

**LAPORAN PENELITIAN**  
**PRETREATMENT BAGAS SORGUM DENGAN H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**  
**UNTUK PRODUKSI GULA (XILOSA)**

**TUGAS AKHIR**  
**Untuk Memenuhi Sebagian Syarat Penyelesaian Program Diploma IV**  
**Program Studi Teknologi Kimia Industri Pada**  
**Sekolah Tinggi Manajemen Industri**



**Disusun oleh :**

**Ian Crisman Sinaga ( 1511026 )**

**Josephine Da Fince Bale ( 1511045 )**

**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA**  
**SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI JAKARTA**  
**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI KIMIA INDUSTRI**

**2015**

**LAPORAN PENELITIAN**  
**PRETREATMENT BAGAS SORGUM DENGAN H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**  
**UNTUK PRODUKSI GULA (XILOSA)**

**TUGAS AKHIR**

**Untuk Memenuhi Sebagian Syarat Penyelesaian Program Diploma IV**  
**Program Studi Teknologi Kimia Industri Pada**  
**Sekolah Tinggi Manajemen Industri**



**Disusun oleh :**

**Ian Crisman Sinaga ( 1511026 )**

**Josephine Da Fince Bale ( 1511045 )**

**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA**  
**SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI JAKARTA**  
**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI KIMIA INDUSTRI**

**2015**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA**  
**SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI**

JUDUL TUGAS AKHIR : ***PRETREATMENT* BAGAS SORGUM DENGAN H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**  
**UNTUK PRODUKSI GULA (XILOSA)**

**DISUSUN OLEH**

NAMA/NIM : Ian Crisman Sinaga (1511026)

Josephine Da Fince Bale (1511045)

PROGRAM STUDI : TEKNOLOGI KIMIA INDUSTRI

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir  
Program Studi Teknologi Kimia Industri  
Sekolah Tinggi Manajemen Industri pada hari Rabu, 26 Agustus 2015

Jakarta, 1 September 2015

Penguji,

Penguji,

**Ir.Parulian Leonard Marpaung, MM**

**Dr.Ir.Gatot Ib nusantosa, DEA**

Penguji,

Penguji,

**Sakri Widhianto, S.Teks, MM**

**Ir. Roosmariharso, MBA**



## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Kami Mahasiswa program studi Teknologi Kimia Industri, Sekolah Tinggi Manajemen Industri, Kementerian Perindustrian Republik Indonesia.

Nama : Ian Crisman Sinaga  
NIM : 1511026  
Program Studi : Teknologi Kimia Industri

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

### ***PRETREATMENT BAGAS SORGUM DENGAN H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> UNTUK PRODUKSI GULA (XILOSA)***

- 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 saya.

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

Jakarta, Juni 2015  
Yang Membuat Pernyataan

Ian Crisman Sinaga

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Kami Mahasiswa program studi Teknologi Kimia Industri, Sekolah Tinggi Manajemen Industri, Kementerian Perindustrian Republik Indonesia.

Nama : Josephine Da Fince Bale  
NIM : 1511045  
Program Studi : Teknologi Kimia Industri

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

### ***PRETREATMENT BAGAS SORGUM DENGAN H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> UNTUK PRODUKSI GULA (XILOSA)***

- 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 saya.

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

Jakarta, Juni 2015  
Yang Membuat Pernyataan

Josephine Da Fince Bale

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penyusun panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya penyusun dapat menyelesaikan laporan penelitian ini dengan baik. Laporan yang berjudul “*Pretreatment* Bagas Sorgum dengan  $H_2SO_4$  untuk Produksi Gula (Xilosa)” dibuat untuk memenuhi persyaratan kelulusan program Diploma IV Sekolah Tinggi Manajemen Industri, Kementerian Perindustrian RI, Jakarta.

Penelitian di Jurusan Teknologi Kimia Industri Sekolah Tinggi Manajemen Industri dimaksudkan untuk melatih mahasiswa dalam menerapkan teori dan pengetahuan yang telah diperoleh selama masa kuliah. Dengan tugas penelitian ini, diharapkan mahasiswa memiliki ketrampilan dalam melakukan analisis, sintesis, analogi, generalisasi, mengembangkan hipotesis, mengembangkan konsep, melakukan percobaan dan mengambil keputusan.

Dalam penyusunan Laporan Penelitian ini, penyusun mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Drs. Ahmad Zawawi, M.A., M.M., selaku Ketua Sekolah Tinggi Manajemen Industri Kementerian Perindustrian RI.
2. Bapak Dr. Ir. Gatot Ibnsantosa, DEA., selaku Ketua Jurusan Teknologi Kimia Industri Sekolah Tinggi Manajemen Industri Kementerian Perindustrian RI sekaligus menjadi dosen pembimbing penyusun yang telah memberikan banyak motivasi dan bimbingan.
3. Ibu Fitria selaku Sekretaris Jurusan Teknologi Kimia Industri yang telah memberikan bantuan selama pelaksanaan tugas akhir ini.
4. Prof. Dr. Yanni Sudiyani, M.Agr., selaku pembimbing utama di Pusat Penelitian Kimia Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia yang telah banyak membimbing dan menuntun penyusun serta memberikan banyak ilmu yang bermanfaat selama pelaksanaan dan penyusunan laporan penelitian ini.
5. Ibu Eka Triwahyuni, ST., selaku pembimbing lapangan di Pusat Penelitian Kimia Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia yang dengan sabar membimbing dan memberikan arahan yang bermanfaat kepada penyusun selama pelaksanaan dan penyusunan laporan penelitian ini, terima kasih juga atas masukan dan telah bersedia meluangkan waktu untuk membantu penyusun dalam penyusunan laporan ini.

6. Seluruh Analis Laboratorium Bidang Teknologi Lingkungan (Bapak Hendris, Ibu Irni, Ibu Ai) yang telah banyak membimbing dan memberikan bantuan selama pelaksanaan penelitian ini.
7. Seluruh dosen Jurusan Teknologi Kimia Industri yang telah memberikan banyak ilmu kepada penyusun.
8. Orang tua kami yang telah memberikan cinta dan kasih sayangnya baik secara moril maupun materil dan selalu berdoa untuk kesuksesan penyusun.
9. Rekan-rekan seperjuangan mahasiswa Teknologi Kimia Industri angkatan 2011, dan juga kakak-kakak senior yang telah banyak memberikan saran kepada penyusun.
10. Rekan-rekan seperjuangan pada pelaksanaan penelitian di P2K LIPI, (Agung, Panggulu, Effendi, Faiq, Fitri, Ayu, Nurul, dan Dida) yang telah banyak berbagi ilmu, informasi, serta canda tawa selama pelaksanaan penelitian ini. Terima kasih juga telah meramaikan hari-hari kami selama penelitian dan segala keseruan saat kita berkumpul bersama merupakan kenangan yang terindah yang akan selalu kami kenang. Semoga kita semua dapat sukses dalam perkuliahan dan pekerjaan nanti.
11. Sahabat kami BatBetBot yang selalu menemani dalam suka dan duka, saat-saat kebersamaan kita menjadi kenangan yang tak terlupakan.
12. Serta seluruh pihak yang tak dapat penyusun sebutkan satu persatu yang telah membantu pada proses pelaksanaan maupun penyusunan laporan penelitian ini.

Penyusun menyadari bahwa Laporan Penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan. Mohon maaf apabila terdapat kekurangan atau kesalahan. Penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak yang berkaitan dengan Penelitian ini. Akhir kata, semoga Laporan Penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan dapat berguna sebagai bahan penambah ilmu pengetahuan.

Jakarta, Juni 2015

Penyusun

## ABSTRAK

Minyak bumi merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui. Oleh karena itu penemuan sumber energi dari bahan yang dapat diperbarui sangat dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan energi dunia yang semakin lama semakin meningkat. Salah satu sumber bahan lignoselulosa yang paling berlimpah yang merupakan sumber daya terbarukan dan berpotensi untuk biokonversi energi adalah bagas sorgum. Pada penelitian ini ingin didapat kadar xilosa tertinggi, penurunan lignin dan pengaruh konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan waktu terhadap hasil pretreatment. Metode penelitian yang digunakan yaitu bagas sorgum yang sudah dicampur dengan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan konsentrasi 1 %, 2% dan 3% kemudian dipretreatment menggunakan autoclave pada suhu 121°C selama 10, 20 dan 30 menit. Filtrat hasil pretreatment kemudian di uji kandungan glukosa dan xilosa menggunakan HPLC. Dan substrat bagas sorgum sebelum dan sesudah dilakukan proses pretreatment di uji kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin menggunakan metode NREL. Hasil penelitian menunjukkan bahwa didapat xilosa tertinggi dan penurunan (degradasi) lignin yang baik. Kadar xilosa tertinggi sebesar 16,65 gram/liter diperoleh pada konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3 % dan waktu proses 20 menit. Degradasi lignin sebesar 59,43 % diperoleh pada konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3% dan waktu proses 20 menit.

Kata Kunci: Bagas Sorgum, bioetanol, pretreatment, xilosa, asam sulfat

## ABSTRACT

*Petroleum is an energy source that can not be renewed. Therefore, the discovery of energy resources from renewable materials is needed to fulfill world's energy needs which progressively increasing. One of the most abundant lignocellulose residue represents an attractive renewable resource for bioconversion of energy is bagasse sorghum. In this study wanted to obtain the highest yield of xylose, degradation of lignin, and the influence of sulphuric acid concentration and time on the results of pretreatment. The method used is bagasse sorghum that has been mixed with sulphuric acid concentration of 1, 2, and 3% then pretreated using an autoclave at temperatures 121°C for 10, 20, and 30 min. The filtrate of pretreatment then test content of glucose and xylose using HPLC. And the substrate of bagasse sorghum test content of cellulose, hemicellulose, and lignin using NREL Method before and after pretreatment. the results that obtained the highest xylose yield and the best degradation of lignin. The maximum xylose yield was 16,65 g/L and was obtained via pretreatment with 3% of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> for 20 min. The degradation of lignin was 59,43% and was obtained via pretreatment with 3% of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> for 20 min.*

*Keywords: Bagasse Sorghum, bioethanol, pretreatment, xylose, sulphuric acid*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PERNYATAAN .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
ABSTRAK .....	xi
ABSTRACT .....	xii
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	3
1.4. Tujuan Penelitian .....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	3
1.6. Sistematika Penulisan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1. Sorgum .....	5
2.2. Varietas Sorgum Untuk Pengembangan Bioenergi .....	8
2.3. Bagas Sorgum .....	11
2.3.1. Bagas Sorgum Manis .....	11
2.3.2. Sejarah Produktivitas Sorgum Manis .....	15
2.3.3. Karakter Sorgum Manis Untuk Bioetanol .....	15
2.3.4. Pemanfaatan Bagas Sorgum Manis .....	17
2.4. Komposisi Bagas Sorgum Manis .....	17
2.4.1. Selulosa .....	17
2.4.2. Hemiselulosa .....	18
2.4.3. Lignin .....	20
2.4.4. Komposisi Serat Bahan Baku Etanol .....	21
2.5. Proses <i>Pretreatment</i> Bagas Sorgum .....	22
2.6. Proses Pembuatan Bioetanol Dari Lignoselulosa .....	25

2.6.1. Tahap Perlakuan Awal Lignoselulosa .....	25
2.6.2. Sakarifikasi atau Hidrolisis Biomassa .....	26
2.6.3. Fermentasi Glukosa Menjadi Bioetanol .....	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	28
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	28
3.2. Alat dan Bahan Penelitian.....	28
3.2.1. Alat.....	28
3.2.2. Bahan .....	29
3.3. Variabel.....	29
3.3.1. Variabel Tetap.....	29
3.3.2. Variabel Berubah .....	29
3.4. Rancangan Percobaan .....	30
3.5. Skema Penelitian.....	31
3.6. Prosedur Penelitian .....	32
3.7. Metode Analisa .....	33
3.7.1. Analisa HPLC ( <i>High Performance Liquid Chromatography</i> ) .....	33
3.7.2. Analisa dengan DNS.....	34
3.7.3. Analisa Komponen Substrat .....	36
3.8. Pengoperasian Alat Penelitian .....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	40
4.1. Komposisi Kimia Bagas Sorgum Manis.....	40
4.2. Rendemen Hasil <i>Pretreatment</i> .....	41
4.3. Hasil <i>Pretreatment</i> Bagas Sorgum .....	42
4.3.1. Hubungan antara konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> dan waktu proses terhadap hasil glukosa, xilosa, dan gula pereduksi pada filtrat .....	42
4.3.2. Hubungan antara konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> dan waktu proses terhadap hasil selulosa dan hemiselulosa pada hasil substrat.....	47
4.4. Keseimbangan Massa .....	49
BAB V PENUTUP.....	52
5.1. Kesimpulan .....	52
5.2. Saran .....	53

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Persebaran Daerah Penghasil Sorgum di Indonesia.....	6
Tabel 2.2. Varietas Unggul Sorgum yang dirilis Selama Periode 1970 – 2013 .....	9
Tabel 2.3. Karakteristik Sorgum Manis Sebagai Bahan Baku Etanol .....	13
Tabel 2.4. Keuntungan Komparatif Sorgum Manis Terhadap Tebu dan Jagung .....	14
Tabel 2.5. Hasil Evaluasi Tiga Varietas Inhibrida Sorgum Manis Di 11 Lokasi pada Tahun 2009 .....	16
Tabel 2.6. Komposisi Serat Bahan Baku Etanol dari Beberapa Komoditas yang Berbeda .....	21
Tabel 2.7. Metode <i>Pretreatment</i> .....	22
Tabel 3.1. Rancangan Percobaan Proses <i>Pretreatment</i> .....	30
Tabel 4.1. Komposisi Kimia Bagas Sorgum.....	40
Tabel 4.2. Komposisi Kimia Bagas Sorgum Choudhary .....	40
Tabel 4.3. Rata-rata Rendemen Waktu Proses 10 menit.....	41
Tabel 4.4. Rata-rata Rendemen Waktu Proses 20 menit.....	41
Tabel 4.5. Rata-rata Rendemen Waktu Proses 30 menit.....	42
Tabel 4.6. Hasil <i>Pretreatment</i> Pada Filtrat Waktu Proses 10 menit .....	43
Tabel 4.7. Hasil <i>Pretreatment</i> Pada Filtrat Waktu Proses 20 menit .....	43
Tabel 4.8. Hasil <i>Pretreatment</i> Pada Filtrat Waktu Proses 30 menit .....	44
Tabel 4.9. Hasil <i>Pretreatment</i> Selulosa dan Hemiselulosa Pada Substrat .....	47
Tabel 4.10. Kandungan Lignin Hasil <i>Pretreatment</i> Pada Substrat .....	48
Tabel 4.11. Berat Komposisi Bagas Sorgum Sebelum <i>Pretreatment</i> .....	49
Tabel 4.12. Perbandingan Berat Selulosa Sebelum dan Sesudah <i>Pretreatment</i> .....	50
Tabel 4.13. Perbandingan Berat hemiselulosa Sebelum dan Sesudah <i>Pretreatment</i> .....	50
Tabel 4.14. Perbandingan Berat Lignin Sebelum dan Sesudah <i>Pretreatment</i> .....	51

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur Selulosa .....	18
Gambar 2.2. Struktur Unit-unit Penyusun Hemiselulosa.....	19
Gambar 2.3. Unit-unit Penyusun Lignin .....	20
Gambar 2.4. Skema <i>Pretreatment</i> Bahan Lignoselulosa .....	23
Gambar 3.1. Diagram Proses <i>Pretreatment</i> Bagas Sorgum dengan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	31
Gambar 4.1. Grafik Hubungan Glukosa, Xilosa, dan Gula Pereduksi Pada Waktu 10 menit .....	43
Gambar 4.2. Grafik Hubungan Glukosa, Xilosa, dan Gula Pereduksi Pada Waktu 20 menit .....	44
Gambar 4.3. Grafik hubungan Glukosa, Xilosa, dan Gula Pereduksi Pada Waktu 30 menit .....	44
Gambar 4.4. Grafik Hubungan Xilosa dengan Waktu Proses dan Konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	47
Gambar 4.5. Delignifikasi Hasil <i>Pretreatment</i> .....	49

## **DAFTAR LAMPIRAN**

LAMPIRAN A GAMBAR ALAT

LAMPIRAN B DATA DAN HASIL PERHITUNGAN *PRETREATMENT*

LAMPIRAN C GAMBAR HASIL *PRETREATMENT*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan negara agraris yang memiliki beragam kekayaan alam terbarukan yang sangat berpotensi menghasilkan bioenergi. Bioenergi adalah energi alternatif yang berasal dari sumber-sumber biologis. Penggunaan bioenergi memiliki keunggulan dalam hal meningkatkan kualitas lingkungan, meningkatkan pertumbuhan ekonomi, serta mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Salah satu energi alternatif yang sudah lama dikembangkan untuk pengganti bahan bakar minyak yaitu bioetanol. Bioetanol merupakan bahan bakar nabati yang dapat diproduksi dari tumbuhan. Bioetanol yang diproduksi umumnya masih berasal dari bioetanol generasi pertama, yaitu bioetanol yang dibuat dari bahan yang mengandung gula dan pati. Hal ini akan berdampak buruk bagi penyediaan bahan pangan yang dibutuhkan masyarakat. Jika bahan bakar nabati terus menerus dibuat dari bahan pangan, maka akan terjadi persaingan antara penyediaan pangan dan energi.

