



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**EKSTRAKSI SERAT SELULOSA DARI TANAMAN  
ECENG GONDOK (*EICHORNIA CRASSIPES*) DENGAN  
VARIASI PELARUT**

**SKRIPSI**

**RIZKY DIRGA HARYA PUTERA  
0806456801**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
DEPOK  
JULI 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**EKSTRAKSI SERAT SELULOSA DARI TANAMAN  
ECENG GONDOK (*EICHORNIA CRASSIPES*) DENGAN  
VARIASI PELARUT**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana**

**RIZKY DIRGA HARYA PUTERA  
0806456801**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
DEPOK  
JULI 2012**

## LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Penulis menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah skripsi dengan judul :

**Ekstraksi Serat Selulosa dari Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*)  
dengan Variasi Pelarut**

disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan akademis untuk dapat lulus mata kuliah spesial skripsi di Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia bukanlah merupakan tiruan ataupun duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kejarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 21 Juni 2012

Rizky Dirga Harya P

NPM. 0806456801

**HALAMAN PENGESAHAN**

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Rizky Dirga Harya Putera  
NPM : 0806456801  
Program Studi : Teknik Kimia  
Judul Disertasi : Ekstraksi Serat Selulosa dari Tanaman Eceng Gondok  
(*Eichornia Crassipes*) dengan Variasi Pelarut

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

**DEWAN PENGUJI**

Pembimbing : Dr. Ir. Asep Handaya Saputra, M.Eng (  )

Penguji : Dr. Dianursanti, ST., MT. (  )

Penguji : Ir. Abdul Wahid, MT. (  )

Penguji : Ir. Dijan Supramono, MSc. (  )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 21 Juni 2012

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena hanya atas rahmat dan hidayah-Nya saya dapat menyelesaikan penulisan makalah skripsi ini. Makalah skripsi ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Kimia pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Saya sungguh menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, saya akan sangat sulit menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, ijinkan saya untuk mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Asep Handaya Saputra, M.Eng, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan makalah skripsi ini;
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Widodo W. Purwanto, DEA selaku Ketua Departemen Teknik Kimia FTUI;
3. Bapak Ir. Yuliusman, M.Eng selaku koordinator skripsi Teknik Kimia FTUI;
4. Ibu Eva Fathul Karamah S.T., M.T, selaku dosen pembimbing akademik yang telah menyediakan waktu dan membantu kehidupan akademik perkuliahan selama ini;
5. Orang Tua, Mas Cano, Mbak Iffa, Mas Angga dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan moral dan material;
6. Seluruh dosen Departemen Teknik Kimia UI yang telah mengajar dan memberi saya wawasan sebagai mahasiswa teknik kimia;
7. Ariyani Raidah. yang selalu memberi perhatian, dukungan dan semangat, serta bantuannya dalam memberikan informasi dan berbagi pengalaman;
8. Rendi Akbar Hasibuan, Agastya Sesarianda, Elvina Fitriasia, Femmy Karima Yanuarta, Glifanny Ramadhani, Mondya Purna Septa Ningwulan, Sara Mutiara, Sari Pratiwi, Yosmarina Harahap, Diana Augusta Khairunnisa, Arief Frianda R atas bantuan, dukungan, dan semangat baik secara moral maupun material selama proses penyelesaian makalah skripsi ini.

9. Mas Eko, Kang Jajat, Mbak Tiwi, Mang Ijal, Mas Sri, dan Mas Taufik atas bantuannya selama ini.
10. Kak Alia atas bantuan, diskusi, dan informasi dalam penelitian dan menyusun makalah skripsi ini.
11. Teman-teman Teknik Kimia UI 2008 yang selalu memperhatikan dan mendukung saya untuk dapat menyelesaikan penulisan makalah skripsi ini dengan baik .
12. Teman – teman di riset grup Energi Berkelanjutan, yang telah membantu dan memberikan suasana menyenangkan di laboratorium selama penelitian.
13. Pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuannya selama penyusunan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan yang saya peroleh dari berbagai pihak yang telah membantu saya. Semoga skripsi ini dapat memberikan kontribusi dan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta peningkatan daya saing bangsa Indonesia.

