti bermanfaat dan mempunyai nilai ekonomis karena dapat mengubah atau mengkonversi gula dalam proses fermentasi alkohol dan karbondioksida. Ragi roti selain murah juga mudah diperoleh dan tahan lama sehingga cukup ekonomis bila digunakan dalam fermentasi alkohol. Beberapa faktor yang mempengaruhi pertumbuhan khamir, diantaranya adalah alkohol, gula, karbon dioksida dan tekanan udara, oksigen, asam asetat, asam organik dan pH, komponen bernitrogen, faktor pertumbuhan, tanin, partikel tak terlarut, logam serta suhu. Kadar alkohol yang dapat dihasilkan selama fermentasi berkisar antara 0-19%. Pada kadar yang tinggi alkohol dapat menghambat fermentasi karena mempercepat kerusakan sel khamir, sehingga mempengaruhi pula jumlah maksimum alkohol yang terbentuk. Umumnya fermentasi alkohol sudah terhambat pada kadar alkohol 18%. Pada umumnya hampir semua *Saccharomyces* dapat memfermentasi glukosa, maltosa, fruktosa, sukrosa dan galaktosa sedangkan rafinosa hanya sebagian saja yang dapat difermentasi. [13].

Keuntungan menggunakan ragi roti antara lain adalah :

- a. Hemat biaya
  - b. Mudah digunakan
  - c. Memiliki kemampuan fermentasi tinggi
  - d. Dosis pemakaian rendah
- b. Ragi Tape

Menurut Saono (1982) dalam Raharjayanti (2006), ragi tape adalah starter tradisional yang terdapat di Indonesia, digunakan untuk fermentasi substrat yang kaya akan pati, seperti singkong dan beras ketan menjadi tape, brem cair dan brem padat. Ragi tape adalah inokulum padat yang mengandung mikroba seperti kapang, khamir, bakteri yang berfungsi sebagai starter fermentasi. Jenis mikroorganisme yang terdapat ragi tape terdiri dari jenis kapang antara lain adalah genus *Acetobacter*, *Rhizofus orizae*, *R stolonifer*, *Aspergillus orizae*, *A niger*, *Mucor cornoloides*, *M javanicus*, *M rouxii*, *M dubois*, *Fusarium sp* dan *Amylomyces rouxii*, dan dari jenis khamir antara lain *Sacharomyces cereviceae*, *candida parapsilosis*, *C mycoderma*, *Hansenula suppeliculosa*, *H amonola*, *Endomycopsis chodato* dan *E fibuinger* [24] . Di dalam ragi tape yang banyak

berperan mengubah karbohidrat yang terkandung dalam bahan pakan menjadi gula adalah *A niger*, sedangkan yang banyak berperan mengubah gula menjadi alkohol adalah *S cereviceae* [26].

Jadi kesimpulannya, Penggunaan jenis inokulum kering berpengaruh terhadap kadar gula reduksi tertinggi karena di dalam ragi pasar (ragi tape) mengandung berbagai jenis mikroorganisme yang dapat menghasilkan bermacam-macam enzim, dimana jenis enzim dan banyaknya enzim yang dihasilkan akan mempengaruhi laju fermentasi sehingga dibandingkan dengan inokulum murni kering *Saccharomyces cerevisiae* yang hanya mengandung khamir saja, enzim yang dihasilkan ragi pasar relatif lebih bervariasi dibandingkan enzim yang dihasilkan inokulum murni.

#### **2.4.3.3 Faktor yang mempengaruhi fermentasi**

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kehidupan ragi, yaitu sebagai berikut :

1. Konsentrasi Glukosa

Konsentrasi gula awal telah dianggap sebagai faktor penting dalam produksi etanol. Konsentrasi gula awal berpengaruh pada tinggi rendahnya perolehan dan produktivitas etanol. Konsentrasi glukosa yang terlalu rendah mengakibatkan ragi kekurangan makanan dan produktivitas menurun. Sedangkan konsentrasi glukosa yang tinggi akan menghasilkan perolehan etanol yang lebih besar, tetapi membutuhkan waktu yang lama. Konsentrasi glukosa yang digunakan untuk mencapai laju maksimum produksi etanol biasanya sekitar 150 g/l.

2. Keasaman (pH)

Untuk fermentasi alkohol, ethanol memerlukan media dengan suasana asam, yaitu antara pH 4,8-5,0. Pengaturan pH dapat dilakukan dengan penambahan asam sulfat jika substratnya alkalis atau dengan natrium bikarbonat jika substratnya asam. pH optimal pada proses fermentasi yaitu 4-5 dengan perolehan etanol 65,54% dan laju produksi etanol spesifik masing – masing 310 dan 410 g/kg jam. Ketika Ph kurang dari 4, membutuhkan waktu fermentasi yang lama untuk memperoleh konsentrasi

etanol yang tinggi. Sedangkan ketika pH lebih dari 5, menyebabkan perolehan etanol menurun.

### 3. Suhu

Suhu optimum untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan bakteri adalah 28-30<sup>0</sup>C. Pada waktu fermentasi terjadi kenaikan panas, karena reaksi yang terjadi adalah eksoterm. Untuk mencegah agar suhu pada fermentasi tidak naik, maka diperlukan pendinginan agar dipertahankan tetap 28-30 <sup>0</sup>C.

### 4. Udara

Fermentasi alkohol berlangsung secara anaerobik (tanpa udara). Namun demikian udara diperlukan pada proses pembibitan sebelum fermentasi untuk perkembangbiakan bakteri tersebut.

### 5. Waktu fermentasi

Waktu fermentasi mempengaruhi pertumbuhan mikroorganismenya. Semakin lama waktu fermentasi, maka kadar bioetanol akan mengalami kenaikan. Kenaikan kadar bioetanol ini terjadi karena lama waktu fermentasi berhubungan erat dengan kurva pertumbuhan mikroba. Pertumbuhan mikroba terjadi dari enam fase, yaitu fase adaptasi, fase permulaan pembiakan, fase pembiakan cepat, fase konstan atau stasioner dan fase terakhir adalah fase kematian.