Saat ini telah dikembangkan teknologi bahan bakar nabati generasi kedua. Teknologi bahan bakar nabati generasi kedua adalah teknologi yang mampu memproduksi bahan bakar nabati seperti bioetanol dari bahan lignoselulosa. Ketika hasil-hasil pertanian dan perkebunan dipanen, bahan lignoselulosa akan tertinggal sebagai limbah pertanian yang biasanya kurang dimanfaatkan. Maka dari itu, bahan lignoselulosa tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol.

Di Indonesia, saat ini tanaman sorgum memberi peluang untuk dikembangkan sebagai tanaman pangan, pakan dan penghasil bioetanol. Sorgum merupakan tanaman serelia biji-bijian yang termasuk famili *Graminaea* atau rerumputan. Sebagai bahan pangan, sorgum bisa menjadi sumber pangan alternatif yang dapat dikembangkan untuk mendukung program diversifikasi dan

ketahanan pangan. Selain itu, sorgum juga dapat menjadi bahan baku pembuatan bioetanol dengan memanfaatkan nira batang dan ampas batang sorgum. Ampas batang sorgum (bagas) merupakan salah satu biomassa lignoselulosa yang sangat berpotensi sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Tahap pembuatan bioetanol dari biomassa lignoselulosa meliputi, perlakuan awal (*pretreatment*), sakarifikasi, fermentasi, dan destilasi. Biomassa lignoselulosa memiliki 3 penyusun utama, yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin, yang saling terikat erat membentuk satu kesatuan. Dari ketiga komponen biomassa lignoselulosa tersebut, selulosa dan hemiselulosa adalah komponen yang berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan baku bioetanol, karena mengandung rantai polisakarida yang dapat dikonversi menjadi etanol. Selulosa dan hemiselulosa secara alami dilindungi oleh lignin. Adanya senyawa pengikat lignin inilah yang menyebabkan selulosa dan hemiselulosa sulit untuk dihidrolisis. Untuk memudahkan proses hidrolisis maka lignin harus dipisahkan terlebih dahulu melalui proses *pretreatment*.

Ada beberapa metode *pretreatment* yang sudah dikembangkan, baik secara fisika maupun kimia. Pada penelitian ini, dilakukan *pretreatment* secara kimia dengan menggunakan larutan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ). Bahan baku biomassa yang digunakan yaitu bagas sorgum manis.

Oleh karena semakin menipisnya sumber energi, memperhatikan hal diatas maka dilakukanlah penelitian yang berjudul *pretreatment* bagas sorgum dengan  $H_2SO_4$  untuk produksi gula (xilosa), yang selanjutnya digunakan untuk produksi bioetanol.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan, maka rumusan permasalahan dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimanakah pengaruh waktu dan konsentrasi asam sulfat terhadap hasil proses *pretreatment*?
2. Berapakah kadar xilosa tertinggi yang diperoleh dari proses *pretreatment* dengan variasi konsentrasi asam sulfat dan waktu proses?

3. Bagaimanakah pengaruh konsentrasi asam sulfat dan waktu proses dalam mendegradasi lignin?

### **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bahan baku berupa bagas sorgum manis yang diperoleh dari Pasuruan, Jawa Timur.
2. Pretreatment bahan baku secara kimia dengan menggunakan pelarut asam sulfat ( $H_2SO_4$ ).
3. Variasi konsentrasi asam sulfat yaitu 1%, 2%, dan 3%.
4. Variasi waktu proses yaitu 10 menit, 20 menit, dan 30 menit.
5. Suhu proses pada pretreatment yaitu  $121^{\circ}C$ .

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh waktu dan konsentrasi asam sulfat terhadap hasil proses pretreatment.
2. Mengetahui kadar xilosa tertinggi yang diperoleh dari proses *pretreatment* dengan variasi konsentrasi asam sulfat dan waktu proses.
3. Mengetahui pengaruh waktu proses dan konsentrasi asam sulfat dalam mendegradasi lignin.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi untuk pengaruh waktu dan konsentrasi  $H_2SO_4$  terbaik pada proses *pretreatment* yang bisa digunakan untuk penelitian selanjutnya.
2. Memberikan informasi untuk pengaruh waktu dan konsentrasi  $H_2SO_4$  dalam mendegradasi lignin.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

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 diadakannya penelitian, rumusan masalah yang akan dibahas, batasan masalah dari penelitian yang akan dilakukan, tujuan dan manfaat dari dilakukannya penelitian ini, serta penjelasan mengenai sistematika penulisan laporan penelitian.

## **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi tinjauan umum mengenai sorgum, bagas sorgum manis, komposisi utama bagas sorgum manis, metode pretreatment bagas sorgum manis, manfaat bioetanol, serta segala hal yang berhubungan dengan proses pretreatment lignoselulosa.

## **BAB III : METODE PENELITIAN**

Bab ini berisi penjelasan tentang persiapan penelitian, diagram alir penelitian, variabel penelitian, prosedur penelitian, serta alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini.

## **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 dua bagian, kesimpulan dan saran yang telah dilakukan berdasarkan hasil yang telah didapat pada bab sebelumnya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA





#### 2.1 Sorgum




Sorgum merupakan tanaman asli dari wilayah-wilayah tropis dan subtropis di bagian Pasifik tenggara dan Australia, wilayah yang meliputi Australia, Selandia Baru dan Papua. Sorgum merupakan tanaman dari keluarga *Poaceae* dan marga *Sorghum*. Sorgum sendiri memiliki 32 spesies. Di antara spesies-spesies tersebut, yang paling banyak dibudidayakan adalah spesies *Sorghum bicolor (japonicum)*. Tanaman yang lazim dikenal masyarakat Jawa dengan nama “Cantel” ini sekeluarga dengan tanaman sereal lainya seperti padi, jagung, hanjeli, dan gandum serta tanaman lain seperti bambu dan tebu. Dalam taksonomi, tanaman-tanaman tersebut tergolong dalam satu keluarga besar *Poaceae* yang juga sering disebut sebagai *Gramineae* (rumput-rumputan) (Subagio dan Muh. Aqil, 2013).

Sorgum memiliki tinggi rata-rata 2,6 sampai 4 meter. Pohon dan daun sorgum sangat mirip dengan jagung. Pohon sorgum tidak memiliki kambium. Jenis sorgum manis memiliki kandungan yang tinggi pada batang gabusnya sehingga berpotensi untuk dijadikan sebagai sumber bahan baku gula sebagaimana halnya tebu. Daun sorgum berbentuk lurus memanjang. Biji sorgum berbentuk bulat dengan ujung mengerucut, berukuran diameter  $\pm 2$  mm. Satu pohon sorgum mempunyai satu tangkai buah yang memiliki beberapa cabang buah (Subagio dan Muh. Aqil, 2013).

Beberapa daerah-daerah telah menjadi sentra produksi sorgum di Indonesia. Tabel 2.1. dibawah ini menunjukkan daerah-daerah penghasil sorgum berdasarkan data yang terdapat di Direktorat Jenderal Tanaman Pangan Departemen Pertanian (2007).

Tabel 2.1. Persebaran Daerah Penghasil Sorgum di Indonesia

Provinsi	Daerah Penghasil	Peta Persebaran
Jawa Barat	Indramayu, Cirebon, Kuningan, Ciamis, Garut, Cianjur dan Sukabumi	
Jawa Tengah	Tegal, Kebumen, Kendal, Demak, Grobogan, Boyolali, Sukoharjo, dan Wonogiri	
D.I. Yogyakarta	Kulon Progo, Sleman, Bantul dan Gunung Kidul	
Jawa Timur	Pacitan, Bojonegoro, Tuban, Lamongan, Bangkalan, Pamekasan, Sampang, Sumenep, Pasuruan, Probolinggo, Malang dan Lumajang	

Jawa Timur	Pacitan, Bojonegoro, Tuban, Lamongan, Bangkalan, Pamekasan, Sampang, Sumenep, Pasuruan, Probolinggo, Malang dan Lumajang	
NTB	Lombok Tengah, Sumbawa, Dompu, dan Bima	
NTT	Sumba Barat, Sumba Timur, Manggarai, Ngada, Ende, Sikka, Flores Timur, Lembata, Alor, Timor Tengah Utara, Kupang, Belu, Timor Tengah Selatan dan Rote Ndao	

Sumber: Direktorat Jenderal Tanaman Pangan Departemen Pertanian (2007)

Produktivitas sorgum di Indonesia sangat berfluktuatif. Hal ini dikarenakan budidaya tanaman sorgum masih sangat dipengaruhi oleh isu dan tren di masyarakat. Selain itu, tingkat penanaman sorgum belum mencapai jumlah yang stabil karena belum adanya pemanfaatan sorgum untuk keperluan tertentu. Pada saat isu dan tren bahan bakar alternatif (biofuel) sedang hangat dibicarakan oleh seluruh pihak, para petani sangat bersemangat dalam menanam sorgum. Namun, ketika harga minyak dunia kembali turun dan bioenergi kurang menjadi topik pembahasan, para petani kebingungan dalam menjual hasil budidaya sorgumnya

## 2.2 Varietas Sorgum untuk Pengembangan Bioenergi

Seiring dengan terjadinya krisis energi sebagai akibat berkurangnya cadangan bahan bakar minyak maka peluang pemanfaatan bioenergi semakin besar. Sorgum adalah salah satu sumber energi terbarukan yang mempunyai potensi untuk mensubstitusi kebutuhan bahan bakar dunia. Di Indonesia saat ini terdapat beberapa varietas sorgum yang dikembangkan. Total terdapat 9 jenis varietas yang dijadikan varietas sorgum unggulan Indonesia yaitu: UPCA, Keris, Mandau, Higari, Badik, Gadam, Sangkur, Numbu dan Kawali.

Program penelitian dan pengembangan sorgum sebelum tahun 1980 dan pada periode 1980-1990 dikoordinir secara nasional oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan (Puslitbangtan) dengan melibatkan beberapa Balai Penelitian Tanaman Pangan (Balittan). Titik berat kegiatan pemuliaan pada periode tersebut adalah pembentukan varietas komposit melalui uji adaptasi galur-galur introduksi dari luar negeri.

Pada era 1970-an program pengembangan sorgum diarahkan untuk pemenuhan sumber karbohidrat potensial untuk memenuhi kebutuhan pangan di Indonesia. Varietas yang dilepas pada periode tersebut adalah No.6C, UPCA-S2 dan KD4 (Puslitbangtan, 2009). Pada era 1980-an, program pemuliaan sorgum masih diarahkan untuk pemenuhan sumber karbohidrat potensial sehingga seleksi varietas lebih banyak ditujukan untuk pemenuhan kebutuhan pangan (Mudjijihono dan Damardjati, 1985). Kriteria seleksi meliputi umur tanaman yang genjah (70-80 hari), penampilan tanaman tidak terlalu tinggi (100-140 cm), kandungan protein di atas 10% serta kandungan tannin dibawah 0,2%. Pada periode 1980-1990 dilepas empat varietas masing-masing Keris, UPCA-S1, Badik dan Hegari Genjah. Keempat varietas tersebut mempunyai beberapa keunggulan diantaranya : berumur genjah, tinggi batang sedang, hasil 2,5-4 t/ha, berbiji putih dengan rasa sebagai nasi (Subandi et, 1998).

Program penelitian dan pengembangan varietas unggul sorgum pada periode 2001-2013 dilakukan secara khusus oleh Balai Penelitian Tanaman Serealia (Balitsereal) di Maros. Varietas Numbu dan Kawali Tahun 2001 (Balitsereal, 2002). Varietas Numbu dihasilkan dari galur IS 23509 dari SADC (South African Development Community). Varietas Kawali berasal dari galur ICSV 233 merupakan galur ICRISAT. Kedua varietas tersebut dapat beradaptasi baik di Probolinggo, Bontobili, Bulukumba, dan Bojonegoro dengan kisaran hasil yang diperoleh 4,6-5,0 t/ha.

Varietas Numbu dapat beradaptasi baik pada lahan kering dan masam, hasil 5 t/ha serta tahan terhadap penyakit karat dan bercak daun (Singgih et al, 2002). Varietas Kawali dicirikan oleh karakter tanaman yang pendek (135 cm) serta bulir yang agak tertutup sehingga kurang disenangi oleh hama burung. Kedua varietas ini mempunyai umur dalam, antara 100-105 hari. Karakteristik varietas yang dirilis disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Varietas Unggul Sorgum yang dirilis Selama Periode 1970-2013

<b>Varietas</b>	<b>Tahun Rilis</b>	<b>Potensi Hasil (ton/ha)</b>	<b>Umur Panen (Hari)</b>	<b>Tinggi Tanaman (cm)</b>	<b>Warna Biji</b>
<b>No. 6C</b>	1970	4,6-6	96-106	165-238	Coklat
<b>UPCA-S2</b>	1972	4,0-4,9	105-110	180-210	Coklat
<b>KD4</b>	1973	4,0	90-100	140-180	Putih
<b>KERIS</b>	1983	2,5	70-80	80-125	Putih Kotor
<b>UPCA-S1</b>	1985	4,0	90-100	140-160	Putih Kapur
<b>BADIK</b>	1986	3,0-3,5	80-85	145	Putih Kapur
<b>HEGARI GENJAH</b>	1986	3,0-4,0	81	145	Putih Kapur
<b>MANDAU</b>	1991	4,0-5,0	91	153	Coklat Muda
<b>SANGKUR</b>	1991	3,6-4,0	82-96	150-180	Coklat Muda
<b>NUMBU</b>	2001	4,0-5,0	100-105	187	Krem
<b>KAWALI</b>	2001	4,0-5,0	100-110	135	Krem

Sumber: Pabendon, dkk, 2013

Dengan adanya krisis energi di sejumlah negara dan semakin berkurangnya cadangan bahan bakar minyak, maka peluang pemanfaatan bioenergi semakin besar (Hoeman, 2010). Sebelum dimanfaatkan sebagai bahan bakar, bioenergi tanaman harus diubah terlebih dahulu menjadi biogas atau bioetanol. Sorgum mempunyai potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku bioetanol melalui fermentasi bagas dan juga lebih adaptif terhadap perubahan iklim (kekeringan dan genangan) (Almodares dan Hadi, 2009).

Sejumlah galur unggul baik introduksi maupun lokal Indonesia disilangkan untuk menghasilkan varietas unggul sorgum khusus untuk produksi etanol. Sorgum manis mengandung FC lebih tinggi dibandingkan jagung sehingga sebagai tanaman biofuel akan lebih menguntungkan apabila pengembangannya dilakukan pada daerah kering (Reddy *et al.*, 2007).

Balai Penelitian Tanaman Serealia telah mengembangkan enam galur yang mempunyai potensi tinggi untuk produksi bioetanol yaitu Watar hammu Putih, 4-183A, 5-193c, 15011A, 15011B, dan 15021A dengan produksi etanol masing-masing sebesar 4315,45 l/ha, 4531,91 l/ha, 3868,42 l/ha, 3756,15 l/ha, 4758,32 l/ha dan galur 3905,21 l/ha, lebih tinggi dari varietas Numbu (Balitsereal, 2010). Produksi etanol tinggi per ha mempunyai korelasi yang tinggi dengan produksi biomass batang.

Produksi bioetanol dari sorgum manis dapat ditingkatkan lagi apabila kemampuan ratun dari sorgum manis dimanfaatkan secara optimal (Efendi dan Pabendon, 2010). Bobot biomas segar tanaman primer mencapai 43,0 t/ha, kemudian pada pertanaman ratun masih mampu menghasilkan biomass 22,6 t/ha. Potensi ratun sangat menjanjikan utamanya pada lahan kering dimana tanaman palawija lain sudah tidak bisa tumbuh (Tsuchihashi dan Goto, dkk, 2004).

Peningkatan perhatian terhadap sorgum manis bukan hanya terjadi di negara maju tetapi juga negara berkembang termasuk Indonesia. Barbanti, dkk, (2006) mengemukakan bahwa penggunaan biofuel yang diekstraksi dari bagas sorgum manis akan dapat membantu pemenuhan kebutuhan energi dunia. Sorgum manis dicirikan oleh kandungan gula yang tinggi, khususnya fraksi xilosa dan glukosa yang dapat diolah menjadi etanol.