Depok, 21 Juni 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

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

Nama : Rizky Dirga Harya Putera  
NPM : 0806456801  
Program Studi : Teknik Kimia  
Departemen : Teknik Kimia  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“Ekstraksi Serat Selulosa dari Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*)  
dengan Variasi Pelarut”**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : Juli 2012

Yang menyatakan



(Rizky Dirga Harya Putera)

## ABSTRAK

Nama : Rizky Dirga Harya Putera

Program Studi : Teknik Kimia

Judul : Ekstraksi Serat Selulosa dari Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) dengan Variasi Pelarut

Eceng gondok tergolong serat alam yang keberadaannya melimpah di Indonesia. Serat alam ini tersusun atas serat selulosa yang merupakan komponen struktural utama dinding sel tanaman hijau. Untuk mendapatkan serat selulosa dari eceng gondok, dilakukan beberapa perlakuan. Pada penelitian ini dilakukan perlakuan pengekstrakan serat selulosa secara kimiawi, antara lain proses *dewaxing*, penghilangan hemiselulosa, delignifikasi, tahap pendapatan selulosa murni, dan tahap pengeringan. Digunakan variasi pelarut, yakni *Sodium Chlorite* ( $\text{NaClO}_2$ ), *Hydrochloric Acid* (HCl), dan *Hydrogen Peroxide* ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), yang bertujuan untuk mengetahui pelarut mana yang paling efektif dalam pengekstraksian serat selulosa tanaman eceng gondok. Didapatkan pada penelitian ini bahwa, pelarut  $\text{NaClO}_2$  dinilai paling efektif untuk ekstraksi serat selulosa. Hal ini berdasarkan dari gugus fungsi serat yang terbentuk pada analisis FTIR (*Fourier Transform Infrared*), karakteristik termal yang didapat dari analisis TGA (*Thermogravimetric Analysis*), dan dari kandungan hemiselulosa yang paling sedikit dibandingkan dengan pelarut lainnya dari analisis HPLC (*High Pressure Liquid Chromatography*).

Kata kunci:

Eceng gondok, Ekstraksi Serat Selulosa, Variasi Pelarut

## ABSTRACT

Name : Rizky Dirga Harya Putera

Study Program : Chemical Engineering

Judul : Extraction of Cellulose Fibre from Water Hyacinth Plant  
(*Eichornia Crassipes*) with a Variation of Solvent

Water hyacinth, classified as a natural fibres that is abundance in Indonesia. This natural fibre consists of cellulose fibres which is the main structural component of cell wall of green plant. To obtain cellulose fibers, chemical treatment such as dewaxing, removal of hemicellulose component, delignification, until drying process of cellulose fibre have been made in this research. Variation of solvent is used, *Sodium Chlorite* ( $\text{NaClO}_2$ ), *Hydrogen Peroxide* ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), and *Hydrochloric Acid* ( $\text{HCl}$ ) Ammonia, with a purpose to determine which are the most effective solvent in this extraction. From this study, we obtained that the most effective solvent in the extraction of cellulose fibre from water hyacinth plant is  $\text{NaClO}_2$  solution. It is based on the functional group formed on the analysis of FTIR (Fourier Transform Infrared), thermal characteristic obtained from thermogravimetric analysis, and content of hemicellulose from high pressure liquid chromatography analysis.

Key words:

Water Hyacinth, Extraction of Cellulose Fibre, Variation of Solvent

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL.....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Eceng Gondok.....	6
2.1.1 Klasifikasi dan Deskripsi Eceng Gondok .....	6
2.1.2 Habitat Eceng Gondok .....	7
2.1.3 Karakteristik Serat Eceng Gondok.....	8
2.1.4 Komponen Kimia Eceng Gondok.....	10
2.1.4.1 Selulosa.....	10
2.1.4.2 Hemiselulosa.....	11
2.1.4.3 Lignin.....	11
2.1.4.3.1 Delignifikasi.....	13
2.1.5 Pemanfaatan Eceng Gondok .....	16
2.2 Serat Alam .....	16
2.2.1 Serat Selulosa.....	16