### 6. Agitasi

Laju agitasi mengontrol permeabilitas nutrisi dari kaldu fermentasi di dalam sel dan melepaskan etanol dari sel ke kaldu fermentasi. Laju agitasi yang terlalu tinggi tidak meningkatkan hasil etanol lagi karena keterbatasan kemampuan metabolisme sel ragi. Oleh karena itu, hasil etanol tidak meningkat pada laju agitasi melebihi 200 rpm. Laju agitasi yang biasa digunakan untuk fermentasi yaitu sekitar 150-200 rpm.

### 7. Konsentrasi dan Jenis Ragi

Konsentrasi ragi tidak memberikan pengaruh yang signifikan pada konsentrasi etanol akhir tetapi berpengaruh pada laju konsumsi gula dan produktivitas etanol. Pada jenis ragi, starter ragi tape merupakan populasi

campuran dari genus *Aspergillus*, *Sacharomyces*, *Candida*, dan *Hansemula*, serta *Acetobacter*. Genus – genus ini saling berkesinambungan, dimana *Aspergillus* dapat menyederhanakan gula, *Sacharomyces*, *Candida*, dan *Hansemula* dapat menguraikan gula menjadi alkohol. Sedangkan *Acetobacter* menguraikan alkohol menjadi asam asetat. Dengan demikian fermentasi menggunakan ragi tape pada umumnya menghasilkan etanol yang cukup tinggi. Sedangkan untuk konsentrasi ragi, semakin banyak ragi yang ditambahkan maka kadar etanol yang dihasilkan juga semakin besar karena dengan semakin banyak ragi yang ditambahkan, maka bakteri yang mengurai glukosa menjadi etanol pun semakin banyak. Tetapi pada penambahan ragi yang lebih lanjut cenderung turun, karena disebabkan adanya ragi yang mati pada saat proses fermentasi berlangsung. Pada ragi tape hal ini ditandai dengan ditemukannya serbuk putih kekuningan pada hasil akhir fermentasi sehingga mikroba yang berperan dalam fermentasi ini pun menjadi kurang maksimal. Konsentrasi ragi yang biasa digunakan pada produksi bioetanol adalah 5-10% (w/v).

## **2.5 Sejarah Penelitian Bioetanol dari Bahan Lignoselulosa**

Penelitian bioetanol dari bahan lignoselulosa sudah dilakukan oleh berbagai kalangan. Beberapa penelitian mengenai bioetanol yang sudah dilakukan dirangkum dalam Tabel 2.4.

Pada penelitian Haviz.dkk., sumber bahan baku yang digunakan dalam pembuatan etanol adalah koran bekas. Pada penelitian ini proses yang digunakan adalah delignifikasi, proses hidrolisis asam dan proses fermentasi. Variabel penelitian difokuskan pada proses hidrolisis asam dengan menggunakan asam sulfat. Kondisi terbaik pada penelitiannya, yaitu pada proses hidrolisis dengan konsentrasi asam 2,5% pada suhu 140°C dan pada proses fermentasi adalah menggunakan ragi roti.

Pada penelitian Novia. dkk., sumber bahan baku yang digunakan dalam pembuatan etanol adalah TKKS. Pada penelitian ini proses yang digunakan adalah proses hidrolisis enzim dan proses fermentasi. Kondisi terbaik pada penelitiannya

adalah pada proses fermentasi selama 5 hari dengan menggunakan ragi *Saccaromycess cerevisiae* .

Pada penelitian Fachry. dkk., sumber bahan baku yang digunakan dalam pembuatan etanol adalah tongkol jagung. Pada penelitian ini proses yang digunakan adalah proses hidrolisis asam dan proses fermentasi. Kondisi terbaik pada penelitiannya, yaitu pada proses hidrolisis dengan konsentrasi asam 0,5 M dan pada proses fermentasi kondisi terbaik selama 7 hari.

Tabel II.4 Sejarah Penelitian Bioetanol dari Bahan Lignoselulosa

No	Peneliti	Bahan Baku	Proses	Perolehan etanol	Kelebihan	Kekurangan
1.	Haviz. dkk., 2012	Koran Bekas	Hidrolisis $H_2SO_4$ 0,5%-2,5% pada suhu 100-220°C selama 30-150 menit dilanjutkan fermentasi menggunakan ragi roti dan ragi tape selama 3 hari	5,22%	Hidrolisis dengan asam encer dengan menggunakan $H_2SO_4$ adalah tidak diperlukannya lagi recovery asam dan tidak adanya ion asam yang hilang.	Alat dapat dengan mudah terkena korosi karena menggunakan asam
2.	Novia dkk., 2012	Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)	Hidrolisis enzim dilanjutkan fermentasi menggunakan <i>S. cerevisiae</i> 10% (v/v) selama 1 hari, 3 hari, 5 hari, 6 hari, 7 hari dan konsidi terbaik adalah 5 hari	2,75%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Glukosa yang diperoleh lebih tinggi</li> <li>• Hidrolisis enzim membutuhkan suhu yang rendah</li> <li>• Tidak menyebabkan korosi pada alat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Harga enzim mahal</li> <li>• Membutuhkan waktu hidrolisis yang cukup lama.</li> </ul>
3.	Fachry. dkk., 2013	Tongkol jagung	Kondisi terbaik pada proses hidrolisis dengan konsentrasi HCl 0,5 M dilanjutkan fermentasi menggunakan <i>S. cerevisiae</i> berulang selama 7 hari	1,3093%	Harga asam lebih murah dibandingkan dengan harga enzim.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Membutuhkan alat dengan bahan khusus agar tidak mudah korosi</li> <li>• Alat lebih mudah terkena korosi</li> <li>• Dibutuhkan biaya pemulihan asam</li> </ul>

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilaksanakan di laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta (UMJ) Cempaka Putih, Jakarta Pusat. Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli sampai Agustus 2017.