### **2.3 Bagas Sorgum**

Biomass dari tanaman sorgum dapat dibagi ke dalam 3 kategori, yaitu bahan baku gula yang berasal dari nira batang, bagas (selulosa) dan biji (pati) (Badger, 2002). Pada saat biji sorgum manis matang fisiologis maka total biomass terdiri atas sekitar 75% batang, 10% daun,

5% biji dan 10% akar (Grassi *et al.*, 2002). Bagas diperoleh setelah batang sorgum diekstraksi niranya, yang limbahnya berupa selulosa dan masih dapat digunakan untuk menghasilkan etanol (Jacques *et al.*, 1999). Lignin dan selulosa pada biomas tanaman juga perlu diperhitungkan karena proses konversi energi solar menjadi glukosa dan senyawa kompleks menggunakan batang tanaman untuk menimbun sejumlah lignoselulosa sebagai gula sederhana.

Kresovich dan Henderlong (1984) yang menganalisis kelayakan produksi etanol sorgum menyimpulkan bahwa sorgum dapat dijadikan materi bahan baku etanol, jika semua gula selulosa dapat dihidrolisis secara efisien dan dikonversi menjadi etanol. Menurut Almodares dan Sepahi (1996), tingkat akumulasi gula pada batang bervariasi antar kultivar. Kandungan karbohidrat nonstruktural dari sorgum dipengaruhi oleh temperatur dan waktu.

Bagas dari sorgum manis dapat menghasilkan 3.880 l etanol/ha, pemanfaatan bagas dapat meningkatkan hasil etanol sorgum manis 30-40% (Balint 2010, Dolciotti *et al.*, 1998).

### **2.3.1 Bagas Sorgum Manis**

Sorgum manis merupakan tanaman C4 yaitu tanaman yang tidak memiliki rasio transpirasi yang tinggi, selain itu juga tanaman C4 tidak mengalami kehilangan CO<sub>2</sub> yang besar sehingga berakibat pada laju fotosintesis (Roy, 2000). Dan juga pada penyinaran tinggi dan suhu panas mampu berfotosintesis lebih cepat sehingga menghasilkan biomas yang lebih banyak dibandingkan tanaman C3 (Salisbury dan Ross, 1992). Sebagai tanaman C4, produktivitas sorgum tergolong tinggi dan memiliki lapisan lilin pada permukaan daun yang dapat mengurangi laju evapotranspirasi, dan sistem perakarannya ekstensif. Kedua faktor ini menjadikan sorgum sangat efisien dalam pemanfaatan air (House, 1985), sehingga produktivitas biomasnya lebih tinggi dibandingkan dengan jagung atau tebu yang sama-sama tanaman C4 (Hoerman, 2007). Sorgum yang mempunyai kadar gula brix tinggi pada batang digolongkan sebagai sorgum manis (Reddy dan Sanjana, 2003).

Sorgum manis juga memiliki gen pengendali daun awet hijau (*stay-green*) sejak fase pengisian biji. Fenomena ini berhubungan dengan kandungan nitrogen pada daun yang lebih tinggi sehingga mampu meningkatkan efisiensi penggunaan radiasi dan transpirasi (Borrell *et al.*, 2000). Sorgum manis telah diidentifikasi sebagai komoditas energi karena kandungan gula pada batang tinggi (Miller dan Creelman, 1980, Yu *et al.*, 2009, Wortman dan Regassa, 2011) dan mampu menghasilkan etanol 6000-7000 l/ha (FAO, 2002, Dinesh *et al.*, 2013, Smith dan

Buxton, 1993). Di Indonesia, kemampuan tanaman sorgum menghasilkan etanol berkisar antara 3000-6000 l/ha (Pabendon *et al.*, 2012).

Sorgum manis merupakan tanaman serealia yang luas daya adaptasinya sehingga potensial dikembangkan untuk produksi bioetanol. Batang dan biji sorgum manis dapat diolah menjadi gula dan hasil sampingnya berupa bagas. Dengan demikian sorgum manis bersifat multiguna dan produknya dapat digunakan untuk pangan, pakan, etanol dan sumber kalori.

Tabel 2.3. Karakteristik Sorgum Manis Sebagai Bahan Baku Etanol

Sebagai tanaman produksi	Sebagai bahan etanol	Limbah berupa bagas
Periode tumbuh pendek (3-4 bulan)	Proses ramah lingkungan	Nilai biologis tinggi
Tanaman lahan kering Toleran kekeringan	Kualitas superior	Kaya mikronutrien Dapat digunakan sebagai pakan, untuk biokompos
Keamanan lingkungan	Oktan tinggi Aman untuk suplemen	-
Memenuhi kebutuhan pangan dan pakan	bahan bakar mobil( hingga 25% dari campuran untuk bensin)	-
Emisi NO <sub>2</sub> / CO <sub>2</sub> tanah rendah	-	-
Biji mudah tersedia	-	-

Sumber: Reddy *et al.*, (2005, 2008)

Vries *et al.*, (2010) meneliti beberapa tanaman untuk bahan baku bioenergi, yaitu jagung, gandum, sorgum manis dan tebu. Ternyata sorgum manis lebih efisien dalam penggunaan lahan, air, pupuk nitrogen dan pestisida.

Sorgum manis dapat dipanen 3-4 kali dalam setahun jika irigasi memadai, umur tanaman pendek, dan biaya produksi relatif rendah sehingga menguntungkan untuk produksi bioetanol (Smith dan Buxton, 1993). Kandungan gula pada nira batang sorgum manis berkisar 8-20%

(Rains *et al.*, 1990). Konversi gula dari nira batang sorgum menjadi etanol membutuhkan banyak energi untuk depolimerisasi pati.

Tanaman yang selama ini digunakan sebagai sumber bioetanol adalah jagung, gula, bit, tebu, sorgum manis dan ubi kayu (Adelekan, 2010). Namun ketahanan pangan merupakan kebutuhan yang lebih penting. Pemanfaatan sorgum manis sebagai bahan baku bioetanol tidak mempengaruhi ketahanan pangan, karena bijinya digunakan untuk pangan, biomas batang untuk bahan baku bioetanol, daun dan bahan kering lainnya untuk pakan. Satu hektar lahan dapat menghasilkan 2-6 ton sorgum (Reddy, 2007). Selain nira yang dapat digunakan sebagai bahan baku utama bioetanol, bagas yang mengandung lignoselulosa juga dapat dipertimbangkan untuk diproses menjadi etanol generasi kedua.

Produktivitas sorgum manis di Indonesia relatif kurang, sehingga peluang peningkatan produksi melalui perbaikan genetik tanaman masih terbuka. Keuntungan komparatif sorgum manis terhadap tebu dan jagung dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Keuntungan Komparatif Sorgum Manis terhadap Tebu dan Jagung

Parameter	Sorgum Manis	Tebu	Jagung
Umur Tanaman	4 bulan	9-12 bulan	4 bulan
Kebutuhan air	4.000 m <sup>3</sup>	36.000 m <sup>3</sup>	8.000 m <sup>3</sup>
Hasil biji (t/ha)	2,0	-	8
Produksi etanol nira batang (l/ha)	1.400	5.600	0
Hasil etanol dari bagase (l/ha)	1.000	3.325	1.816
Total hasil etanol (l/ha)	3.160	8.925	3.216
Biaya produksi tanaman (\$/ha)	220	995	272
Biaya produksi etanol per kilo liter (\$/kl)	75,3	111,5	89,2

Sumber: Reddy *et al.*, (2006)

### 2.3.2 Sejarah Produktivitas Sorgum Manis

Penelitian sorgum manis dimulai di ICRISAT, India, pada tahun 1980 dengan mengevaluasi 70 aksesori plasma nutfah sorgum. Dua galur *landrace* yang diseleksi adalah IS6872 dan IS6896, keduanya memiliki kadar gula dan biomas batang yang tinggi. Pada tahun 1981 beberapa galur sorgum manis diidentifikasi di Nigeria, termasuk sejumlah progeni galur-galur murni hasil pemuliaan dari Zimbabwe. Penelitian sorgum manis dihentikan pada akhir 1990an karena berbagai hal. Pada tahun 2002, penelitian diarahkan untuk memenuhi permintaan etanol karena pemerintah India menjadikan etanol sebagai suplementasi bahan bakar bensin. Berbagai aksesori plasma nutfah dengan variabilitas yang tinggi membuka peluang pengembangan varietas hibrida berbatang besar dan kaya gula untuk produksi etanol (Reddy *et al.*, 2007).

Berbagai teknik produktivitas menjadi pertimbangan dalam pemeliharaan sorgum manis untuk produksi etanol. Tujuan utama pemeliharaan adalah meningkatkan produktivitas, memperbaiki kualitas dan hasil tanaman melalui rekombinasi gen. Peningkatan produktivitas sorgum manis dapat dicapai dengan perakitan varietas hibrida. Hibrida sorgum manis memiliki bobot biomas tinggi, volume nira tinggi, dan total gula terfermentasi tinggi sehingga efisien dalam menghasilkan etanol. Di Amerika Serikat, produksi sorgum manis telah meningkat tiga kali lipat sejak dikembangkan sorgum hibrida secara intensif (Quinby 1974, Doggett 1988).

### 2.3.3 Karakter Sorgum Manis Untuk Bioetanol

Sebagian besar fotosintat sorgum manis terdistribusi pada batang, sehingga relatif kecil yang terdistribusi ke malai. Dengan demikian, batang merupakan *sink* utama. Sukrosa merupakan produk utama hasil fotosintesis dan komponen paling besar dalam penyimpanan, terakumulasi dan disalurkan sebagai sumber karbohidrat. Perbedaan utama antara sorgum biji dan sorgum manis adalah akumulasi bobot kering sorgum manis tidak mengalami penurunan, bahkan meningkat pada saat pengisian biji ([www.fao.org](http://www.fao.org)). Fakta tersebut membuktikan bahwa sorgum manis mempunyai potensi yang besar digunakan sebagai bahan baku etanol selain tebu. Budi daya sorgum manis mengalami pergeseran dari bahan baku pangan dan pakan menjadi bahan baku industri, baik skala kecil maupun skala besar. Menurut Elangovan *et al.*, (2013), karakter penting dalam mengidentifikasi genotipe unggul sorgum manis untuk produksi etanol adalah bobot biomas, persen brix nira, volume nira dan total gula terlarut tinggi.

Tiga varietas in hibrida sorgum manis yang telah dihasilkan oleh Badan Litbang Pertanian dan merupakan sorgum manis unggulan yaitu Numbu, Super 1 dan Super 2. Varietas Numbu

diarahkan untuk pangan, namun tidak menutup kemungkinan batangnya dimanfaatkan sebagai bahan baku bioetanol karena produksi biomas batangnya tinggi dan kadar gula brix rata-rata 10-12%. Varietas Super 1 dan Super 2 diarahkan untuk produksi bioetanol, namun Super 1 juga dapat dimanfaatkan untuk pangan dan pakan karena bijinya putih.

Tabel 2.5. Hasil Evaluasi Tiga Varietas Inhibrida Sorgum Manis di 11 Lokasi pada Tahun 2009

Parameter	Varietas		
	Numbu	Super 1	Super 2
<b>Bobot biomas (t/ha)</b>	17,1	17,5	21,4
<b>Kadar Gula brix (%)</b>	10,8	14,1	12,7
<b>Volume nira (ml/kg batang)</b>	240,1	241,6	197,9
<b>Tinggi Tanaman (cm)</b>	197,0	204,8	231,5
<b>Volume etanol (l/ha)</b>	3.965	5.702	5.532
<b>Hasil biji (t/ha)</b>	2,8	2,7	3,0
<b>Umur panen (hari)</b>	105-110	105-110	115-120

Sumber : Pabendon, dkk, 2013

#### 2.3.4 Pemanfaatan Bagas Sorgum Manis

Sorgum merupakan tanaman yang mempunyai banyak kegunaan. Hampir seluruh bagian dari tanaman sorgum seperti biji, tangkai biji, daun, batang, dan akar dapat dimanfaatkan. Produk-produk turunan seperti gula, bioetanol, kerajinan tangan, pati, biomassa, dan lain-lain merupakan beberapa produk yang dapat dihasilkan dari tanaman sorgum. Dari beberapa produk tersebut, produk utama tanaman sorgum adalah biji dan batangnya. Biji sorgum merupakan bagian dari kelompok serealia sebagaimana halnya gandum dan jagung. Biji sorgum memiliki kandungan tepung dan pati yang sangat potensial. Adapun batang sorgum terutama jenis sorgum manis memiliki kandungan nira sebagaimana halnya tanaman tebu. Nira sorgum dapat

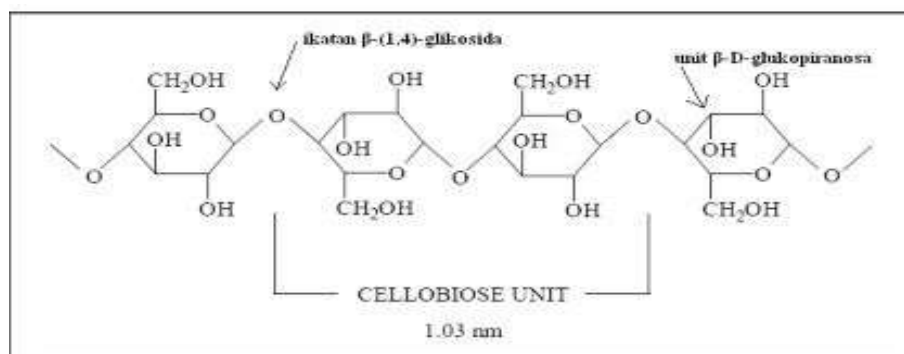
digunakan sebagai bahan baku pembuatan gula dan bioetanol. Produk lain yang dapat dikembangkan dari keseluruhan bagian tanaman sorgum adalah ampas hasil perasan batang sorgum (bagas). Bagas merupakan salah satu sumber bahan lignoselulosa yang dapat dimanfaatkan untuk produksi bioetanol. Bagas sorgum memiliki kandungan ( selulosa dan hemiselulosa) yang tinggi, sehingga sangat berpotensi dalam produksi bioetanol.

## 2.4 Komposisi Bagas Sorgum Manis

Bagas sorgum manis merupakan salah satu jenis bahan lignoselulosa. Lignoselulosa tersusun dari mikrofibril-mikrofibril selulosa yang membentuk kluster-kluster, dengan ruang antar mikrofibril terisi dengan hemiselulosa, dan kluster-kluster tersebut terbebat kuat menjadi satu kesatuan oleh lignin (Soerawidjaja, 2007). Jadi secara kimia, bahan lignoselulosa mempunyai beberapa komponen utama tiga macam polimer yang berbeda, yang dikenal dengan lignin, hemiselulosa, dan selulosa yang saling berikatan membentuk satu kesatuan yang utuh (Sjostrom,1998; Perez *et al.*, 2002).

### 2.4.1 Selulosa

Selulosa adalah komponen utama kayu, kira-kira 40-50% kayu kering. Selulosa merupakan homopolisakarida yang tersusun atas unit-unit  $\beta$ -D- glukopiranososa yang terikat satu sama lain dengan ikatan-ikatan  $\beta$ -(1,4)-glikosida yang ditunjukkan oleh gambar 2.1.



Gambar 2.1. Struktur Selulosa (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.

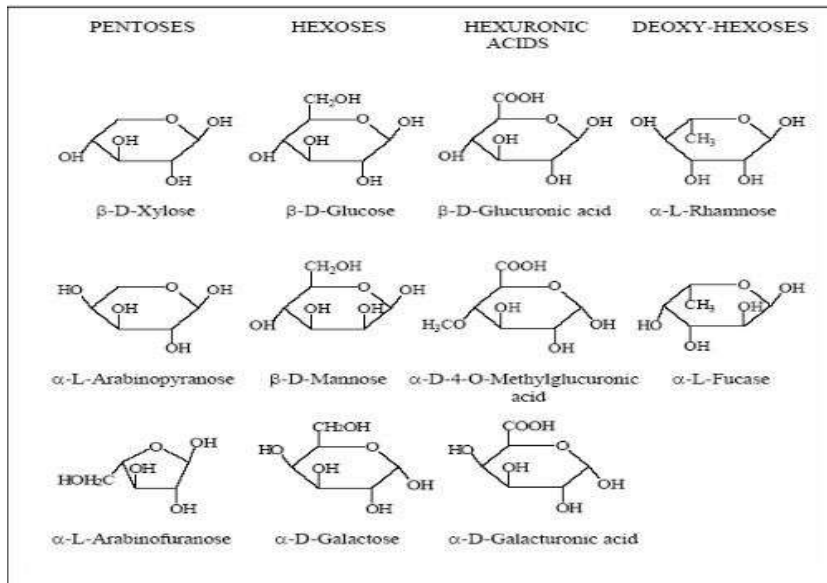
Selulosa tidak berwarna, tidak mempunyai rasa dan bau, tidak larut dalam air atau larutan basa, relatif stabil terhadap panas, tidak meleleh jika dipanaskan, mulai terurai (dekomposisi) pada temperatur 260-270°C, tahan terhadap hidrolisis, dan stabil terhadap oksidasi. Tetapi selulosa akan larut dalam 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) (Brown, 2003).