2.2.2	Pembagian Serat Selulosa .....	18
2.2.2.1	Alpha Cellulose.....	18
2.2.2.2	Betha Cellulose .....	18
2.2.2.3	Gamma Cellulose.....	19
2.2.3	Sifat Selulosa .....	19
2.3	Proses Pemutihan .....	21
2.3.1	Teori Pemutihan.....	22
2.3.2	Zat Pemutih .....	22
2.3.2.1	Hidrogen peroksida (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) .....	23
2.3.2.2	Sodium Chlorite (NaClO <sub>2</sub> ).....	25
2.3.2.3	Klorin Dioksida (ClO <sub>2</sub> ) .....	25
2.3.2.4	Sodium Hidroksida (NaOH) .....	26
2.4	Karakterisasi .....	26
2.4.1	FTIR ( <i>Fourier Transform Infrared</i> ).....	26
2.4.2	<i>Thermogravimetric Analysis</i> (TGA) .....	27
2.4.3	HPLC ( <i>High Pressure Liquid Chromatography</i> ).....	27
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN.....</b>		<b>29</b>
3.1	Diagram Alir dan Prosedur Penelitian .....	29
3.2	Alat dan Bahan.....	34
3.3	Variabel Penelitian.....	35
3.4	Pelaksanaan Penelitian.....	35
3.4.1	Uji FTIR.....	35
3.4.2	Uji <i>Thermal Gravimetric Analysis</i> .....	36
3.4.3	Uji High Pressure Liquid Chromatography (HPLC) di BPPT Serpong.....	37
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>39</b>
4.1	Proses Isolasi Serat Selulosa Eceng Gondok .....	39
4.3	Analisis Serat Selulosa Eceng Gondok .....	40
4.3.1	FTIR ( <i>Fourier Transform Infrared</i> ).....	40
4.3.2	TGA ( <i>Thermal Gravimetric Analysis</i> ) .....	48
4.3.2	HPLC ( <i>High Pressure Liquid Chromatography</i> ).....	53
4.4	Analisis Hasil Serat Selulosa .....	58
4.4.1	Pelarut NaClO <sub>2</sub> .....	58
4.4.2	Pelarut H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	60
4.4.3	Pelarut HCl.....	62