#### **3.2 Alat dan Bahan Penelitian**

##### **3.2.1 Alat**

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

- |                        |                              |
|------------------------|------------------------------|
| 1. alumunium foil      | 14. oven                     |
| 2. <i>autoclave</i>    | 15. pipet tetes              |
| 3. baskom              | 16. penutup karet            |
| 4. batang pengaduk     | 17. neraca analitik          |
| 5. <i>beaker glass</i> | 18. pH meter/kertas pH       |
| 6. blender             | 19. peralatan destilasi      |
| 7. cawan               | 20. penyangga corong         |
| 8. corong gelas        | 21. lakban                   |
| 9. erlenmeyer          | 22. <i>waterbacth</i>        |
| 10. gelas ukur         | 23. tabung reaksi termometer |
| 11. <i>heater</i>      | 24. spatula                  |
| 12. kertas saring      | 25. lem glukol               |
| 13. neraca analitik    | 26. piknometer               |

##### **3.2.2 Bahan**

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

1. serbuk kayu meranti kuning (*Shorea gibbosa*)

Bahan-bahan lain yang dibutuhkan pada penelitian ini yaitu:

1. *aquadest*
2. HCl 3% dan 5%
3. NaOH 6%

4. ragi roti
5. ragi tape
6. larutan *Benedict*

### 3.3 Variabel

Pada penelitian ini, terdapat dua proses yang digunakan untuk menghasilkan etanol, yaitu proses hidrolisis dan proses fermentasi. Pada proses tersebut, terdapat berbagai faktor yang mempengaruhi masing-masing proses, yaitu proses hidrolisis (suhu hidrolisis, konsentrasi HCl, pH, waktu hidrolisis), proses fermentasi (suhu fermentasi, pH, massa ragi, jenis ragi, waktu fermentasi dan lain-lain). Berdasarkan faktor tersebut, hanya beberapa variabel yang diteliti pada penelitian ini, karena keterbatasan biaya dan waktu. Variabel yang diteliti pada penelitian ini, tersaji pada tabel berikut:

**Tabel III.1** Variabel yang diteliti pada penelitian ini

Variabel pada Proses Hidrolisis	Variabel pada Proses Fermentasi
Konsentrasi HCl	Jenis Ragi
Suhu Hidrolisis	Waktu Fermentasi

Setelah menentukan variabel, maka dapat dibuat matriks penelitian yang akan digunakan untuk konversi serbuk kayu meranti kuning menjadi bioetanol melalui hidrolisis HCl dan fermentasi pada penelitian ini. Adapun matriks penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.2.

**Tabel III.2** Matriks Penelitian

Hidrolisis		
Suhu (°C)	Konsentrasi (%)	Sampel
120	3	1
	5	2
150	3	3
	5	4

Fermentasi		
Jenis Ragi	Waktu (hari)	Sampel
Ragi Roti	3	1
	5	2
Ragi Tape	3	3
	5	4

### 3.4 Langkah-langkah eksperimen

Ada beberapa langkah-langkah eksperimen dalam penelitian ini untuk mengetahui bagaimana serbuk kayu meranti dapat menghasilkan etanol melalui proses hidrolisis HCl dan fermentasi. Tahapan tersebut adalah sebagai berikut, yaitu:

1. Persiapan bahan baku, bahan lain dan peralatan

Bahan baku serbuk kayu meranti dipersiapkan. Bahan lain seperti *aquadest*, asam klorida, natrium hidroksida dan ragi tape serta ragi roti dipersiapkan untuk digunakan. Peralatan yang akan digunakan juga dipersiapkan seperti erlenmeyer, hot plate, peralatan distilasi, piknometer, dan lain-lain. Setelah itu di keringkan dan di sterilkan agar peralatan dapat digunakan tidak mengandung bakteri dan dapat menghasilkan hasil yang optimal.

2. Delignifikasi Serbuk Kayu

Serbuk kayu meranti diblender hingga ukurannya kecil dan seragam. Hal ini bertujuan agar pada saat proses delignifikasi, serbuk kayu dapat di delignifikasi secara merata. Serbuk yang telah seragam dan halus ditimbang 50 gram dan dimasukkan kedalam erlemeyer 500 ml. Kemudian ditambahkan 500 ml NaOH 6% dan ditutup rapat dengan gabus atau aluminium foil untuk didelignifikasi agar kotoran tidak masuk kedalam erlemeyer, lalu dipanaskan pada suhu 121°C selama 30 menit. Setelah itu diletakkan di atas kayu agar erlemeyer tidak pecah dan didinginkan dengan udara, Kemudian dinetralkan dengan *aquadest* hingga pH 7 dan dikeringkan dengan menggunakan oven.

3. Proses Hidrolisis menggunakan HCl

Hasil preparasi dimasukkan kedalam erlenmeyer 500 ml dan dihidrolisis dengan asam encer dengan konsentrasi asam 3% dan 5%. Kemudian dipanaskan dalam oven pada suhu 120°C dan 150°C selama 120 menit. Setelah itu dinetralkan dengan *aquadest*. Serbuk dibiarkan menjadi dingin dan kemudian dipisahkan dengan kertas saring. Setelah disaring, dilakukan pengukuran volume larutan glukosa dari hasil hidrolisis dan larutan tersebut di analisa kandungan glukosanya dengan uji *benedict* menggunakan larutan *benedict*. Cara menganalisa kandungan glukosa, yaitu siapkan alat-alat yang

digunakan dan panaskan *waterbath* pada suhu 100°C. Kemudian ambil 8 tetes larutan hasil hidrolisis dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan diberi label sesuai variabel yang telah ditetapkan. Tambahkan 5 ml larutan *benedict* ke masing-masing tabung reaksi dan panaskan ke dalam *waterbath* selama 3 menit. Setelah 3 menit, diangkat dan lihat perubahan warna yang terjadi. Larutan yang mengandung banyak glukosa akan berubah warnanya menjadi merah bata.

#### 4. Proses Fermentasi

Larutan yang telah dihidrolisis dan dianalisa kandungan glukosa yang paling banyak, dibuat 4 sampel. Masing masing sampel diatur pH 4,5 dan pada suhu 30 °C. Tambahkan 12,5 gram ragi roti untuk sampel 1 dan 2 dan ragi tape untuk sampel 3 dan 4, dan diaduk perlahan. Setelah itu erlemeyer 500 ml yang berisi hasil hidrolisis tersebut dihubungkan dengan selang karet dan ujung selang dimasukkan kedalam air atau ditutup rapat agar tidak terjadi kontak langsung dengan udara. Selanjutnya larutan difermentasikan selama 3 hari dan 5 hari.