#### **2.4.2 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 (Palonen,2004;Sjostrom,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) (Ibrahim, 1998).

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 (Sjostrom,1998). Struktur unit penyusun hemiselulosa dapat dilihat pada Gambar 2.2.

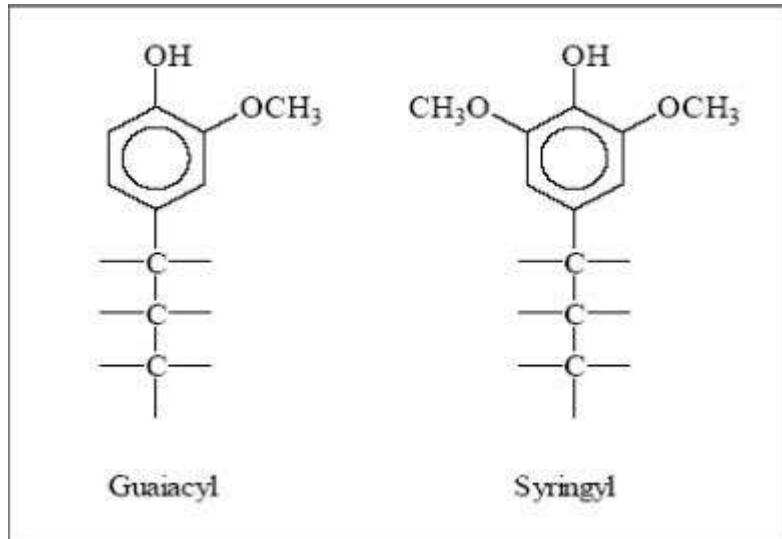


Gambar 2.2. Struktur Unit-unit Penyusun Hemiselulosa (Ibrahim, 1998)

Xilosa adalah gula yang diisolasi dari kayu dengan proses hidrolisa asam atau enzim. Xilosa atau gula kayu adalah suatu gula pentosa, monosakarida dengan lima atom karbon dan memiliki gugus aldehida. Gula ini diperoleh dengan menguraikan jerami atau serat nabati lainnya dengan cara memasaknya dengan asam sulfat. Xilosa diklasifikasikan sebagai monosakarida tipe aldopentosa yang memiliki lima atom carbon dan satu gugus aldehid. Xilosa dapat dimanfaatkan sebagai media fermentasi dalam produksi ethanol. Selain itu xilosa juga dapat dikonversi menjadi hidrogen, xilitol dan lain lain.

### 2.4.3 Lignin

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 m tetap dapat berdiri kokoh (Dietrich Fengel, 1984). 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-koumaril alkohol (Palonen, 2004), seperti pada gambar 2.3. Unit-unit fenilpropana ini kemudian berikatan dengan struktur-struktur minor sehingga membentuk suatu jaringan polimer yang dikenal dengan nama lignin.



Gambar 2.3. Unit-unit Penyusun Lignin (Ibrahim,1998)

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.

#### 2.4.4 Komposisi Serat Bahan Baku Etanol

Komposisi dan proporsi fraksi berserat struktural pada sorgum bervariasi sesuai dengan faktor intrinsik dan ekstrinsik seperti varietas, kematangan, dan kondisi iklim. Rata-rata 15% dari bobot total sesuai dengan porsi berserat berkisar antara 12-17 % ( Woods, 2000). Selain larut dalam gula (sukrosa, glukosa, dan fruktosa), sorgum juga terdiri dari karbohidrat, dinding sel struktural terutama selulosa dan hemiselulosa, yang pada gilirannya dapat dihidrolisis dan digunakan sebagai substrat untuk produksi etanol. Dalam bagas sorgum manis, kandungan rata-rata selulosa, hemiselulosa dan lignin masing-masing 34-44 %, 27-35% dan 18-20% (Ballesteros *et al.*, 2003, Kim dan Day, 2011). Komposisi kimia dari jerami sorgum manis dibandingkan dengan energi dari komoditas penghasil bioetanol lainnya seperti tebu, jagung, gandum, dan beras dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6. Komposisi Serat Bahan Baku Etanol dari Beberapa Komoditas yang Berbeda

<b>Bahan Baku</b>	<b>Serat (%)</b>	<b>Selulosa (%)</b>	<b>Hemiselulosa (%)</b>	<b>Lignin (%)</b>	<b>Abu (%)</b>
<b>Sorgum manis</b>	13,0	44,6	27,1	20,7	0,4
<b>Jerami sorgum</b>	-	32,4	27,0	7	0,7
<b>Tebu</b>	13,5	41,6	25,1	20,3	4,8
<b>Jagung</b>	-	40,0	28,0	21,0	7,0
<b>Jerami gandum</b>	-	38,0	32,0	19,0	8,0
<b>Jerami padi</b>	-	36,0	28,0	14,0	20,0

(Sumber: Serna-Saldivar *et al.*, 2010)

## 2.5 Proses *Pretreatment* Bagas Sorgum

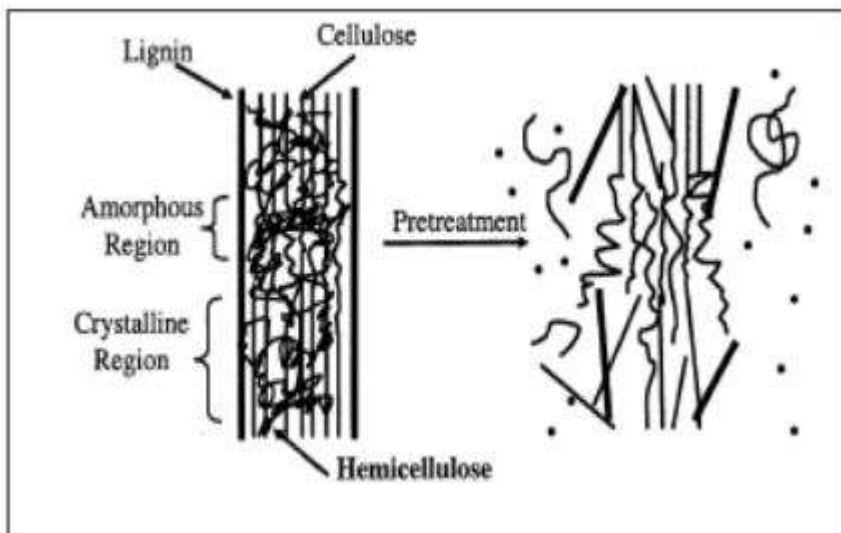
Selulosa sebagai komponen terbesar dari biomassa dapat dihidrolisis oleh enzim menjadi glukosa yang selanjutnya dapat difermentasi dan menghasilkan alkohol. Untuk menghidrolisis selulosa dalam lignoselulosa jauh lebih sulit dibandingkan hidrolisis selulosa yang bebas. Karena lignoselulosa merupakan bahan yang amat rapat sehingga pada kondisi biasa bersifat *inert* dan tak bisa ditembus/diterobosi oleh air apalagi enzim (Soerawidjaja, dan Z.I.E. Amiruddin, 2007).

Oleh sebab itu diperlukan suatu proses perlakuan awal (*pretreatment*) untuk mempersiapkan bahan agar dapat disakarifikasi oleh enzim dan difermentasi oleh mikroorganisme yang bebas dari lignin dan hemiselulosa (Moesir et al, 2005)

Tabel 2.7. Metode Pretreatment

Metode	Contoh
Mekanik panas	Digerus, Digiling, digunting, <i>extruder</i>
<i>Autohydrolysis</i>	<i>Super Critical, carbon dioxide explotion</i>
Perlakuan Asam	Asam sulfat dan asam klorida encer, asam sulfat dan asam klorida pekat
Perlakuan Alkali	Sodium hidroksida, ammonia, alkali hidrogen peroksida
Perlakuan larutan organik	Metanol, etanol, butanol, phenol

Sumber: Moesir et al, 2005



Gambar 2.4. Skema *Pretreatment* Bahan Lignoselulosa (Moesir et al, 2005)

Tanpa adanya *pretreatment*, gula yang dihasilkan dari hidrolisis kurang dari 20% sedangkan dengan adanya *pretreatment* hasilnya meningkat menjadi 90% bahkan lebih. Untuk meningkatkan luas permukaan dari lignoselulosa dilakukan proses pengecilan ukuran (*size reduction*) sebagai langkah awal pengolahan. (Pabendon dkk).

Tujuan dari *pretreatment* adalah untuk membuka struktur lignoselulosa agar selulosa menjadi lebih mudah diakses oleh enzim yang memecah polimer sakarida menjadi monomer gula. *Pretreatment* menyediakan akses yang lebih mudah untuk enzim sehingga akan mengalami peningkatan hasil glukosa dan xilosa.

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

- 1) Meningkatkan pembentukan gula atau kemampuan menghasilkan gula pada proses berikutnya melalui hidrolisis enzimatis.
- 2) Menghindari degradasi atau kehilangan karbohidrat
- 3) Menghindari pembentukan produk samping yang dapat menghambat proses hidrolisis dan fermentasi.
- 4) Biaya yang dibutuhkan ekonomis.

Di dalam metode *pretreatment* menggunakan asam, biomassa lignoselulosa dipaparkan dengan asam pada suhu dan tekanan selama waktu tertentu, dan menghasilkan monomer gula dari polimer selulosa dan hemiselulosa. Beberapa asam yang umum digunakan untuk *pretreatment* asam antara lain adalah asam sulfat ( $H_2SO_4$ ), asam perklorat, dan HCl. Asam sulfat merupakan asam yang paling banyak diteliti dan dimanfaatkan untuk *pretreatment* asam.

*Pretreatment* menggunakan asam dapat dilakukan pada suhu rendah. Namun demikian, konsentrasi asam yang digunakan sangat tinggi (30-70%). Proses ini juga sangat korosif karena adanya pengenceran dan pemanasan asam. Proses ini membutuhkan peralatan metal yang mahal atau dibuat secara khusus. 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 dalam proses ini. *Pretreatment* asam juga membutuhkan biaya investasi dan pemeliharaan yang tinggi, hal ini mengurangi ketertarikan untuk komersialisasi proses ini (Taherzadeh & Karimi, 2007).

Keuntungan utama hidrolisa dengan asam encer adalah dapat mengkonversi hemiselulosa menjadi xilosa, sehingga kadar xilosa hasil *pretreatment* menggunakan asam lebih tinggi daripada kadar gula lainnya. Keuntungan lain yaitu tidak diperlukannya *recovery* asam, dan tidak adanya kehilangan asam dalam proses (Iranmahboob *et al.*, 2002). Asam yang digunakan adalah  $H_2SO_4$  atau HCl (Mussatto dan Roberto, 2004) pada *range* konsentrasi 2-5 % (Iranmahboob *et al.*, 2002), dan suhu reaksi  $\pm 160^\circ C$ .

Kelemahan dari *pretreatment* menggunakan asam adalah degradasi gula hasil di dalam reaksi dan pembentukan produk samping yang tidak diinginkan. Degradasi gula dan produk samping ini tidak hanya akan mengurangi hasil panen gula, tetapi produk samping juga dapat menghambat pembentukan etanol pada tahap fermentasi selanjutnya.

## **2.6. Proses Pembuatan Bioetanol dari Lignoselulosa**

Proses konversi bahan lignoselulosa menjadi etanol terdiri atas empat proses utama: perlakuan awal, sakarifikasi atau hidrolisis selulosa menjadi gula-gula sederhana, fermentasi gula-gula sederhana menjadi etanol, dan terakhir adalah pemisahan serta pemurnian produk etanol (Narayanaswamy *et al.*, 2011; Schacht *et al.*, 2008).

### **2.6.1. Tahap Perlakuan Awal Lignoselulosa**

Biomassa lignoselulosa umumnya terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin. Selulosa secara alami diikat oleh hemiselulosa dan dilindungi oleh lignin. Adanya senyawa pengikat lignin inilah yang menyebabkan bahan-bahan lignoselulosa sulit untuk dihidrolisis. Oleh sebab itu, proses perlakuan awal dan hidrolisis merupakan tahapan proses yang sangat penting yang dapat mempengaruhi perolehan glukosa dan bioetanol.

Perlakuan awal ini dimaksudkan untuk memecah struktur kristalin selulosa dan memisahkan lignin sehingga selulosa dapat terpisah, serta meningkatkan porositas bahan. Rusaknya struktur kristal selulosa akan mempermudah terurainya selulosa menjadi glukosa. Selain itu, hemiselulosa turut terurai menjadi senyawa gula sederhana: glukosa, galaktosa, manosa, heksosa, pentosa, xilosa dan arabinosa. Selanjutnya senyawa-senyawa gula sederhana tersebut yang akan difermentasi oleh mikroorganisme menghasilkan bioetanol (Narayanaswamy *et al.*, 2011; Schacht *et al.*, 2008).

Perlakuan awal dapat dilakukan secara fisika, fisiko-kimia, kimia, biologis maupun kombinasi dari cara-cara tersebut. Perlakuan awal secara fisika antara lain berupa penggilingan, dan penepungan untuk memperkecil ukuran bahan dan mengurangi kristalinitas selulosa. Perlakuan awal secara fisikokimia antara lain adalah steam explosion, ammonia fiber explosion (AFEX), dan CO<sub>2</sub> explosion. Pada metode ini, partikel biomassa dipaparkan pada suhu dan tekanan tinggi, kemudian tekanannya diturunkan secara cepat sehingga bahan mengalami dekompresi eksplosif. Perlakuan awal secara kimia, di antaranya adalah perlakuan awal dengan menggunakan asam, dan alkali (Santos *et al.*, 2011; Schacht *et al.*, 2008).

Beberapa kendala yang muncul dari beberapa perlakuan awal di atas adalah penggunaan energi dalam jumlah yang cukup besar, penggunaan bahan-bahan yang korosif dan kurang

ramah lingkungan serta yang paling penting adalah munculnya produk-produk degradasi gula dan lignin seperti furfural, hidroksimetil furfural (HMF), dan senyawa turunan fenol (degradasi lignin) yang dapat menjadi racun bagi proses fermentasi glukosa menjadi bioetanol (Santos *et al.*, 2011)

### **2.6.2. Sakarifikasi atau Hidrolisis Biomassa**

Sakarifikasi merupakan proses pemecahan gula kompleks menjadi gula sederhana. Pada tahap sakarifikasi, selulosa diubah menjadi selobiosa atau sukrosa dan selanjutnya menjadi gula-gula sederhana seperti glukosa melalui proses hidrolisis. Sementara itu hasil hidrolisis komponen hemiselulosa adalah campuran gula-gula sederhana seperti glukosa, galaktosa, xylosa, dan arabinosa (Schacht *et al.*, 2008). Hidrolisis lignoselulosa dapat dilakukan menggunakan larutan asam, larutan basa secara enzimatik, maupun termal, masing-masing dengan kelebihan dan kekurangannya (Pejo *et al.*, 2008).

### **2.6.3. Fermentasi Glukosa Menjadi Bioetanol**

Proses fermentasi glukosa dari selulosa pada prinsipnya sama dengan yang digunakan pada fermentasi glukosa dari pati atau nira yang tersedia secara komersial. Pada proses ini, gula-gula sederhana yang terbentuk difermentasi menjadi etanol dengan bantuan khamir seperti *Saccharomyces cerevisiae* dan bakteri *Zymomonas mobilis*. Fermentasi biasanya dilakukan pada suhu 30°C, pH 5, dan sedikit aerobik. Fermentasi hasil hidrolisis komponen hemiselulosa seperti xilosa menjadi etanol dapat menggunakan khamir *Pichia stipitis* atau *Candida shehatae*. Pada fermentasi xilosa, tiga molekul xilosa menghasilkan lima molekul etanol, lima molekul CO<sub>2</sub>, dan lima molekul air (Marques *et al.*, 2008).

Dalam proses konversi bahan lignoselulosa menjadi bioetanol, dapat dilakukan beberapa integrasi reaksi. Reaksi yang diintegrasikan atau digabungkan antara lain adalah reaksi sakarifikasi atau hidrolisis selulosa menjadi gula sederhana dan reaksi fermentasi gula heksosa menjadi etanol atau yang biasa dikenal dengan proses sakarifikasi dan fermentasi serentak (*simultaneous saccharification and fermentation/SSF*). Reaksi-reaksi lain yang dapat diintegrasikan adalah fermentasi heksosa dan pentosa yang disebut *co-fermentation* (CF), reaksi sakarifikasi, fermentasi heksosa dan pentosa yang disebut *simultaneous saccharification and co-fermentation* (SSCF) serta reaksi SSCF ditambah dengan produksi selulase yang disebut *consolidated bioprocessing* (CBP). Di antara keempat proses integrasi atau gabungan reaksi tersebut, proses SSF adalah yang paling banyak dilakukan (Marques *et al.*, 2008).