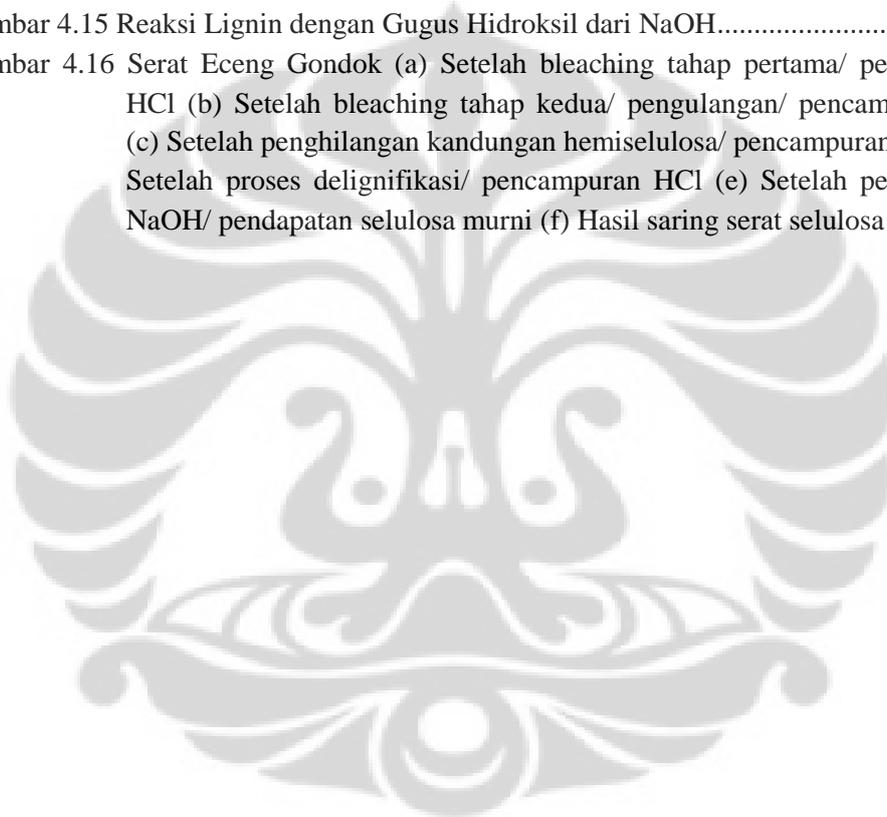
<b>BAB 5 KESIMPULAN .....</b>	<b>66</b>
5.1 Kesimpulan .....	66
5.2 Saran .....	67
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>68</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bentuk Fisik Tanaman Eceng Gondok.....	6
Gambar 2.2 Tanaman Eceng Gondok yang Memenuhi Wilayah Perairan (Koes, 2010) ...	7
Gambar 2.3 Skema Pengolahan Eceng Gondok untuk Aplikasi Kerajinan Tangan (Koes, 2010) .....	9
Gambar 2.4 Struktur Selulosa .....	10
Gambar 2.5 Struktur Lignin (Lankinen, 2004) .....	13
Gambar 2.6 (a) Skema dari Selulosa, Hemiselulosa, dan Lignin (b) Skema Proses Delignifikasi .....	15
Gambar 2.7 Struktur Kimia Selulosa (Nuringtyas, 2010).....	17
Gambar 2.8 Rumus Struktur $\alpha$ Selulosa (Nuringtyas, 2010) .....	18
Gambar 2.9 Rumus Struktur $\beta$ Selulosa (Nuringtyas, 2010) .....	19
Gambar 2.10 Mekanisme Penguraian $H_2O_2$ (Selig, 2009) .....	23
Gambar 2.11 Mekanisme Pemutihan Menggunakan <i>Sodium Chlorite</i> .....	25
Gambar 2.12 Skema Peralatan FTIR .....	27
Gambar 2.13 Skema Peralatan TGA.....	27
Gambar 2.14 Perangkat HPLC.....	28
Gambar 3.1 (a) Tanaman eceng gondok (b) Eceng gondok setelah dipisahkan (c) Eceng gondok setelah dikeringkan selama tiga hari .....	30
Gambar 3.2 Batang Eceng Gondok Yang Telah Dijadikan Serat.....	30
Gambar 3.3 (a) Peralatan <i>Soxhlet Apparatus</i> (b) Eceng gondok pada awal proses (c) Eceng gondok pada akhir proses.....	31
Gambar 3.4 Nama Instrument dari <i>Soxhlet Apparatus</i> .....	32
Gambar 3.5 Peralatan (a) Pembuat pellet (b) Spektrometer Inframerah.....	36
Gambar 3.6 Skema Peralatan TGA.....	37
Gambar 3.7 Filtrat (Hasil Saring) yang digunakan pada Analisis HPLC .....	37
Gambar 3.8 Skema Peralatan HPLC.....	38
Gambar 4.1 Spektra FTIR Serat Selulosa dengan Variasi Pelarut $NaClO_2$ .....	40
Gambar 4.2 Spektra FTIR Serat Selulosa dengan Variasi Pelarut $H_2O_2$ .....	42
Gambar 4.3 Spektra FTIR Serat Selulosa dengan Variasi Pelarut HCl .....	44
Gambar 4.4 Gabungan Spektra FTIR Serat Selulosa dengan .....	46
Gambar 4.5 Kurva TGA Serat Selulosa dengan Variasi Pelarut $NaClO_2$ .....	48
Gambar 4.6 Kurva TGA Serat Selulosa dengan Variasi Pelarut $H_2O_2$ .....	49
Gambar 4.7 Kurva TGA Serat Selulosa dengan Variasi Pelarut HCl.....	50
Gambar 4.8 (a) Kurva TGA Serat Selulosa dengan Variasi Pelarut $NaClO_2$ , $H_2O_2$ , dan HCl (b) Kurva Penguapan (Deriv Weight Change vs Temp) TGA Serat Selulosa dengan Variasi Pelarut $NaClO_2$ , $H_2O_2$ , dan HCl .....	51
Gambar 4.9 Grafik Standar Gula Monosakarida Pengukuran HPLC .....	53
Gambar 4.10 Grafik HPLC dari Sampel Selulosa Variasi Pelarut $NaClO_2$ .....	54
Gambar 4.11 Grafik HPLC dari Sampel Selulosa Variasi Pelarut $H_2O_2$ .....	55