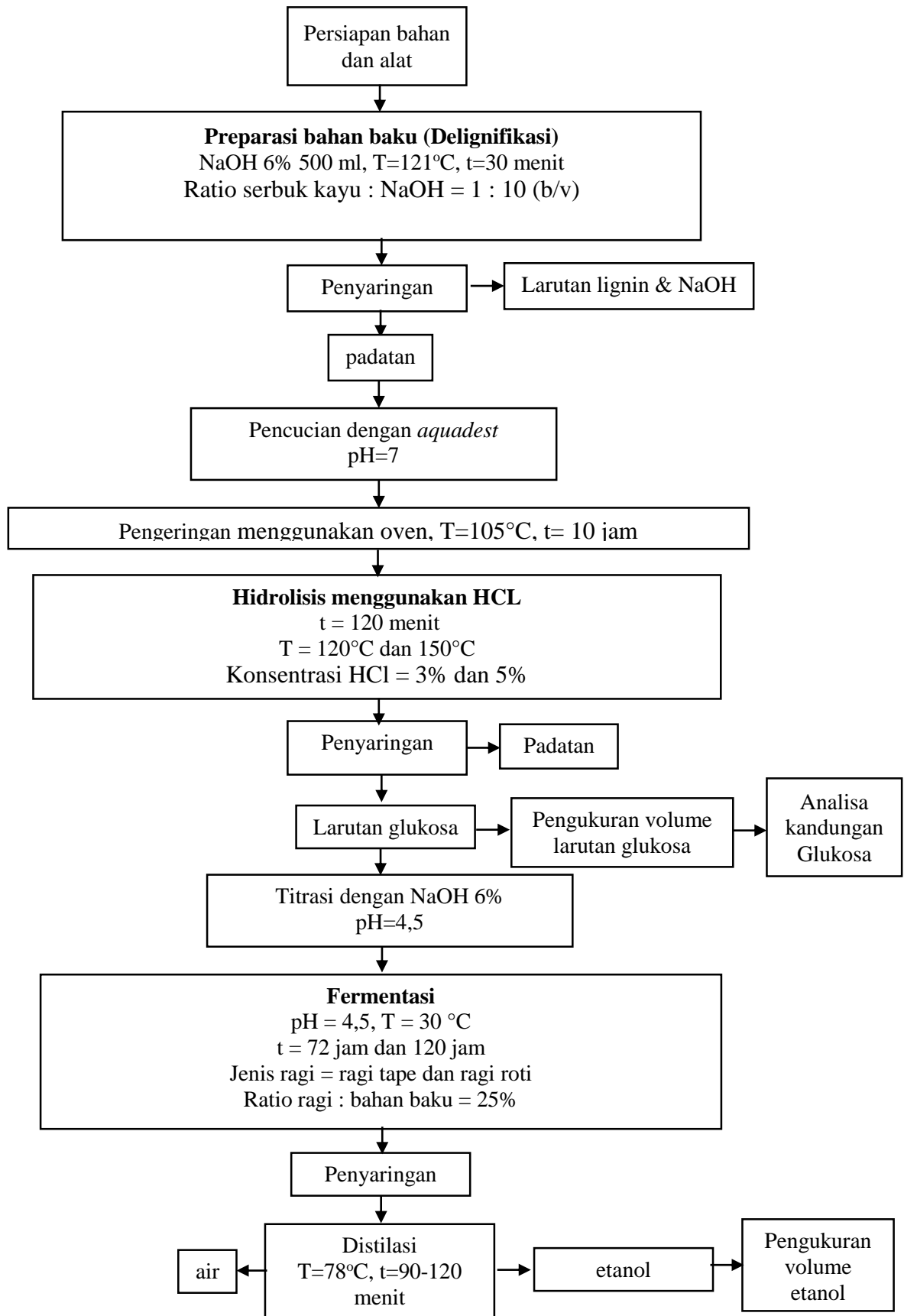
#### 5. Distilasi

Peralatan distilasi dirangkai dengan benar dan dinyalakan. Cairan hasil fermentasi lalu dimasukkan kedalam labu distilasi. Temperatur pemanas dijaga pada suhu 78°C. Proses distilasi dilakukan selama 1,5 -2 jam sampai etanol tidak menetes lagi. Setelah itu diukur volume distilat (etanol) yang didapat dengan menggunakan gelas ukur atau pipet ukur. Setelah di ukur volume etanol yang didapat, etanol yang dihasilkan dimasukkan ke dalam botol.

**Tabel III.3** Daftar Titik didih zat

No	Nama Zat	Titik didih (°C)
1	Air	100
2	Benzena	80
3	Etanol	78
4	Heptana	98,4
5	Propanol	98
6	Karbon Tetraklorida	76,5

Berdasarkan tahapan-tahapan diatas, maka dibuat gambaran langkah-langkah eksperimen pada penelitian ini. Berikut ini gambar langkah-langkah eksperimen dalam penelitian ini:



**Gambar 3.1** Langkah-langkah eksperimen

### 3.5 Jadwal Penelitian

Jadwal kegiatan penelitian yang akan dilakukan, yaitu:

**Tabel III.4** Jadwal Kegiatan Penelitian

Tabel Kegiatan Penelitian																					
No	Nama Kegiatan	Maret				April				Mei				Juni				Juli			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	Studi Literatur																				
2	Persiapan Bahan Baku																				
3	Eksperimen																				
4	Analisa Produk																				
5	Penulisan Laporan																				

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Hasil Hidrolisis**

Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi HCl dan suhu yang digunakan pada proses hidrolisis yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi HCl dan suhu hidrolisis terhadap volume glukosa yang dihasilkan. Konsentrasi HCl yang digunakan pada proses hidrolisis dipenelitian ini adalah 3% dan 5% [16]. Suhu yang digunakan pada proses hidrolisis dipenelitian ini adalah 120°C dan 150°C. Dari hasil pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini, larutan yang memiliki kandungan glukosa terbanyak didapat dalam kondisi konsentrasi HCl 5% dan suhu 150°C [22]. Hal ini dapat dilihat dari perubahan warna pada sampel empat, dimana warnanya lebih pekat dibandingkan sampel satu, dua, dan tiga.