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pusat Penelitian Kimia Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (P2K LIPI), Serpong, Tangerang Selatan. Penelitian dilaksanakan selama 3 bulan pada bulan Februari–April 2015.

#### 3.2. Alat dan Bahan Penelitian

##### 3.2.1. Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

- |  |  |
|--|--|
| 1. Autoclave <i>ALabTech</i>                     | 14. Inkubator                            |
| 2. Autoclave <i>Vacuum Drying</i><br>Tipe 2321VD | 15. Micro pipet Socorex dan Eppendorf    |
| 3. Botol Schott 2000 ml                          | 16. <i>Moisture Analyzer</i> OHAUS MB 45 |
| 4. Botol Schott 500 ml                           | 17. <i>Stringe filter</i>                |
| 5. Botol Schott 100 ml                           | 18. Gelas Ukur 1000 ml                   |
| 6. Labu ukur 1000 ml                             | 19. Pipet ukur 10 ml + bulb              |
| 7. Saringan                                      | 20. Aluminium foil                       |
| 8. Oven <i>Heraeus Instruments</i>               | 21. Grinder                              |
| 9. Timbangan digital<br>Sartorius BT 2202 S      | 22. Ayakan 9 mesh                        |
| 10. Neraca Analitik Sartorius BS 224 S           | 23. Ayakan 14 mesh                       |
| 11. HPLC Waters Alliance<br>Tipe e-2695          | 24. pH indikator                         |
| 12. Spektrofotometer                             | 25. Tabung reaksi                        |
| 13. <i>Vortex</i>                                | 26. Spatula                              |
|  | 27. Pinset                               |
|  | 28. Kantong plastik                      |

##### 3.2.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada proses *pretreatment* yaitu :

1. Bagas Sorgum Manis
2. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
3. *Aquadest*

Bahan-bahan untuk analisa :

1.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  72% dan 4%
2.  $\text{CaCO}_3$
3. *Aquadest*
4. DNS (*Dinitrosalisilat*)

### 3.3. Variabel

#### 3.3.1. Variabel Tetap

Variabel tetap merupakan variabel yang tidak berubah selama penelitian berlangsung.

Variabel tetap yang digunakan selama penelitian ini yaitu :

- Suhu Proses : 121°C
- Tekanan : 1 atm

#### 3.3.2. Variabel Berubah

Variabel berubah adalah variabel yang divariasikan selama penelitian berlangsung.

Bertujuan untuk mencari titik optimasi atau titik yang terbaik pada setiap penelitian.

Variabel berubah yang digunakan yaitu :

- Konsentrasi Asam Sulfat : 1% ; 2% ; 3%
- Waktu Proses : 10 menit ; 20 menit ; 30 menit

### 3.4. Rancangan Percobaan

Pada penelitian ini menggunakan analisis pengaruh konsentrasi asam sulfat dan waktu proses. Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang tersusun atas 2 faktor yaitu konsentrasi asam sulfat dan waktu proses yang masing-masing terdiri dari 3 level, faktor tersebut adalah:

Faktor I: konsentrasi asam sulfat volume total 300 ml (M)

$M_1$  : 1% (v/v)

$M_2$  : 2% (v/v)

$M_3$  : 3% (v/v)

Faktor II : waktu proses (T)

$T_1$  : 10 menit

$T_2$  : 20 menit

$T_3$  : 30 menit

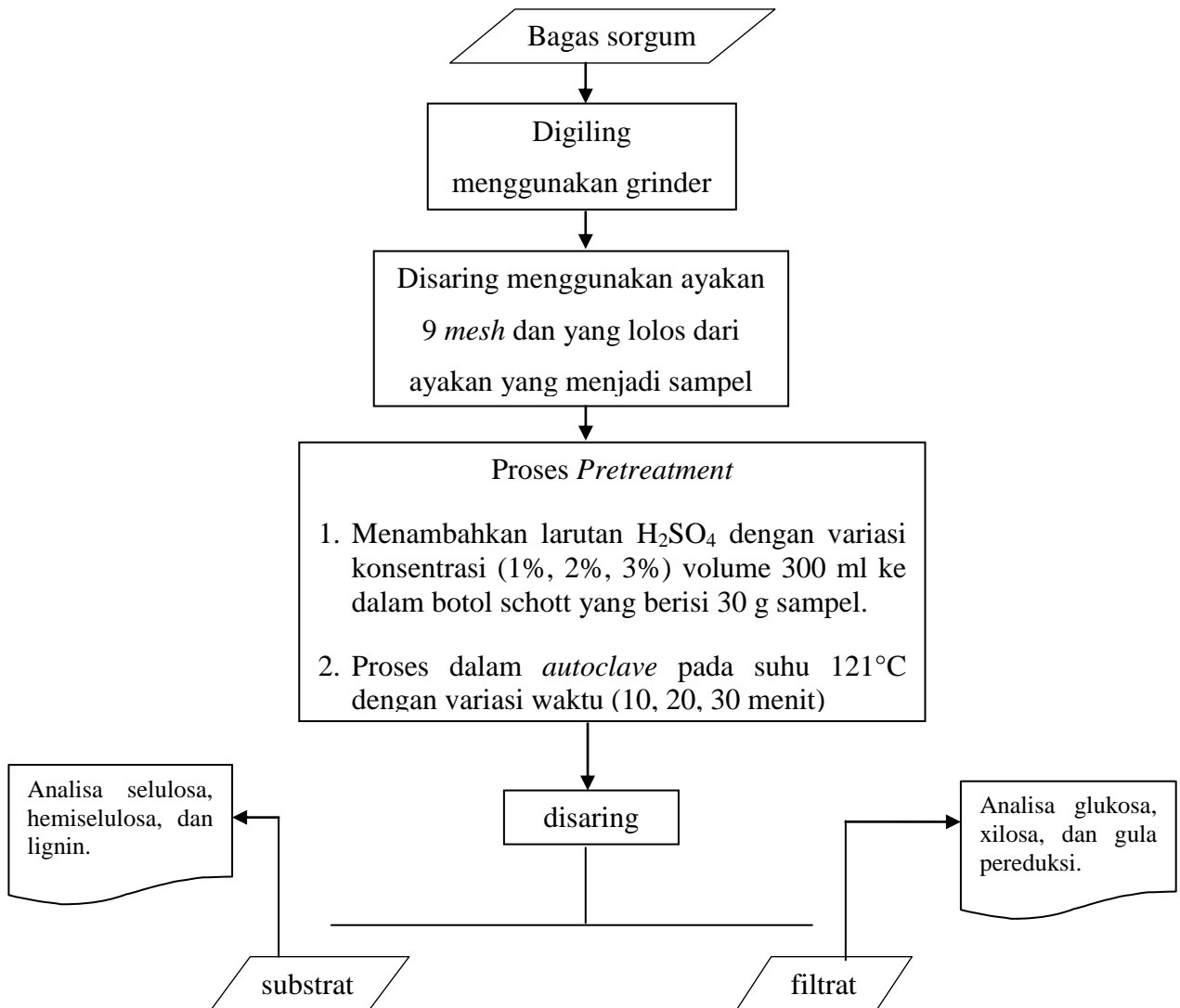
Rancangan percobaan pada penelitian ini secara rinci dapat dilihat pada Tabel 3.1. dibawah ini.

Tabel 3.1. Rancangan Percobaan Proses *Pretreatment*

Konsentrasi $H_2SO_4$ (M)	Waktu (T)		
	T <sub>1</sub> (10 menit)	T <sub>2</sub> (20 menit)	T <sub>3</sub> (30 menit)
M <sub>1</sub> (1%)	M1T1	M1T2	M1T3
M <sub>2</sub> (2%)	M2T1	M2T2	M2T3
M <sub>3</sub> (3%)	M3T1	M3T2	M3T3

### 3.5. Skema Penelitian

Skema penelitian ini dapat dijabarkan dalam diagram proses *pretreatment* bagas sorgum dengan  $H_2SO_4$  sebagai berikut :



Gambar 3.1. Diagram Proses *Pretreatment* Bagas Sorgum dengan  $H_2SO_4$

### 3.6. Prosedur Penelitian

- **Tahap Persiapan**

- a. **Persiapan bahan baku**

Bagas sorgum manis yang diperoleh dari Pasuruan terlebih dahulu digiling dengan menggunakan *grinder*, kemudian hasil dari *grinder* disaring dengan menggunakan ayakan ukuran 9 *mesh*. Hal ini bertujuan untuk memperkecil ukuran partikel dari bagas sorgum, sehingga memudahkan hidrolisis asam sulfat pada proses *pretreatment*. Bagas sorgum yang lolos dari ayakan 9 *mesh* tersebut yang akan digunakan sebagai bahan baku dalam proses *pretreatment*. Bagas sorgum kemudian dikeringkan dalam oven untuk mengurangi kadar air yang terkandung dalam bagas tersebut. Setelah dikeringkan di oven, bagas sorgum tersebut dihitung kadar air nya menggunakan *Moisture Analyzer*.

- b. **Pembuatan larutan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)**

Metode *pretreatment* yang dilakukan pada penelitian ini yaitu menggunakan metode secara kimia dengan menggunakan larutan asam sulfat. Variasi konsentrasi asam sulfat yang dilakukan pada penelitian ini antara lain konsentrasi 1%, 2%, dan 3% dengan volume total 300 ml.

- **Tahap *Pretreatment***

Proses *pretreatment* dengan menggunakan larutan asam sulfat dapat mengkonversi hemiselulosa menjadi xilosa di dalam filtrat dan dapat meningkatkan kadar glukosa yang tinggi pada substrat. Pada penelitian ini, proses *pretreatment* dilakukan secara triplo pada masing-masing konsentrasi larutan asam sulfat, sehingga dalam setiap proses total sampel berjumlah 9 sampel. Berikut ini merupakan tahapan kerja dari proses *pretreatment* dengan menggunakan *Autoclave* :

- Menimbang 30 g bagas sorgum di dalam botol schott 500 ml sebanyak 9 botol.
- Menambahkan larutan asam sulfat ke dalam botol schott 500 ml dengan variasi konsentrasi asam sulfat yaitu 1%, 2%, dan 3%. Masing-masing konsentrasi dilakukan secara triplo.
- Memasukkan 9 botol sampel ke dalam *Autoclave* pada suhu 121°C dan variasi waktu proses yaitu 10, 20, dan 30 menit.

- Setelah selesai proses, sampel diambil dari *Autoclave* dan kemudian dipisahkan antara substrat dan filtrat dengan menggunakan saringan.
- Filtrat kemudian ditampung dalam botol dan disimpan dalam ruang pendingin sebelum dilakukan analisa, sedangkan padatan dicuci sampai pH netral dan kemudian dikeringkan dalam oven.

### 3.7. Metode Analisa

Pada penelitian ini, hasil proses pretreatment terdiri dari 2 jenis yaitu filtrat dan substrat. Uji sampel filtrat dilakukan melalui 2 metode analisa yaitu dengan analisa HPLC dan analisa DNS. Sedangkan uji sampel substrat dilakukan dengan analisa HPLC dan analisa menggunakan Spektrofotometer. Analisa dengan menggunakan HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*) dilakukan untuk mengetahui komponen-komponen gula yang terkandung seperti glukosa dan xilosa. Analisa dengan DNS (*Dinitrosalisilat*) dilakukan untuk mengetahui kandungan gula pereduksi, sedangkan Spektrofotometer untuk mengukur nilai absorbansi pada sampel agar dapat mengetahui kandungan lignin.

#### 3.7.1. Analisa HPLC

HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*) merupakan salah satu teknik kromatografi untuk zat cair yang biasanya disertai dengan tekanan tinggi seperti teknik kromatografi pada umumnya. Prinsip kerja HPLC sebenarnya tidak berbeda dengan prinsip-prinsip kromatografi yang lain, yaitu pemisahan komponen-komponen sampel dengan cara melewatkan sampel pada suatu kolom yang selanjutnya dilakukan pengukuran kadar masing-masing komponen-komponen tersebut dengan suatu detektor. Kerja detektor bermacam-macam, tetapi pada dasarnya membandingkan respon dari komponen sampel dengan respon dari larutan standar. Dengan kata lain, penentuan kadar pada dasarnya adalah membandingkan respon sampel dengan respon standar.

Prinsip dasar dari HPLC adalah memisahkan setiap komponen dalam sampel untuk selanjutnya diidentifikasi (kualitatif) dan dihitung berapa konsentrasi dari masing-masing komponen tersebut (kuantitatif). Sebetulnya hanya ada dua hal utama yang menjadi krusial point dalam metode HPLC. Yang pertama adalah proses separasi/pemisahan dan yang kedua adalah proses identifikasi. Dua hal ini mejadi faktor yang sangat penting dalam keberhasilan proses analisa.

Hasil analisa HPLC diperoleh dalam bentuk sinyal kromatogram. Dalam kromatogram akan terdapat peak-peak yang menggambarkan banyaknya komponen dalam sampel. Pada sampel hasil *pretreatment* akan diperoleh data *peak* berupa glukosa dan xilosa yang terbentuk. Berikut ini merupakan tahapan proses dalam analisa HPLC :

- Melakukan penetralan pada masing-masing sampel hasil *pretreatment* pada tabung reaksi dengan menambahkan  $\text{CaCO}_3$ , diaduk menggunakan *vortex* sampai pH netral.
- Melakukan pengenceran pada masing-masing sampel pada tabung reaksi. Pengenceran dilakukan sebesar 5 kali yaitu dengan menambahkan 2,4 ml aquadest, dan kemudian menambahkan 0,6 ml sampel filtrat.
- Memasukkan sampel filtrat yang telah diencerkan ke dalam *vial* dan kemudian dilakukan analisa dengan HPLC.

### 3.7.2. Analisa dengan DNS

Sebelum dilakukan analisa kadar gula pereduksi dengan DNS, terlebih dahulu dibuat kurva standar glukosa. Kurva standar glukosa menyatakan hubungan antara konsentrasi glukosa dengan kerapatan optik (panjang gelombang 520 nm). Kurva ini dibuat untuk menentukan nilai konsentrasi larutan glukosa dengan pengukuran transmisi cahaya menggunakan Spektrofotometer dengan metode DNS.

Pembuatan kurva standar glukosa dimulai dengan menimbang glukosa murni sebanyak 250 mg dan dilarutkan dalam 25 ml aquades kemudian dikocok hingga homogen. Selanjutnya ditambahkan 1 ml larutan induk glukosa ke dalam 7 tabung reaksi yang telah berisi aquadest yang masing-masing berisi 21 ml, 15 ml, 10 ml, 8 ml, 7 ml, 6 ml, dan 5 ml aquadest. Untuk larutan blanko digunakan aquades sebanyak 1 ml dengan perlakuan yang sama pada persiapan larutan standar glukosa.

Selanjutnya masing-masing larutan tersebut diukur menggunakan Spektrofotometer pada panjang gelombang 520 nm. Nilai absorbansi dari kadar glukosa standar dibuat dengan grafik linier, kemudian diperoleh persamaan yang akan digunakan dalam penentuan kadar gula pereduksi dari tiap sampel.

Pada Analisa DNS, konsentrasi gula yang diperoleh merupakan konsentrasi gula reduksi total dimana nilai tersebut merupakan gabungan dari monosakarida dan disakarida pada masing-masing sampel.