- Gambar 4.12 Grafik HPLC dari Sampel Selulosa Variasi Pelarut HCl ..... 56
- Gambar 4.13 Serat Eceng Gondok (a) Setelah bleaching tahap pertama/ pencampuran  $\text{NaClO}_2$  (b) Setelah bleaching tahap kedua/ pengulangan/ pencampuran  $\text{NaClO}_2$  (c) Setelah penghilangan kandungan hemiselulosa/ pencampuran NaOH (d) Setelah proses delignifikasi/ pencampuran  $\text{NaClO}_2$  (e) Setelah pencampuran NaOH/ pendapatan selulosa murni (f) Hasil saring serat selulosa murni ..... 60
- Gambar 4.14 Serat Eceng Gondok (a) Setelah bleaching tahap pertama/ pencampuran  $\text{H}_2\text{O}_2$  (b) Setelah bleaching tahap kedua/ pengulangan/ pencampuran  $\text{H}_2\text{O}_2$  (c) Setelah penghilangan kandungan hemiselulosa/ pencampuran NaOH (d) Setelah proses delignifikasi/ pencampuran  $\text{H}_2\text{O}_2$  (e) Setelah pencampuran NaOH/ pendapatan selulosa murni (f) Hasil saring serat selulosa murni .. 62
- Gambar 4.15 Reaksi Lignin dengan Gugus Hidroksil dari NaOH..... 64
- Gambar 4.16 Serat Eceng Gondok (a) Setelah bleaching tahap pertama/ pencampuran HCl (b) Setelah bleaching tahap kedua/ pengulangan/ pencampuran HCl (c) Setelah penghilangan kandungan hemiselulosa/ pencampuran NaOH (d) Setelah proses delignifikasi/ pencampuran HCl (e) Setelah pencampuran NaOH/ pendapatan selulosa murni (f) Hasil saring serat selulosa murni .. 64



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Tanaman Eceng Gondok (Foundation, 2011).....	6
Tabel 2.2 Karakteristik Serat Tanaman Eceng Gondok (M. N. Gani, 2002).....	8
Tabel 4.1 Daerah Puncak Serapan pada Serat Selulosa Eceng Gondok .....	47
Tabel 4.2 Kandungan Monomer Gula <i>Xyloheksaos</i> pada Sampel Selulosa.....	57



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai Negara dengan keanekaragaman hayati yang luas memiliki kekayaan alam yang sangat melimpah yang dapat diolah lebih lanjut untuk meningkatkan kesejahteraan rakyat. Salah satunya adalah kekayaan akan serat alam yang tersusun dari selulosa (serat selulosa). Selulosa merupakan komponen struktural utama dinding sel dari tanaman hijau. Untuk mendapatkan serat selulosa dari tumbuhan harus dilakukan beberapa perlakuan untuk mengekstraksi selulosa keluar dari dinding sel tersebut dan disusun menjadi serat. Potensi ketersediaan serat selulosa yang besar dari tumbuhan ini dapat dikembangkan lebih lanjut lagi untuk menghasilkan produk yang lebih bermanfaat dan bernilai tinggi.

Karakteristik serat selulosa antara lain muncul karena adanya struktur kristalin dan amorf serta bersifat *hydrophilic* (suka air) dan *biodegradability*. Sebagai kandidat serat alam yang mengandung serat selulosa, tanaman yang berpotensi adalah tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes*), yang merupakan tumbuhan yang dianggap gulma bagi lingkungan perairan. Eceng gondok ini merupakan salah satu bahan serat alam yang belum banyak dimanfaatkan sehingga potensinya yang cukup beragam. Ketersediannya sangatlah melimpah di Indonesia karena pertumbuhannya yang cepat, sehingga memiliki potensi yang besar dilihat dari segi bahan baku, juga dari segi nilai jual yang tak terlalu tinggi.