##### **4.1.1 Pengaruh Konsentrasi HCl dan Suhu terhadap Volume Glukosa yang dihasilkan pada Proses Hidrolisis**

Produk hasil hidrolisis serbuk kayu meranti kuning (*Shorea gibbosa*) adalah larutan yang mengandung glukosa. Volume larutan yang dihasilkan dari hidrolisis serbuk kayu disampel satu berdasarkan matriks penelitian pada tabel 3.2, volume yang didapatkan adalah 340 ml. Volume pada sampel satu merupakan volume yang paling besar dibandingkan yang lain tetapi warna larutan lebih terang atau kurang pekat dibanding sampel dua, tiga dan empat. Volume larutan yang dihasilkan dari hidrolisis serbuk kayu disampel dua berdasarkan matriks penelitian pada tabel 3.2, volume yang didapatkan adalah 330 ml. Volume pada sampel dua lebih banyak dibandingkan sampel tiga, empat dan lebih sedikit dibandingkan sampel satu. Warna larutan sampel dua lebih terang atau kurang pekat dibanding sampel tiga, empat dan lebih pekat dibandingkan sampel satu. Volume larutan yang dihasilkan dari hidrolisis serbuk kayu disampel tiga berdasarkan matriks penelitian pada tabel 3.2, volume yang didapatkan adalah

325 ml. Volume pada sampel tiga lebih banyak dibandingkan sampel empat dan lebih sedikit dibandingkan sampel satu, dua. Warna larutan sampel tiga lebih terang atau kurang pekat dibanding sampel empat dan lebih pekat dibandingkan sampel satu, dua. Volume larutan yang dihasilkan dari hidrolisis serbuk kayu disampel empat berdasarkan matriks penelitian pada tabel 3.2, volume yang didapatkan adalah 315 ml. Volume pada sampel empat lebih sedikit dibandingkan sampel satu, dua dan tiga. Warna larutan sampel empat lebih pekat dibandingkan sampel satu, dua dan tiga. Variasi suhu yang digunakan yaitu 120°C dan 150°C [22]. Larutan yang memiliki volume lebih sedikit didapatkan pada larutan dengan suhu 150 °C. Dari keempat sampel, masing masing sampel mempunyai warna yang berbeda-beda, dimana dapat dilihat warna dari masing-masing sampel pada gambar 4.1.



**Gambar IV.1** Hasil Hidrolisis Serbuk Kayu

Dari gambar 4.1, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi HCl, maka semakin pekat warna larutan hasil hidrolisis. Variasi konsentrasi HCl yang digunakan yaitu 3% dan 5%. Larutan yang memiliki warna lebih pekat didapatkan pada larutan dengan konsentrasi 5%.

Berdasarkan volume larutan dan warna larutan dari hasil hidrolisis yang didapat dari keempat sampel diatas, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi dan suhu hidrolisis, maka semakin sedikit larutan hasil hidrolisis dan semakin pekat warna larutan hasil hidrolisis.

#### 4.1.2 Uji *Benedict*

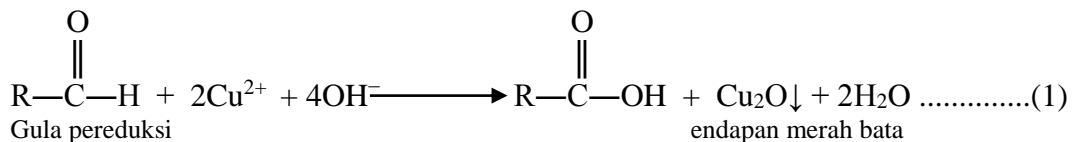
Berdasarkan percobaan uji Benedict yang telah dilakukan, didapatkan hasil pengamatan yang tersaji pada gambar 4.2.



**Gambar IV.2** Hasil Uji Benedict dari Hidrolisis Serbuk Kayu

Dari gambar 4.2, terlihat bahwa sampel yang memiliki gula pereduksi yang paling banyak terdapat pada sampel 4 dengan temperatur 150°C dan konsentrasi HCl 5%. Hal ini menunjukkan bahwa sampel 4 memiliki kandungan glukosa yang paling tinggi dibandingkan 3 sampel lainnya. Uji Benedict

digunakan untuk mengidentifikasi kandungan glukosa melalui reaksi gula pereduksi. Larutan alkali dari tembaga direduksi oleh gula yang mengandung gugus aldehida atau keton bebas, dengan membentuk kupro oksida berwarna. Larutan Benedict mengandung kupri sulfat, natrium karbonat, dan natrium sitrat. Reaksi reduksi uji benedict dapat dilihat pada persamaan berikut:



Uji Benedict dilakukan pada suasana basa yang menyebabkan terjadinya transformasi isomerik. Pada suasana basa, reduksi ion  $\text{Cu}^{2+}$  dari  $\text{CuSO}_4$  oleh gula pereduksi akan berlangsung dengan cepat dan membentuk  $\text{Cu}_2\text{O}$  yang merupakan endapan merah bata. Pereaksi Benedict terdiri dari logam Cu dan larutan basa kuat.