Berikut ini merupakan tahapan proses kerja dari analisa DNS :

- Membuat reagent A yaitu dengan melarutkan 1 g DNS ke dalam 20 ml NaOH 2 M
- Membuat reagent B yaitu dengan melarutkan 30 gr *Rochelle Salt* ke dalam 50 ml aquadest sambil dilakukan pemanasan sampai larut.
- Menambahkan reagent A ke reagent B, aduk dengan pemanasan sampai larut kemudian didinginkan.
- Menambahkan aquadest sampai volume total 100 ml.
- Melarutkan 0,5 ml sampel filtrat ke dalam 1 ml DNS (reagent A + reagent B).
- Memanaskan larutan tersebut selama 5 menit. Selanjutnya dinginkan dengan es hingga suhu mencapai  $\pm 25^{\circ}\text{C}$ .
- Menambahkan 3,75 ml aquadest ke dalam larutan kemudian diaduk hingga homogen menggunakan vortex.
- Memasukkan larutan ke dalam *cuvete* pada Spektrofotometer
- Mengukur nilai absorbansi masing-masing sampel dengan  $\lambda = 520 \text{ nm}$
- Konsentrasi gula masing-masing sampel diperoleh dengan mengkonversi ke dalam persamaan kurva standar glukosa

### 3.7.3. Analisa Komponen Substrat

Hasil *pretreatment* yang berupa substrat juga dianalisa kandungannya dengan menggunakan HPLC, Spektrofotometer, dan Tanur. Analisa menggunakan HPLC untuk mengetahui kandungan glukosa dan xilosa dalam substrat, sedangkan Spektrofotometer dan Tanur digunakan untuk mengetahui kandungan lignin pada substrat. Berikut ini merupakan tahapan proses analisa komponen :

- Menghitung kadar air substrat hasil *pretreatment* bagas sorgum dengan asam sulfat pada *Moisture Analyzer*
- Menimbang 0,3 gr sampel substrat ke dalam tabung reaksi
- Menambahkan larutan asam sulfat dengan konsentrasi 72% sebanyak 3 ml ke dalam tabung reaksi
- Mengaduk sampel hingga homogen dengan menggunakan *vortex*
- Memanaskan sampel dalam tabung reaksi dengan menggunakan inkubator pada suhu  $30^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam. Setiap 10 menit sampel tersebut diaduk pada *vortex*

- Memasukkan sampel ke dalam botol schott 100 ml yang berisi 42 ml aquadest, kemudian ditambahkan aquadest sebanyak 42 ml
- Memasukkan sampel ke dalam *Autoclave* pada suhu 121°C selama 2 jam
- Mendinginkan sampel dan kemudian disaring dengan menggunakan *filter paper* dan pompa vakum. Substrat akan tersaring pada *filter paper* dan filtrat ditampung dan dimasukkan dalam tabung reaksi
- Mengeringkan substrat pada *filter paper* dan ditimbang, selanjutnya dimasukkan ke dalam cawan porselen dan diabukan dalam tanur.
- Melakukan penetralan pada sebagian filtrat yang tertampung dan selanjutnya memasukkan ke dalam *vial* untuk dilakukan analisa pada HPLC.
- Mengambil 0,3 ml filtrat dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi
- Menambahkan 2,7 ml asam sulfat konsentrasi 4% ke dalam tabung reaksi
- Memasukkan larutan ke dalam *cuvete* pada Spektrofometer, blanko yang digunakan yaitu larutan asam sulfat konsentrasi 4%
- Mengukur nilai absorbansi masing-masing sampel dengan  $\lambda = 205 \text{ nm}$

### 3.8. Pengoperasian Alat Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini digunakan beberapa alat yang ada di laboratorium seperti *Moisture Analyzer*, Spektrofotometer, HPLC, dan *Autoclave*. Gambar alat-alat yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada lampiran A. Berikut beberapa cara mengoperasikan peralatan tersebut beserta tipe alatnya :

- ***Autoclave* ALabTech**

Didalam percobaan ini, alat yang digunakan dalam proses *pretreatment* yaitu *Autoclave*. *Autoclave* yang digunakan yaitu **ALabTech** dimana proses *pretreatment* pada alat ini berlangsung pada temperatur 121<sup>0</sup>C dan variasi waktu proses yaitu 10 menit, 20 menit, dan 30 menit.

Cara mengoperasikan ***Autoclave* ALabTech**, yaitu :

- Masukkan botol sampel ke dalam *Autoclave*
- Memastikan air pada bagian bawah alat terisi sesuai batasnya
- Menutup bagian penutup *Autoclave* dengan memutar ke arah kanan
- Menyalakan *Autoclave* dengan menekan tombol *ON* pada bagian kiri alat
- Melakukan pengaturan suhu dan waktu proses pada tombol pilihan yang tersedia

- Menutup *pressure valve* pada bagian depan alat ke arah kanan
- Menekan tombol *START*, sehingga proses *pretreatment* berlangsung

- **Moisture Analyzer**

*Moisture Analyzer* berfungsi untuk menghitung kadar air pada sampel yang akan digunakan. Alat ini beroperasi pada suhu 105<sup>0</sup>C selama 10 menit. Berikut adalah cara mengoperasikan alat **Moisture Analyzer OHAUS Tipe MB 45** :

- Menyalakan *Moisture Analyzer* dengan menekan tombol *ON* pada alat
- Menekan tombol *TARE* pada alat
- Memasukkan sampel yang akan diuji kadar airnya pada piring aluminium pada alat
- Menekan tombol *START*
- Menunggu selama 10 menit proses berlangsung, sehingga diperoleh nilai % moisture pada sampel dimana data akan tampak pada layar alat.

- **HPLC**

Dengan HPLC, komponen yang terdapat dalam sampel dapat terbaca secara rinci melalui tinggi *peak*. Sebelum menguji sampel pada HPLC, terlebih dahulu dibuat pengencerannya. Sebanyak 2,4 ml aquadest dan 0,6 ml sampel dihitung masing-masing beratnya (berat *aquadest* dan berat total). Kemudian di *syring filter* dan dimasukkan ke dalam vial untuk selanjutnya dianalisa menggunakan HPLC. Pada percobaan ini, HPLC yang digunakan yaitu **Waters Alliance Tipe e-2695**. Hasil analisa HPLC diperoleh dalam bentuk sinyal kromatogram. Dalam kromatogram akan terdapat peak-peak yang menggambarkan banyaknya komponen dalam sampel. Pada sampel hasil *pretreatment* akan diperoleh data *peak* berupa glukosa dan xilosa yang terbentuk.

- **Spektrofotometer**

Pada percobaan ini, Spektrofotometer digunakan untuk menguji nilai absorbansi pada sampel Analisa DNS. Cara mengoperasikan Spektrofotometer yaitu :

- Menyalakan alat dengan menekan tombol *POWER* pada bagian belakang alat
- Menunggu hingga keterangan alat berfungsi dengan baik
- Memilih menu sesuai yang dibutuhkan
- Mengatur panjang gelombang menjadi 520 nm dengan jumlah *cell* yang dibutuhkan
- Menekan tombol *ESC* untuk menampilkan kolom nilai absorbansi

- Memasukkan sampel ke dalam *cuvete* sesuai dengan jumlah sampel yang akan diuji (maksimal 7 *cuvete*)
- Menutup Spektrofotometer dan menekan tombol F2 (*measure*), sehingga nilai absorbansi akan tampil pada layar

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Komposisi Kimia Bagas Sorgum Manis

Komposisi kimia bagas sorgum sebelum dilakukan *pretreatment* diperoleh dari hasil analisa komponen dengan menggunakan HPLC. Komposisi bagas sorgum dapat dilihat pada Tabel 4.1. dibawah ini.

Tabel 4.1. Komposisi Kimia Bagas Sorgum

Komponen	Komposisi (%)
Selulosa	34,05
Hemiselulosa	14,72
Lignin	21,08
Abu	4,63

Komposisi kimia bagas sorgum yang diperoleh dari analisa komponen tersebut memiliki perbedaan dengan komposisi bagas sorgum pada penelitian terdahulu. Komposisi kimia tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Komposisi Kimia Bagas Sorgum Choudhary

Komponen	Komposisi (%)
Selulosa	38,15
Hemiselulosa	20,28
Lignin	16,87

Sumber: Choudhary *et al.*, 2005

Jenis bagas sorgum pada penelitian ini adalah bagas sorgum manis, begitu juga dengan penelitian terdahulu dari Choudhary *et al.*, 2005. Tetapi komposisi dari bagas sorgum tersebut memiliki perbedaan, dikarenakan perbedaan asal penanaman. Bagas sorgum yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Pasuruan, Jawa Timur sedangkan bagas sorgum dari Choudhary berasal dari Pakistan. Dengan perbedaan asal daerah, berbeda pula metode penanaman dan faktor alam pada masing-masing daerah. Hal ini yang mengakibatkan perbedaan komposisi pada masing-masing bagas sorgum.

#### 4.2. Rendemen Hasil *Pretreatment*

Rendemen hasil *pretreatment* bagas sorgum dengan larutan  $H_2SO_4$  dapat dilihat pada Tabel dibawah ini dengan masing-masing variasi waktu proses dan variasi konsentrasi dengan perlakuan triplo. Rincian hasil perhitungan rendemen dapat dilihat pada lampiran B.

- Waktu proses 10 menit

Tabel 4.3. Rata-rata Rendemen Waktu Proses 10 menit

<b>Konsentrasi <math>H_2SO_4</math> (%)</b>	<b>Rendemen (%)</b>
1	48,92
2	45,90
3	44,26

- Waktu proses 20 menit

Tabel 4.4. Rata-rata Rendemen Waktu Proses 20 menit

<b>Konsentrasi <math>H_2SO_4</math> (%)</b>	<b>Rendemen (%)</b>
1	41,28
2	40,95
3	33,93

- Waktu proses 30 menit

Tabel 4.5. Rata-rata Rendemen Waktu Proses 30 menit

<b>Konsentrasi <math>H_2SO_4</math>(%)</b>	<b>Rendemen (%)</b>
1	42,52
2	37,57
3	37,46

Berdasarkan data rendemen di atas dapat diketahui bahwa rendemen yang dihasilkan dari *pretreatment* masih cukup sedikit, bahkan tidak mencapai 50% dari berat awal. Hal ini disebabkan karena ada sebagian komponen yang terlarut di dalam filtrat dan ada sampel yang terbangun atau ikut terbawa air pada saat pencucian dan penyaringan hasil *pretreatment*.

### 4.3. Hasil *Pretreatment* Bagas Sorgum

Hasil dari *pretreatment* ini berupa filtrat dan substrat. Keduanya dapat dimanfaatkan untuk produksi bioetanol. Filtrat hasil *pretreatment* mengandung glukosa, xilosa, dan gula disakarida lainnya. Sedangkan substrat mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin.

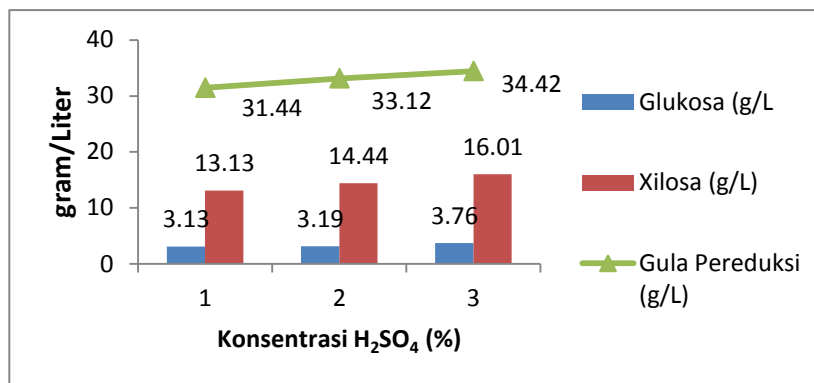
#### 4.3.1. Hubungan antara konsentrasi $H_2SO_4$ dan waktu proses terhadap hasil glukosa, xilosa, dan gula pereduksi pada filtrate

Hubungan antara konsentrasi  $H_2SO_4$  dan waktu proses terhadap hasil glukosa, xilosa, dan gula pereduksi pada filtrat dapat dilihat pada Tabel dibawah ini dengan masing-masing variasi waktu proses dan variasi konsentrasi dengan perlakuan triplo. Hasil perhitungan hubungan dapat dilihat pada lampiran B Tabel 2 – 4.

- Waktu proses 10 menit

Tabel 4.6. Hasil *Pretreatment* Pada Filtrat Waktu Proses 10 menit

Waktu proses (menit)	Konsentrasi $H_2SO_4$ (%)	Glukosa (g/300mL)	Xilosa (g/300mL)	Gula Pereduksi (g/300mL)
10	1	0,9377	3,9390	9,4328
	2	0,9564	4,3322	9,9355
	3	1,1277	4,8020	10,3273

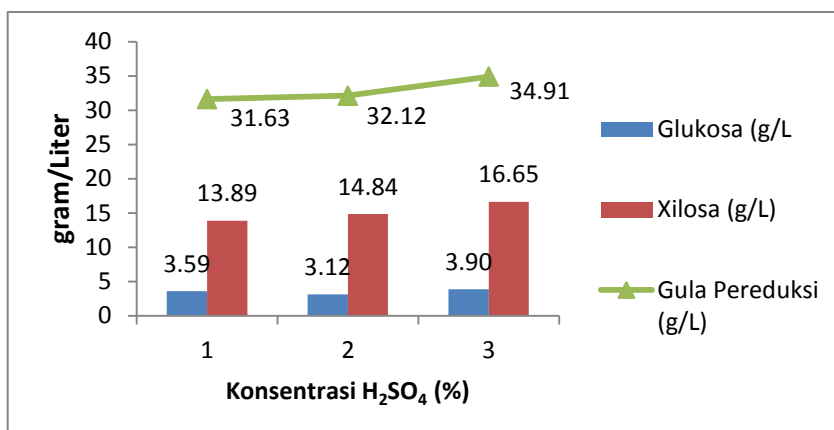


Gambar 4.1. Hubungan Glukosa, Xilosa dan Gula Pereduksi Pada Waktu 10 menit

- Waktu proses 20 menit

Tabel 4.7. Hasil *Pretreatment* Pada Filtrat Waktu Proses 20 menit

Waktu proses (menit)	Konsentrasi $H_2SO_4$ (%)	Glukosa (g/300mL)	Xilosa (g/300mL)	Gula Pereduksi (g/300mL)
20	1	1,0772	4,1657	9,4878
	2	0,9359	4,4505	9,635
	3	1,1687	4,9951	10,473

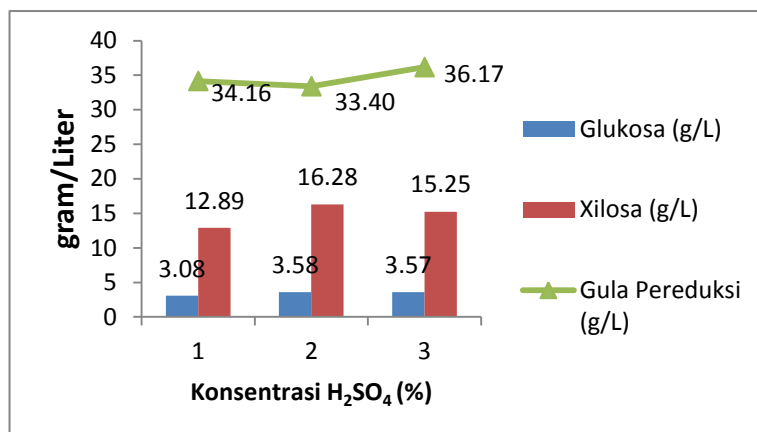


Gambar 4.2. Hubungan Glukosa, Xilosa dan Gula Pereduksi Pada Waktu 20 menit

- Waktu proses 30 menit

Tabel 4.8. Hasil *Pretreatment* Pada Filtrat Waktu Proses 30 menit

Waktu proses (menit)	Konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (%)	Glukosa (g/300mL)	Xilosa (g/300mL)	Gula Pereduksi (g/300mL)
30	1	0,9233	3,8679	10,2473
	2	1,0748	4,8832	10,0189
	3	1,0716	4,5736	10,8507



Gambar 4.3. Hubungan glukosa, xilosa dan gula pereduksi pada waktu 30 menit

Berdasarkan data dan grafik hasil *pretreatment* di atas dengan berbagai variasi waktu dan konsentrasi larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dapat diketahui pengaruh dari konsentrasi larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan waktu proses terhadap hasil *pretreatment*. Pada kandungan glukosa dan xilosa terjadi peningkatan pada setiap peningkatan konsentrasi larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Semakin besar konsentrasi yang digunakan akan menghasilkan kadar glukosa dan xilosa yang tinggi. Peningkatan konsentrasi akan mempercepat proses hidrolisis yang berperan dalam pemutusan ikatan lignin dan hemiselulosa. Selain itu,

peningkatan konsentrasi juga dapat meningkatkan laju reaksi hidrolisis. Adanya peningkatan laju reaksi yang dipengaruhi oleh konsentrasi yang tinggi inilah yang menghasilkan glukosa dan xilosa yang lebih banyak (Brandbeg, Thomas *et al.*, 2005).

Namun terdapat beberapa hasil yang menunjukkan adanya penurunan perolehan glukosa. Penurunan tersebut kemungkinan disebabkan karena glukosa yang terbentuk belum sepenuhnya terdegradasi dan masih menjadi gula lainnya yang terkandung dalam gula pereduksi.