Berbagai upaya telah dilakukan untuk memberantas tanaman gulma perairan ini, namun tidak pernah berhasil karena tingkat pertumbuhan tanaman ini lebih cepat dari pembuangannya (Koes, 2010). Dengan populasi yang begitu melimpah dan pengendaliannya yang kurang maksimal maka eceng gondok harus dimanfaatkan khususnya serat pada eceng gondok. Sifat seratnya yang kuat menjadikan eceng gondok memiliki potensial tersendiri. Sedangkan kandungan kimia eceng gondok itu sendiri yakni 60% selulosa, 8% hemiselulosa dan 17% lignin (Ahmed, 2012).

Eceng gondok, suatu gulma air yang mudah sekali tumbuh dan berkembang ternyata mempunyai kandungan serat selulosa cukup tinggi, yakni berkisar 60%. Hal ini sangat memungkinkan bahwa eceng gondok berpotensi sebagai bahan dasar pembuatan selulosa yang kedepannya dapat diaplikasikan ke arah yang beragam.

Pemanfaatan selulosa dapat dilihat untuk salah satu aplikasi turunannya, yaitu karboksimetil selulosa atau yang dikenal dengan CMC (*carboxymethyl cellulose*). Fungsi CMC banyak digunakan di industri farmasi, deterjen, tekstil, kosmetik, dan pengeboran (*Oil & Gas*), hal ini dikarenakan CMC memiliki fungsi sebagai pengental, penstabil emulsi dan bahan pengikat.

Untuk memaksimalkan pengambilan serat selulosa dari tanaman hijau, beberapa tahapan metode pengisolasian dapat diaplikasikan, seperti metode mekanis sederhana (Nakagaito, 2004), campuran metode kimiawi dan mekanik (Dufresne, 2000), serta pendekatan metode enzim (Wan, 2006). Telah dilakukan sebelumnya penelitian tentang pengambilan serat selulosa dari beberapa sumber tanaman hijau, seperti jerami padi (Ping, 2012), tanaman pisang (Silviya, 2010), hingga daun mengkuang (Rasha, 2012). Pengekstrakkan serat selulosa juga telah dilakukan untuk tanaman gulma air eceng gondok, yakni mengekstrakkan secara kimiawi dan mekanis (Marimuthu, 2012), juga secara pendekatan dengan enzim (Ahmed, 2012).

Pada saat pengestraksian serat selulosa eceng gondok, terdapat beberapa zat penyusun dinding sel selain selulosa yang ikut terekstraksi, seperti lignin dan hemiselulosa. Dibutuhkan perlakuan kimiawi serta mekanik yang berurutan agar dihasilkan serat selulosa murni dari tanaman eceng gondok ini, antara lain proses *dewaxing*, *delignifikasi*, penghilangan kadar hemiselulosa, serta tahap *bleaching*.

Pada penelitian terdahulu, telah dilakukan ekstraksi selulosa pada tanaman eceng gondok menggunakan campuran metode kimiawi dan mekanis. Tahapan kimiawi yang ditempuh yakni *dewaxing* (pemanasan dengan *soxhlet*), *bleaching* (pereaksian dengan pelarut dilanjutkan perendaman di *waterbath* selama 3 jam dan 80°C), penghilangan hemiselulosa (pereaksian dengan NaOH dilanjutkan perendaman di *waterbath* selama 24 jam dan 60°C), delignifikasi (pereaksian dengan pelarut dan dipanaskan dengan pengadukan pada 75°C selama 48 jam),

pendapatan selulosa murni (pereaksian dengan NaOH dan dipanaskan selama 24 jam 55<sup>0</sup>C dengan pengadukan kontinyu). Tahapan selanjutnya secara mekanis yakni pengeringan pada 100<sup>0</sup>C dilanjutkan dengan mikronnisasi dan *cryocrushing*.