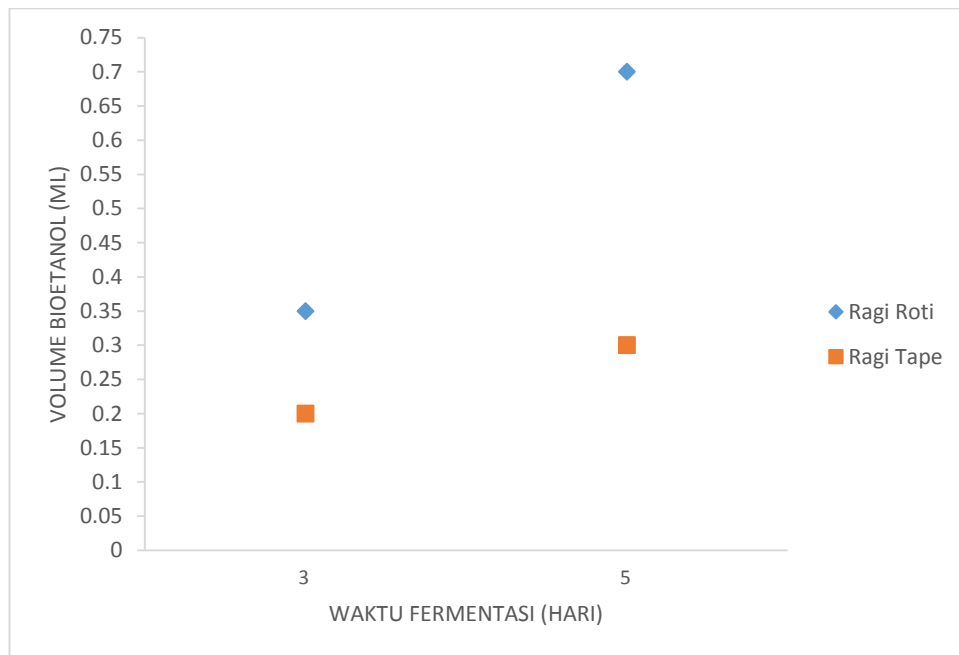
## 4.2 Hasil Fermentasi

Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan jenis ragi dan waktu yang digunakan pada proses fermentasi yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis ragi dan waktu fermentasi terhadap volume etanol yang dihasilkan. Jenis ragi yang digunakan pada proses fermentasi dipenelitian ini adalah ragi roti dan ragi tape. Waktu yang digunakan pada proses fermentasi dipenelitian ini adalah 3 hari dan 5 hari. [18].

### 4.2.1 Pengaruh Jenis Ragi dan Waktu terhadap Volume Etanol yang dihasilkan pada Proses Fermentasi

Proses fermentasi dilakukan dengan menggunakan larutan hasil dari proses hidrolisis yang menghasilkan kandungan glukosa terbesar, yaitu pada konsentrasi HCl 5% dan suhu  $150^{\circ}\text{C}$ . Pada proses fermentasi, glukosa akan diuraikan menjadi etanol oleh mikroorganisme yang terdapat pada ragi. Pertumbuhan mikroorganisme pada proses fermentasi dipengaruhi oleh waktu fermentasi. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan jenis ragi dan lama waktu pada proses fermentasi. Variasi jenis ragi yang digunakan yaitu ragi roti dan ragi tape sedangkan variasi waktu fermentasi yang digunakan yaitu 3 hari dan 5 hari.

Setelah difermentasi selama 3 hari dan 5 hari, produk hasil fermentasi adalah berupa larutan yang mengandung etanol. Larutan yang mengandung etanol didistilasi terlebih dahulu untuk mendapatkan etanol murni. Berikut ini adalah gambar volume bioetanol yang didapatkan.



**Gambar IV.3** Volume Bioetanol yang didapatkan pada Variasi Jenis Ragi dan Waktu Fermentasi

Volume etanol yang dihasilkan dari fermentasi larutan hidrolisis dengan glukosa terbesar disampel satu berdasarkan matriks penelitian pada tabel 3.2, volume yang didapatkan adalah 0,35 ml. Volume etanol yang dihasilkan dari fermentasi disampel dua berdasarkan matriks penelitian pada tabel 3.2, volume yang didapatkan adalah 0,70ml. Volume etanol yang dihasilkan dari fermentasi disampel tiga berdasarkan matriks penelitian pada tabel 3.2, volume yang didapatkan adalah 0,2 ml. Volume etanol yang dihasilkan dari fermentasi disampel empat berdasarkan matriks penelitian pada tabel 3.2, volume yang didapatkan adalah 0,3 ml. Berdasarkan volume etanol dari hasil fermentasi yang didapat dari keempat sampel diatas, dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu fermentasi, maka etanol yang dihasilkan semakin besar. Variasi waktu yang digunakan yaitu 3 hari dan 5 hari. Larutan yang memiliki volume yang lebih besar didapatkan pada larutan dengan waktu fermentasi 5 hari.

Dari keempat sampel didapatkan volume etanol yang berbeda-beda dari masing-masing sampel. Berdasarkan volume etanol dari hasil fermentasi yang didapat dari keempat sampel diatas, dapat disimpulkan bahwa ragi roti menghasilkan etanol lebih besar dibandingkan ragi tape. Dari keempat sampel ini, volume etanol terbesar yang didapatkan terdapat pada sampel yang memiliki glukosa tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan glukosa yang dimiliki maka akan menghasilkan etanol yang lebih banyak.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada penelitian ini, dilakukan pengamatan mengenai cara menghasilkan bioetanol dari serbuk kayu meranti kuning (*Shorea gibbosa*). Dari hasil pengamatan ini, serbuk kayu meranti kuning (*Shorea gibbosa*) dapat menghasilkan bioetanol. Cara menghasilkan bioetanol dari serbuk kayu meranti kuning (*Shorea gibbosa*) melalui pretreatment dengan menggunakan NaOH 6%, kemudian hidrolisis HCl dengan konsentrasi 3% dan 5% pada suhu hidrolisis 120°C dan 150°C selama 120 menit, dan fermentasi dengan menggunakan ragi tape dan ragi roti selama 3 hari dan 5 hari, yang kemudian hasil fermentasi di distilasi untuk mendapatkan bioetanol. Hasil terbaik pada penelitian ini dalam sebesar 0,7 ml, pada kondisi hidrolisis dengan konsentrasi 5% pada suhu 150°C selama 120 menit dan fermentasi dengan menggunakan ragi roti selama 5 hari.
2. Pada penelitian ini, dilakukan pengamatan mengenai pengaruh konsentrasi HCl dan suhu terhadap volume larutan glukosa yang dihasilkan dari proses hidrolisis. Dari hasil pengamatan ini, konsentrasi HCl berpengaruh terhadap larutan glukosa yang dihasilkan . Larutan yang memiliki warna lebih pekat didapatkan pada larutan dengan konsentrasi 5%. Selain itu dari hasil pengamatan ini, suhu berpengaruh terhadap volume larutan glukosa yang dihasilkan. Larutan yang memiliki volume lebih sedikit didapatkan pada larutan dengan suhu 150°C. Dari keempat sampel, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi HCl dan suhu hidrolisis, maka semakin sedikit volume larutan glukosa dan semakin pekat warna larutan hasil hidrolisis. Semakin pekat warna larutan, semakin tinggi kandungan glukosa didalamnya.
3. Pada penelitian ini, dilakukan pengamatan mengenai pengaruh jenis ragi dan waktu terhadap volume bioetanol yang dihasilkan dari proses fermentasi. Dari

hasil pengamatan ini, jenis ragi berpengaruh terhadap bioetanol yang dihasilkan. Dari keempat sampel didapatkan volume bioetanol yang berbeda-beda dari masing-masing sampel. Berdasarkan volume bioetanol dari hasil fermentasi yang didapat dari keempat sampel, dapat disimpulkan bahwa ragi roti menghasilkan bioetanol lebih besar dibandingkan ragi tape. Dari hasil pengamatan ini, waktu fermentasi berpengaruh terhadap bioetanol yang dihasilkan. Larutan yang memiliki volume yang lebih besar didapatkan dengan waktu fermentasi 5 hari. Dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu fermentasi, maka bioetanol yang dihasilkan semakin besar.