Peningkatan konsentrasi  $H_2SO_4$  juga dapat meningkatkan kandungan gula pereduksi. Gula pereduksi merupakan total gula yang ada dalam bagas seperti glukosa, xilosa, dan gula disakarida lainnya. Hal ini sesuai dengan teori dan hasil penelitian yang dilakukan oleh Saha dkk, (2005), dimana semakin besar konsentrasi asam sulfat maka ion  $H^+$  juga semakin banyak yang dapat memperbanyak kemungkinan terbentuknya gula pereduksi. (Akbarningrum dkk, 2008)

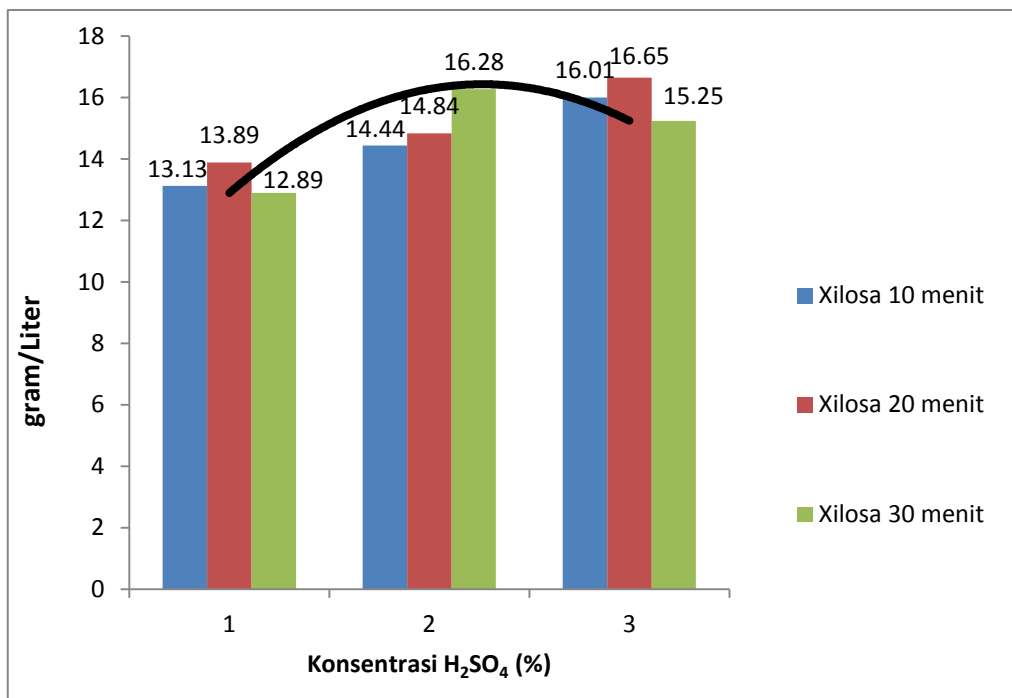
Pengaruh waktu proses juga dapat diketahui dari data di atas. Semakin lama waktu proses, pemutusan ikatan selulosa dari bagas akan lebih banyak. Pada saat proses *pretreatment* berlangsung terjadi reaksi pemecahan selulosa dan hemiselulosa menjadi glukosa dan xilosa. Semakin lama waktu proses maka reaksi akan semakin sering terjadi, sehingga glukosa dan xilosa yang diperoleh akan semakin banyak seiring lamanya waktu proses. (Angraeni dkk, 2013)

Angraeni dkk, (2013) juga mengatakan bahwa pengaruh waktu proses terhadap kecepatan hidrolisa karbohidrat akan mengikuti persamaan Arrhenius yaitu semakin tinggi waktunya akan diperoleh konversi yang cukup berarti, tetapi jika waktu terlalu lama konversi yang diperoleh akan menurun. Hal ini karena adanya glukosa yang pecah menjadi arang yang ditunjukkan dengan semakin tuanya warna hasil dan inilah yang menyebabkan kualitas gula (xilosa) yang didapat menjadi kurang dan jumlah yang diperoleh tidak stabil. Gambar hasil *pretreatment* dapat dilihat pada lampiran C.

Berdasarkan data diatas dapat diketahui semakin lama waktu proses maka kadar glukosa dan xilosa semakin meningkat. Namun terdapat beberapa hasil yang menunjukkan adanya penurunan perolehan glukosa dan xilosa. Penurunan tersebut disebabkan tidak homogennya bagas dengan larutan  $H_2SO_4$ , sehingga luas permukaan kontak antara bagas dengan larutan  $H_2SO_4$  tidak optimal (Orchidea *et al.*). Pernyataan tersebut didukung dengan adanya bagas yang terapung dan tidak tercampur dengan larutan  $H_2SO_4$  di akhir proses.

Dari beberapa variasi waktu pada *pretreatment* dapat diperoleh kadar glukosa, xilosa dan gula pereduksi yang tertinggi. Kadar glukosa tertinggi yaitu sebesar 3,9 g/L dan kadar xilosa tertinggi yaitu 16,65 g/L pada konsentrasi 3% dan waktu 20 menit. Sedangkan gula pereduksi tertinggi yaitu 36,17 g/L pada konsentrasi 3% dan waktu 30 menit.

*Pretreatment* dengan menggunakan  $H_2SO_4$  memiliki kelebihan yaitu dapat mengkonversi hemiselulosa menjadi xilosa, sehingga kadar xilosa yang diperoleh lebih tinggi daripada gula yang lain. Peningkatan konsentrasi  $H_2SO_4$  dan waktu proses juga berpengaruh pada peningkatan kadar xilosa, tetapi pada kondisi tertentu kadar xilosa mengalami penurunan. Hal ini berhubungan dengan Persamaan Arrhenius dimana laju reaksi yang sudah melewati titik optimum akan mengalami penurunan laju reaksi. Hubungan antara xilosa dengan waktu proses dan konsentrasi  $H_2SO_4$  dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 4.4. Hubungan Xilosa dengan waktu proses dan konsentrasi  $H_2SO_4$

#### 4.3.2. Hubungan antara konsentrasi $H_2SO_4$ dan waktu proses terhadap hasil selulosa dan hemiselulosa pada hasil substrat

Hubungan antara konsentrasi  $H_2SO_4$  dan waktu proses terhadap hasil selulosa dan hemiselulosa pada hasil substrat dapat dilihat pada Tabel 4.9. Perhitungan hubungan konsentrasi dan waktu proses terhadap hasil substrat dapat dilihat pada lampiran B.

Tabel 4.9. Hasil *Pretreatment* Selulosa dan Hemiselulosa Pada Substrat

Waktu (menit)	Konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> %	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)
10	1	54,64	7,98
	2	55,15	6,51
	3	64,06	5,75
20	1	54,81	7,28
	2	63,28	5,64
	3	58,67	4,14
30	1	52,20	6,58
	2	41,07	3,9
	3	57,27	4,56

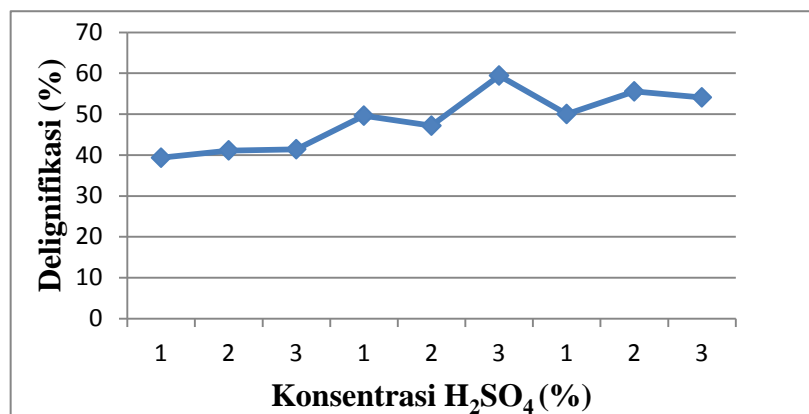
Berdasarkan data di atas dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan selulosa dari sebelum dilakukan *pretreatment*. Peningkatan kandungan selulosa mencapai 85% dari kandungan selulosa sebelum *pretreatment* yaitu sebesar 34,05% menjadi 63,28% pada konsentrasi 2% dan waktu proses 20 menit. Hal ini membuktikan tujuan dari *pretreatment* yaitu untuk meningkatkan kandungan selulosa dan dapat menghasilkan *yield* yang tinggi pada proses selanjutnya dalam produksi bioetanol.

Sedangkan pada hemiselulosa terjadi penurunan dari sebelum dilakukan *pretreatment*. Kandungan hemiselulosa sebelum dilakukan *pretreatment* sebesar 14,72% dan mengalami penurunan hingga 3,9% pada kondisi yang lebih parah. Hal ini disebabkan karena larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dapat mengkonversi hemiselulosa menjadi xilosa dan terlarut di dalam filtrat. Sehingga kandungan hemiselulosa hasil *pretreatment* menurun sedangkan xilosa meningkat.

Hasil dari *pretreatment* pada substrat juga mengandung lignin. Kadar lignin setelah *pretreatment* dapat dilihat pada tabel 4.10. Perhitungan kandungan lignin hasil *pretreatment* dapat dilihat pada lampiran B.

Tabel 4.10. Kandungan Lignin Hasil *Pretreatment* Pada Substrat

Waktu (menit)	Konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (%)	Kadar Lignin (g)	Kadar lignin awal (g)	Delignifikasi (%)
10	1	4,00	5,87	39,32
	2	3,92		41,12
	3	3,90		41,41
20	1	3,51		49,61
	2	3,63		47,16
	3	3,05		59,43
30	1	3,50		50,02
	2	3,23		55,55
	3	3,30		54,08



Gambar 4.5. Delignifikasi hasil *pretreatment*

Berdasarkan data dan grafik diatas dapat diketahui bahwa penambahan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> akan memperbesar kadar lignin terurai yang berarti memperkecil lignin terkandung di dalam sampel. Jadi penurunan kadar lignin berbanding lurus dengan peningkatan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

#### 4.4. Keseimbangan Massa

Keseimbangan massa bahan baku sebelum *pretreatment* terhadap hasil *pretreatment* (filtrat + substrat). Berat bagas sorgum sebelum *pretreatment* yaitu sebesar 30 gram. Total kandungan komposisi bagas sorgum yaitu sebesar 20,74 gram, dan sisanya adalah zat ekstraktif. Berat komposisi bagas sorgum dapat dilihat pada Tabel 4.11. Perhitungan keseimbangan massa dapat dilihat pada lampiran B Tabel 5.

Tabel 4.11. Berat Komposisi Bagas Sorgum Sebelum *Pretreatment*

selulosa (gr)	hemiselulosa (gr)	lignin (gr)	abu (gr)
9,48	4,10	5,87	1,29

Tabel 4.12. Perbandingan Berat Selulosa Sebelum dan Sesudah *Pretreatment*

Waktu (menit)	Konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> %	Sesudah <i>Pretreatment</i>			Sebelum <i>Pretreatment</i>	% kehilangan selulosa
		Selulosa		Total Selulosa (gr)	Bahan Baku	
		Filtrat	Padatan		Selulosa (gr)	
10	1	0,84	7,56	8,40	9,48	11,35
	2	0,86	7,08	7,94		16,23
	3	1,01	7,71	8,73		7,93
20	1	0,97	6,36	7,33		22,64
	2	0,84	6,85	7,70		18,82
	3	1,05	5,93	6,98		26,37
30	1	0,83	6,19	7,02		25,91
	2	0,97	4,33	5,30		44,10
	3	0,96	6,08	7,05		25,64

Pada tabel di atas Perbandingan antara berat selulosa sebelum dan sesudah *pretreatment* dapat dilihat bahwa berat selulosa sesudah dilakukan *pretreatment* menurun. Hal ini dikarenakan saat dilakukan penetralan (pencucian & penyaringan) pada proses *pretreatment* ada sebagian bagas sorgum yang ikut hilang pada saat penetralan tersebut. Itulah yang menyebabkan total selulosa sesudah *pretreatment* berkurang.

Tabel 4.13. Perbandingan Berat Hemiselulosa Sebelum dan Sesudah *Pretreatment*

Waktu (menit)	Konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> %	Sesudah <i>Pretreatment</i>			Sebelum <i>Pretreatment</i>	% Penambahan hemiselulosa
		Hemiselulosa		Total Hemiselulosa (gr)	Bahan Baku	
		Filtrat	Padatan		Hemiselulosa (gr)	
10	1	3,50	1,11	4,60	4,10	12,23
	2	3,81	0,82	4,63		12,92
	3	4,23	0,71	4,94		20,47
20	1	3,67	0,84	4,50		9,88
	2	3,92	0,65	4,56		11,27
	3	4,40	0,39	4,78		16,70
30	1	3,75	0,78	4,53		10,49
	2	4,30	0,41	4,71		14,76
	3	4,02	0,48	4,51		9,96

Tabel di atas merupakan tabel perbandingan antara berat hemiselulosa sebelum dan sesudah *pretreatment*, dan dapat dilihat bahwa berat hemiselulosa sesudah dilakukan *pretreatment* meningkat daripada sebelum *pretreatment*. Tetapi peningkatan berat hemiselulosa tidak terlalu signifikan dan dapat diasumsikan sama dengan berat awal hemiselulosa.

Tabel 4.14. Perbandingan Berat Lignin Sebelum dan Sesudah *Pretreatment*

Waktu (menit)	Konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> %	Sesudah <i>Pretreatment</i>			Sebelum <i>Pretreatment</i>	% kehilangan lignin
		Lignin		Total lignin (gr)	Bahan Baku	
		Filtrat	Padatan		Lignin (gr)	
10	1		4,00	4,00	5,87	31,89
	2		3,92	3,92		33,26
	3		3,90	3,90		33,49
20	1		3,28	3,28		44,15
	2		3,61	3,61		38,56
	3		3,05	3,05		48,06
30	1		3,50	3,50		40,45
	2		3,30	3,30		43,70
	3		3,30	3,30		43,74

Tujuan dilakukannya *pretreatment* adalah untuk menurunkan kadar lignin dalam sampel, dan hal ini terbukti dari hasil berat lignin yang menurun setelah dilakukan *pretreatment*. Apabila tanpa adanya *pretreatment* lignin dapat menjadi inhibitor pada saat fermentasi untuk produksi bioetanol, sehingga dengan *pretreatment* lignin menjadi berkurang dan lebih efisien dalam proses selanjutnya. Pengurangan lignin tersebut diakibatkan karena lignin pada substrat larut dengan filtrat pada saat proses *pretreatment*, sehingga terjadi delignifikasi pada substrat sedangkan lignin yang terdelignifikasi akan larut di dalam filtrat.

Berdasarkan hasil proses *pretreatment* dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> diperoleh kandungan glukosa dan xilosa pada filtrat serta kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin pada substrat. Untuk produksi bioetanol generasi kedua dari bagas sorgum dapat memanfaatkan xilosa yang terdapat dalam filtrat dan selulosa serta hemiselulosa dalam substrat.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Konsentrasi  $H_2SO_4$  sangat mempengaruhi hasil *pretreatment* yaitu semakin tinggi konsentrasi  $H_2SO_4$  yang digunakan semakin tinggi hasil gula (xilosa) yang diperoleh. Tetapi jika waktu *pretreatment* sudah melewati waktu optimum maka kualitas dan jumlah gula (xilosa) yang didapat tidak stabil.
2. Kadar xilosa tertinggi sebesar 16,65 g/L pada filtrat hasil *pretreatment* didapat pada konsentrasi  $H_2SO_4$  3% dan waktu proses 20 menit.
3. *Pretreatment* dengan  $H_2SO_4$  dapat mendegradasi lignin sebesar 59,43% yaitu dari 5,87 g menjadi 3,05 g pada konsentrasi  $H_2SO_4$  3% dan waktu proses 20 menit.