## 5.2 Saran

Dari penelitian yang telah kami lakukan, kami memiliki beberapa saran untuk penelitian lebih lanjut, yaitu :

1. Setelah proses hidrolisis, serbuk kayu yang telah di hidrolisis tidak perlu disaring agar glukosa yang didapat lebih optimal dan bioetanol yang dihasilkan lebih banyak.
2. Dari hasil penelitian yang dilakukan, bioetanol yang dihasilkan dari serbuk kayu meranti kuning (*Shorea gibbosa*) sedikit, sehingga kurang efektif untuk dijadikan sebagai sumber energi alternatif, karena kurang ekonomis.
3. Pada proses delignifikasi, sebelum memulai proses delignifikasi sebaiknya dilakukan pengecekan kadar lignin pada serbuk kayu tersebut, dan setelah proses delignifikasi dilakukan kembali pengecekan kadar lignin pada serbuk kayu tersebut, agar diketahui kadar lignin pada kayu tersebut yang telah hilang.
4. Pada proses distilasi, sebaiknya menggunakan heating mantel dengan sistem pengatur suhu digital, agar suhu yang didapatkan stabil pada suhu 78°C sehingga bisa dipastikan hasil yang didapatkan adalah etanol murni.
5. Sebaiknya perlu dilakukan pengukuran kadar alkohol (%) pada alkohol yang telah dihasilkan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Budiansyah. A. 2010. Performan Ayam Broiler yang Diberi Ransum yang Mengandung Bungkil Kelapa yang Difermentasi Ragi Tape Sebagai Pengganti Sebagian Ransum Komersial.
2. Chen W-H, Lin T-S, Guo G-L, dan Huang W-S: *Ethanol production form rice straw hydrolysates by Pichia stipitis*. *Energy Procedia* 2012, 14:1261–1266.
3. *CRC Handbook of Chemistry and Physical*.
4. Curreli N., Fadda M.B., Rescigno A., Rinaldi A.C., Soddu G., Sollai F., Vaccargiu S., S anjust E., dan Rinaldi A., 1997, *Mild alkaline/oxidative pretreatment of wheat straw*, *Process Biochemistry* 32, 665-670.
5. Draude.K.M, Kurniawan. C.B, dan Duff.S.J.B., 2001. *Effect of oxygen delignification on the rate and extent of enzymatic hydrolysis of lignocellulosic material*.
6. *Encyclopedia of Food and Health*.
7. Esteghlalian A.R., Vinit Sristava, Neil Gilkes, David J.Greeg, dan John.N.Sandler., 2001. *An overview of factors influencing the enzymatic hydrolysis of lignocellulosic feedstocks*.
8. Euis Hermiati, Djumali Mangunwidjaja, Titi Candra Sunarti, Ono Suparno, dan Bambang Prasetya, 2010. Pembuatan Bioetanol dari Limbah Tongkol Jagung.
9. Fachry,A.R., Astuti,P., dan Puspitasari, T.G., 2013. Pembuatan Bioetanol dari Limbah Tongkol Jagung dengan Variasi Konsentrasi Asam Klorida dan Waktu Fermentasi
10. Fessenden.Ralp J dan Joan S.Fessenden, 1994, *Kimia Organik*, Jakarta: Erlangga
11. Hamelinck, Carlo.N., van Hooijdonk, dan Andre Pc.Faaij.2005. *Ethanol from lignocellulosic biomass: techno-economic performance in shor- midle-and long-term*. *Biomass and Bioenergy* 28: 384-410
12. *Hand book of Selected Indonesian Wood Species*.
13. Haumasse M, 2009. Pemanfaatan Pulpa Kakao untuk Memproduksi Asam Asetat dengan Menggunakan Ragi Roti dan Aerasi
14. Haviz, M dan Sari,T.I., 2012. Pembuatan Bioetanol dari Koran Bekas dengan Hidrolisis Asam Encer (Studi Pengaruh Konsentrasi, Waktu, dann Temperatur).
15. Houghton,R.A., 2008.*Use of US croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change*.

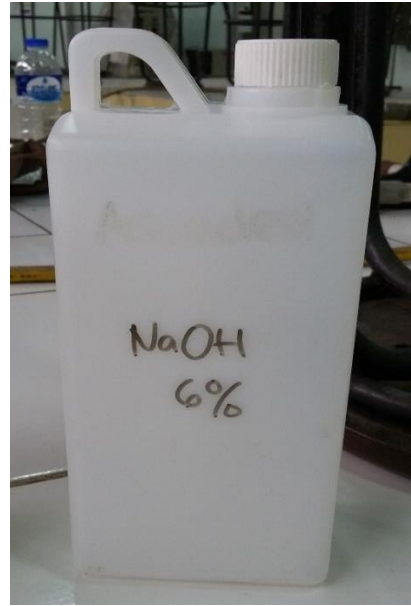
16. Iranmahboob, J., Nadim, F., dan Monemi, S., 2002. *Optimizing acid-hydrlysis: a critical step for production of ethanol from mixed wood chips. Biomass and Bioenergy*, 22: 401 – 404.
17. Isroi. 2008. Potensi Biomassa Lignoselulosa di Indonesia Sebagai Bahan Baku Bioetanol: Tandan Kosong Kelapa Sawit.
18. Kristina, Evi Retno Sari, dan Novia. 2012. Alkalin Pretreatment dan Proses Simultan Sakrifikasi - Fermentasi untuk produksi Etanol dari Tandan Kosong Kelapa Sawit.
19. Mosier, N., C. Wyman, B. Dale, R. Elander, Y. Lee, M. Holtzapple, dan M. Ladish. 2005. *Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass. Bioresource Technology*. 96: 673–686.
20. Muljono, Judoamidjojo, Darwis, Aziz, A., dan Gumbira, E. 2002. *Teknol*
21. Novia, Faizal M, Ariko M, Yogamina D, 2011. Hidrolisis Enzimatik dan Fermentasi TKKS yang Didelignifikasi dengan Asam Sulfat dan NaOH untuk Memproduksi Etanol.
22. Osvaldo, Z.S., Panca, P.S., dan Faizal, M. 2012. Pengaruh Konsentrasi Asam dan Waktu Pada Proses Hidrolisis dan Fermentasi Pembuatan Bioetanol dari Alang-alang. *Jurnal Teknik Kimia*. 2(18):52-62
23. Palmqvist, E dan Hahn-Hägerdal, B., 2000. *Review paper. Fermentation of lignocellulosic hydrolysates. II: inhibitors and mechanisms of inhibition. Bioresource Technology*, 74, 25-33.
24. Raharjanti D. S. 2006. Penghambatan pertumbuhan *Aspergillus parasiticus* dan reduksi aflatoxin oleh kapang dan khamir ragi tape.
25. Sasaki, M., T. Adschiri, dan K. Arai. 2003. *Fractionation of sugarcane bagasse by hydrothermal treatment. Bioresour. Technol.* 86: 301–304.
26. Sugiyono A, Anindhita, Wahid L, Adiarso, 2016. *Outlook Energi Indonesia 2016*.
27. Sun, Y dan Cheng, J., 2002. *Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. Bioresource Technol.*, 83, 1-11.
28. Taherzadeh, M.J dan K. Karimi. 2007. *Acid-Based Hydrolysis Processes for Ethanol from Lignocellulosic Materials: A Review. Bio Resources* 2 (3): 472-499.
29. Wang L, Zhang Y, Gao P, Dongxia Shi, Hongwen Liu, dan Hongjun Gao (2006) *Changes in the structural properties and rate of hydrolysis of cotton fibers during extended enzymatic hydrolysis. Biotechnol Bioenergy* 93(3):443–456
30. Wyman, C. E., Dale, B. E., Elander, R. T., Holtzapple, M., Ladisch, M. R., dan Lee, Y. Y. (2005). *Comparative sugar recovery data from laboratory scale*

*application of leading pre-treatment technologies to corn stover. Bioresource Technology, 96, 2026–2032.*

**LAMPIRAN A**  
**BAHAN-BAHAN**



**Gambar I** Serbuk Kayu



**Gambar II** NaOH



**Gambar III** *Aquadest*



**Gambar IV** HCl



**Gambar V** Ragi Roti



**Gambar VI** Ragi Tape



**Gambar VII** Larutan *Benedict*

**LAMPIRAN B**  
**PERALATAN UTAMA**



**Gambar I** *Autoclave*



**Gambar II** *Oven*



**Gambar III** *pH Meter*



**Gambar IV** *Waterbath*



**Gambar V** Neraca Analitik



**Gambar VI** Peralatan Destilasi



**Gambar VII** Erlenmeyer



**Gambar VIII** Gelas Ukur



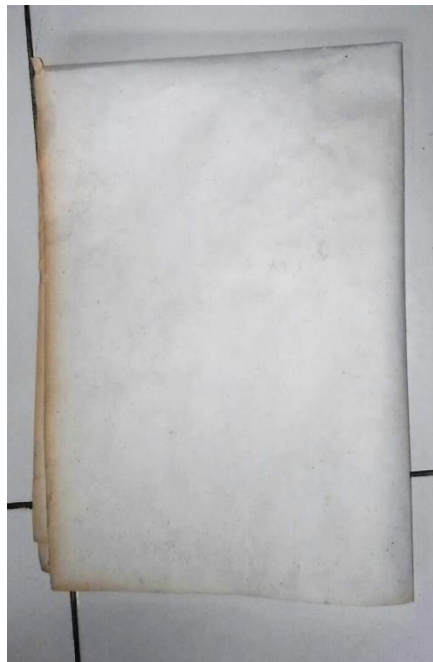
**Gambar IX** Penjepit



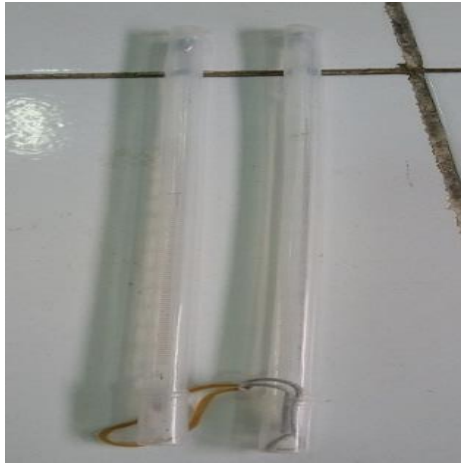
**Gambar X** Tabung Reaksi



**Gambar XI** Corong



**Gambar XII** Kertas Saring



**Gambar XIII** Termometer



**Gambar XIV** Pipet Ukur



**Gambar XV** Lem Dlukol



**Gambar XVI** Cawan



**Gambar XVII** Spatula



**Gambar XVIII** Gunting



**Gambar XIX** Saringan



**Gambar XX** pH meter



**Gambar XXI** Penyangga Corong



**Gambar XXII** Aluminium Foil



**Gambar XXIII** Lakban



**Gambar XIV** Baskom



**Gambar XXV Heating Mantel**

**LAMPIRAN C**  
**HASIL PENGAMATAN**



**Gambar I** Serbuk Kayu Sebelum Delignifikasi



**Gambar II** Serbuk Kayu Setelah Delignifikasi



**Gambar III Hasil Hidrolisis**



**Gambar IV Hasil Uji *Benedict***



**Gambar V Hasil Fermentasi**



**Gambar VI Etanol yang dihasilkan**