#### 5.2. Saran

Pada saat proses pencucian atau penyaringan filtrat dan substrat hasil *pretreatment* harus dilakukan dengan baik dan menggunakan saringan yang baik juga, agar dapat meningkatkan rendemen dari proses *pretreatment*. Penelitian lebih lanjut agar dilakukan kajian mengenai variabel suhu proses dan tekanan pada proses *pretreatment* menggunakan larutan asam sulfat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Angraeni Putri, Zaqiyah, Addarajah, Didi Dwi Anggoro. 2013. *Hidrolisi Selulosa. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*
- Brandberg, Tomas, Nima Sanandaji, Lena Gustafsson, Carl Johan Franzen. 2005. *Fermentation of Undetoxified Dilute Acid Lignocellulose Hydrolysate for Fuel Ethanol Production.*
- Hoeman. 2007. *Peluang dan Potensi Pengembangan Sorgum.* Makalah pada Workshop Peluang dan Tantangan Sorgum sebagai Bahan Baku Bioetanol. Dirjen Perkebunan, Departemen Pertanian. Jakarta.
- Ibrahim. 1998. *Clean Fractionation of Biomass.* Steam Explosion and Extraction, Faculty of The Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Marques, S., Alves, L., Roseiro, J. C., & GA-rio, F. M. 2008. Conversion of recycle paper sludge to ethanol by shf and ssf using pichia stipitis. *Biomass and Bioenergy*, 32, 400-406
- Moesir, Wyman C, Dale B, Elander R, Lee Y, Holtzapple M, Ladisch M. 2005. *Features of promising Technologies for Pretreatment of Lignocellulosic Biomass, Bioresource Technology*, 96:673-686.
- Narayanaswamy, N., Faik, A., Goetz, D. J., & Gu, T. 2011. Supercritical carbon dioxide pretreatment of corn stover and switchgrass for lignocellulosic ethanol production. *Bioresource Technology*, 102, 6995-7000.
- Oswaldo Z.S, Panca Putra S, M.Faizal. 2012. *Pengaruh Konsentrasi Asam dan Waktu pada Proses Hidrolisis dan Fermentasi Pembuatan Bioetanol dari Alang-Alang.* Jurnal Teknik Kimia No.2 Vol 18.
- Pabendon, Marcia B, Rosalia S.Sarunggalo, S.Mas'ud. 2012. *Pemanfaatan Nira Batang, Bagas dan Biji Sorgum Manis sebagai Bahan Baku Bioetanol.* Jurnal Penelitian Tanaman Pangan 31(3): 180-183.
- Pabendon, Marcia B, Rosalia S.Sarunggalo, S.Mas'ud. 2013. *Prospek Sorgum Manis sebagai Bahan Baku Bioetanol.* Jurnal Penelitian Tanaman Pangan 31(2):19.
- Pejo, E. T., Oliva, J. M., & Ballesteros, M. 2008. Realistic approach for full scale bioethanol production from lignocellulose : A review. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 67, 874-884
- Perez, Munoz-Dorado, de la Rubia, Martinez J. 2002. *Biodegradation and Biological Treatments of Cellulose, Hemicellulose and Lignin: An Aview, Int. Microbiol* (5): 53-63.
- Ramadhani, Fitra. Lolie Agustina Putri, Hasmawi Hasyim. 2013. *Evaluasi Karakteristik Beberapa Varietas Kedelai Hasil Mutasi Kolkisin.* Jurnal Online Agrokoteknologi Vol 1:3

- Reddy, S Ramesh, P Sanjana, B Ramaiah, PM Salimath, Rajashekar Kachapur. 2003. *Sweet Sorghum: characteristic and potensial*. International Sorghum and Milles Newsletter 44: 26-28.
- Reddy, S Ramesh, P Sanjana, B Ramaiah, PM Salimath, Rajashekar Kachapur. 2005.2008. *Sweet sorghum a potensial alternate raw material for bioethanol and Bioenergy*. International Sorghum and Milles Newsletter, 46:79-86.
- Sallisbury and Ross. 1992. *Plant physiology (4th edition)*. Wardsworth Publishing, Belmont, California.
- Santos, A. L. F., Kawase, K. T. Y. F., & Coelho, G. L. V. (2011). Enzymatic Saccharification of Lignocellulosic Materials after treatment with supercritical carbon dioxide. *The Journal of Supercritical Fluids*, 56, 277-282
- Schacht, C., Zetzl, C., & Brunner, G. (2008). From plant materials to ethanol by means of supercritical fluid technology. *The Journal of Supercritical Fluids*, 46, 299-321
- Serna-Saldivar, Sergio O. 2010. *Cereal Grains: Properties Processing and Nutritional Atributes*.
- Sjostrom. 1998. *Kimia Kayu : Dasar-Dasar dan Penggunaannya*. Gadjah Mada Universitas. Yogyakarta.
- Subagio, Herman dan Muh Aqil. 2013. *Pengembangan Produksi Sorgum di Indonesia*. Balai Penelitian Tanaman Serealia: Jakarta.

**LAMPIRAN A**  
**GAMBAR ALAT**



Gambar 1. Autoclave *AlabTech*



Gambar 2. Autoclave *Vacuum Drying*



Gambar 3. Instrumen HPLC *Waters Alliance Tipe e-2695*

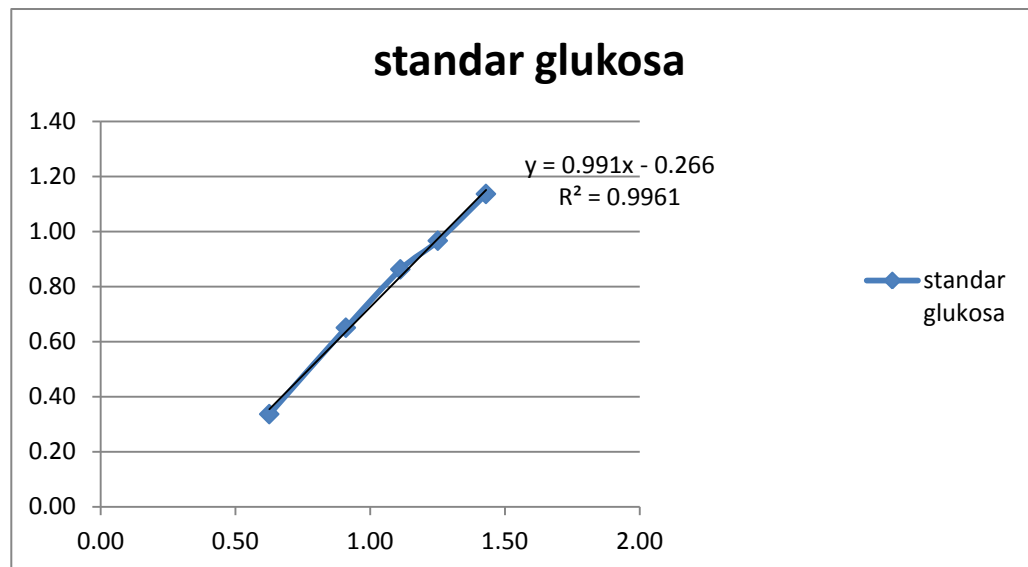


Gambar 4. Spektrofotometer

**LAMPIRAN B**  
**HASIL DAN DATA PERCOBAAN**

Tabel 1. Data Standar Glukosa untuk Analisa DNS

<b>Sampel</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>std(mg/0.5ml)</b>	0,4549	0,6255	0,9098	1,1120	1,2510	1,4297	1,6680
<b>Absorbansi</b>	0,307	0,3360	0,6500	0,8620	0,9660	1,1360	1,2830



Grafik 1. Kurva Standar Glukosa untuk Analisa DNS

Tabel 2. Filtrat hasil *pretreatment* waktu proses 10 menit

Filtrat										
Waktu	Sampel	% Glukosa	% Xilosa	% Selulosa	% Hemiselulosa	$\Sigma$ % Selulosa	$\Sigma$ % Hemiselulosa	Selulosa (g/300ml)	Hemiselulosa (g/300ml)	Gula Pereduksi (g/300ml)
(menit)										
10	1 A1	0,416833359	1,402234016	0,3752	1,233965934	0,28	1,17	0,84	3,50	9,4328
	1 A2	0,238689194	1,257761647	0,2148	1,106830249					
	1 A3	0,282159944	1,313014693	0,2539	1,15545293					
	2 A1	0,335801969	1,451379904	0,3022	1,277214316	0,29	1,27	0,86	3,81	9,9355
	2 A2	0,284410167	1,438894867	0,2560	1,266227483					
	2 A3	0,336231351	1,441895092	0,3026	1,268867681					
	3 A1	0,407616495	1,543332078	0,3669	1,358132229	0,34	1,41	1,01	4,23	10,3273
	3 A2	0,357618982	1,450850921	0,3219	1,27674881					
	3 A3	0,362435316	1,8078523	0,3262	1,590910024					

Tabel 3. Filtrat hasil *pretreatment* waktu proses 20 menit

Waktu	Sampel	% Glukosa	% Xilosa	% Selulosa	% Hemiselulosa	$\Sigma$ % Selulosa	$\Sigma$ % Hemiselulosa	Selulosa (g/300ml)	Hemiselulosa (g/300ml)	Gula Pereduksi (g/300ml)
(menit)										
20	1 B1	0,37059351	1,468662502	0,3335	1,292423002	0,32	1,22	0,97	3,67	9,487804648
	1 B2	0,409073859	1,249704905	0,3682	1,099740317					
	1 B3	0,297572276	1,447319011	0,2678	1,273640729					
	2 B1	0,28320072	1,275102961	0,2549	1,122090606	0,28	1,31	0,84	3,92	9,635029422
	2 B2	0,341411756	1,617381433	0,3073	1,423295661					
	2 B3	0,31124959	1,558049604	0,2801	1,371083651					
	3 B1	0,371958411	1,630211521	0,3348	1,434586138	0,35	1,47	1,05	4,40	10,47297156
	3 B2	0,410914859	1,672064081	0,3698	1,471416392					
	3 B3	0,385789724	1,692809445	0,3472	1,489672311					

Tabel 4. Filtrat hasil *pretreatment* waktu proses 30 menit

Waktu	Sampel	% Glukosa	% Xilosa	% Selulosa	% Hemiselulosa	Σ % Selulosa	Σ % Hemiselulosa	Selulosa (g/300ml)	Hemiselulosa (g/300ml)	Gula Pereduksi (g/300ml)
(menit)										
30	1 C1	0,280074035	1,442172427	0,2521	1,269111735	0,28	1,25	0,83	3,75	10,24732023
	1 C2	0,347409478	1,531744643	0,3127	1,347935286					
	1 C3	0,295786737	1,289286428	0,2662	1,134572056					
	2 C1	0,347319708	1,599992189	0,3126	1,407993126	0,32	1,43	0,97	4,30	10,01891535
	2 C2	0,352913693	1,615828296	0,3176	1,421928901					
	2 C3	0,374532265	1,667418542	0,3371	1,467328317					
	3 C1	0,370189397	1,532306172	0,3332	1,348429431	0,32	1,34	0,96	4,02	10,85070412
	3 C2	0,335696444	1,455066549	0,3021	1,280458564					
	3 C3	0,365678881	1,586273053	0,3291	1,395920287					

Tabel 5. Substrat hasil *pretreatment*

Padatan (%)									
Waktu (menit)	Konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> %	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)	Lignin (%)	Abu (%)	Selulosa (g)	Hemiselulosa (g)	Lignin (g)	Abu (g)
10	1	54,64	7,98	28,86	3,29	7,56	1,11	4,00	0,45
	2	55,15	6,51	30,65	3,33	7,08	0,82	3,92	0,43
	3	64,06	5,75	31,68	3,51	7,71	0,71	3,90	0,43
20	1	54,81	7,28	30,3	3,28	6,36	0,84	3,28	0,36
	2	63,28	5,64	31,74	3,21	6,85	0,65	3,61	0,37
	3	58,67	4,14	32,29	3,11	5,93	0,39	3,05	0,31
30	1	52,20	6,58	29,53	3,65	6,19	0,78	3,50	0,43
	2	41,07	3,9	31,32	3,74	4,33	0,41	3,30	0,39
	3	57,27	4,56	31,67	4,41	6,08	0,48	3,30	0,46

- Konversi dari persen ke gram diperoleh dengan mengalikan dengan berat setelah *pretreatment*

## PERHITUNGAN HASIL *PRETREATMENT*

- Filtrat hasil analisa HPLC**

$$\% \text{ Glukosa} = \% \text{ Glukosa hasil HPLC} \times \text{Pengenceran}$$

$$\% \text{ Xilosa} = \% \text{ Xilosa hasil HPLC} \times \text{Pengenceran}$$

Tabel 6. Data hasil analisa HPLC

Sampel	H Glukosa	% Glukosa	H Xilosa	% Xilosa	Pengenceran			Pengenceran
					berat air	berat total	berat sample	
16-Mar								
1 A1	4308	0,059415	14158	0,199873	2,6950	3,1430	0,4480	7,015625
1 A2	3403	0,047626	17842	0,250963	2,4259	3,0306	0,6047	5,011741359
1 A3	4019	0,05565	18419	0,258964	2,4621	3,0670	0,6049	5,070259547
2 A1	5126	0,070071	21584	0,302856	2,3080	2,9166	0,6086	4,79231022
2 A2	4106	0,056784	20461	0,287283	2,4148	3,0172	0,6024	5,008632138
2 A3	4754	0,065225	19915	0,279711	2,4992	3,1007	0,6015	5,154945968
3 A1	6058	0,082212	22191	0,311274	2,4097	3,0185	0,6088	4,958114323
3 A2	5255	0,071752	20736	0,291096	2,3801	2,9775	0,5974	4,984097757
3 A3	5351	0,073002	26003	0,364139	2,3832	2,9843	0,6011	4,964731326

- **Sampel 1A1 dan seterusnya**

$$\% \text{ Glukosa} = 0,059415 \times 7,015625$$

$$= 0,42\%$$

$$\% \text{ Xilosa} = 0,199873 \times 7,015625$$

$$= 0,4\%$$

- **Filtrat hasil analisa DNS**

$$\% \text{ Gula peredekusi} = \frac{\text{Absorbansi} + 0,266}{0,991} \times \text{Pengenceran}$$

Sampel	Absorbansi	Pengenceran Total
1 A1	0,247	64,47286878
1 A2	0,324	50,09859513
1 A3	0,334	51,41099053
2 A1	0,360	51,08883109
2 A2	0,361	52,42317281
2 A3	0,372	52,68050788
3 A1	0,380	52,04922144
3 A2	0,377	53,16275885
3 A3	0,385	53,05020954

Tabel 7. Data absorbansi hasil Spektrofotometer

- **Sampel 1A1 dan seterusnya**

$$\begin{aligned}\% \text{ Gula peredekusi} &= \frac{0,247+0,266}{0,991} \times 64,47286878 \\ &= 33,37\%\end{aligned}$$

• **Rendemen hasil pretreatment**

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{\text{berat setelah pretreatment}}{\text{berat sebelum pretreatment}} \times 100\%$$

• **Substrat Analisa Komponen**

- **Menghitung Kadar Selulosa**

$$\% \text{ Biomass Glukosa} = \frac{\% \text{ Glukosa hasil HPLC}}{\text{berat kering} \times \frac{100}{87}} \times 100$$

$$\% \text{ Adjust} = \% \text{ Biomass Glukosa} \times \text{Faktor Selulosa}$$

$$\% \text{ Selulosa} = \% \text{ Adjust} \times 0,9$$

- **Menghitung Kadar Hemiselulosa**

$$\% \text{ Biomass Xilosa} = \frac{\% \text{ Xilosa hasil HPLC}}{\text{berat kering} \times \frac{100}{87}} \times 100$$

$$\% \text{ Adjust} = \% \text{ Biomass Xilosa} \times \text{Faktor Selulosa}$$

$$\% \text{ Hemiselulosa} = \% \text{ Adjust} \times 0,88$$

- **Menghitung Kadar Lignin**

$$\% \text{ Lignin terlarut} = \frac{\left\{ (\text{AbsorbansiUV} \times fp) \times \frac{87}{100} \right\}}{\text{berat kering sampel}} \times 100\%$$

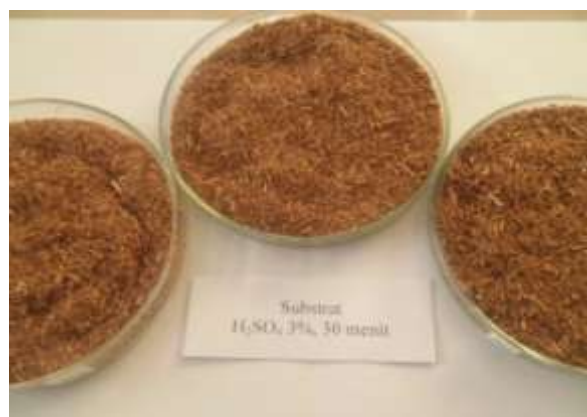
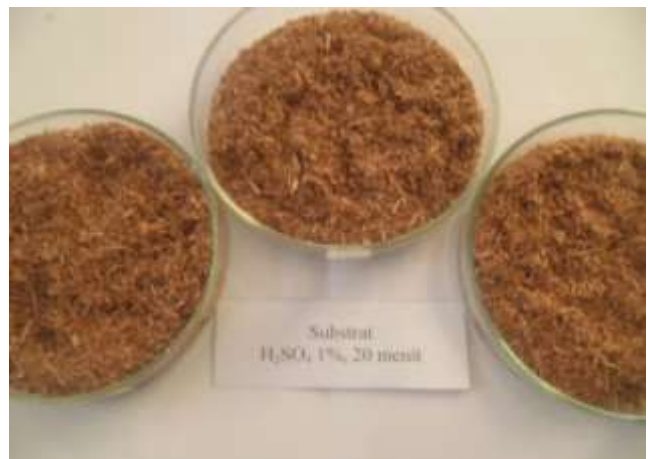
$$\% \text{ Lignin tidak terlarut} = \frac{\text{berat kering endapan sampel} - \text{Abu}}{\text{berat kering sampel}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Lignin} = \% \text{ Lignin terlarut} - \% \text{ Lignin tidak terlarut}$$

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



Gambar 5. Sampel Bagas Sorgum sebelum *pretreatment*



Gambar 6. Substrat hasil *pretreatment*



Gambar 7. Filtrat hasil *pretreatment*