Telah dilakukan pula ekstraksi selulosa pada tanaman pisang. Pada penelitian ini, metode yang digunakan secara kimiawi dan cukup ringkas (sederhana). Langkah awal yakni penghilangan komponen hemiselulosa dengan mereaksikan dengan 1M NaOH dan direndam di *waterbath* pada 60<sup>0</sup>C selama 4 jam, dan dilanjutkan dengan *bleaching* menggunakan pelarut dan direndam pada 75<sup>0</sup>C selama 3 jam. kemudian dilakukan pencucian sampel hingga mencapai pH netral sebelum sebelumnya dikeringkan dengan dibekukan (*freeze drying*).

Proses *bleaching* (pemutihan) menggunakan bahan kimia *Hydrogen Peroksida* (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), *Sodium Chlorite* (NaClO<sub>2</sub>), dan *Hydrochloric Acid* (HCl). Pada proses ini, tujuan yang hendak dicapai adalah untuk melarutkan sisa senyawa *lignin* yang dapat menyebabkan perubahan warna dengan cara mendegradasi rantai *lignin* yang panjang oleh bahan kimia pemutih menjadi rantai-rantai *lignin* yang pendek, sehingga *lignin* dapat larut pada saat pencucian dalam air atau alkali (Fengel, 1995).

Pada penelitian ini, akan dilakukan ekstraksi serat selulosa dari tanaman eceng gondok menggunakan metode kimiawi. Langkahnya antara lain *dewaxing*, *bleaching*, penghilangan hemiselulosa, delignifikasi, pendapatan selulosa murni, dan proses pengeringan. Setiap tahapan yang dilakukan (tahap *bleaching* hingga pendapatan selulosa murni) hanya menggunakan perendaman pada *waterbath* pada waktu yang relatif tidak lama (tiga hingga empat jam).

Dilakukan variasi pelarut, yakni untuk mendapatkan pelarut terbaik yang digunakan dalam ekstraksi selulosa tanaman eceng gondok ini. Variasi larutan yang digunakan adalah *Hydrogen Peroksida* (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), *Sodium Chlorite* (NaClO<sub>2</sub>), dan *Hydrochloric Acid* (HCl) dengan konsentrasi yang seragam. Analisis kandungan serat pada sampel yang telah dibuat ditentukan berdasarkan uji karakterisasi *Thermogravimetric Analysis* (TGA), *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), dan *High Pressure Liquid Chromatography* (HPLC).

## 1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dibahas, dapat dirumuskan beberapa masalah antara lain sebagai berikut :

- Bagaimana karakteristik serat selulosa yang didapatkan dari ekstraksi tanaman hijau eceng gondok ini
- Bagaimana pengaruh pelarut yang digunakan terhadap hasil selulosa dari konversi eceng gondok.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- Mendapatkan jenis pelarut yang efektif untuk mengekstraksi serat selulosa dari tanaman eceng gondok, sehingga dihasilkan konversi serat yang optimum.

## 1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi dengan :

1. Eceng gondok yang digunakan adalah eceng gondok danau yang berasal dari danau di sekitar Universitas Indonesia.
2. Ukuran sampel yang digunakan sebelum direaksikan lebih lanjut dengan pelarut kimia adalah 1 mm, yang didapatkan dari pencacahan dan penyaringan.
3. Zat kimia yang digunakan antara lain :
  - *Toluena* dan *ethanol* sebagai pelarut untuk penghilangan kandungan lilin;
  - *Hydrogen Peroxide* ( $H_2O_2$ ), *Sodium Chlorite* ( $NaClO_2$ ), dan *Hydroclouric Acid* ( $HCl$ ) untuk pemutihan dan penghilangan kandungan lignin;
  - *Sodium Hydroxide* ( $NaOH$ ) untuk penghilangan kandungan hemiselulosa pada eceng gondok;
  - *Acetic acid* untuk membuat lautan pada kondisi asam (pH tertentu).
4. Uji karakterisasi yang dilakukan antara lain :

- *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) untuk melihat keberadaan suatu senyawa kimia dengan gugus C, H, dan O;
- *Thermal Gravimetric Analysis* (TGA) untuk melihat karakteristik thermal selulosa eceng gondok;
- *High Pressure Liquid Chromatography* (HPLC) untuk melihat kandungan yang terdapat di filtrat.

## 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

### BAB 1 PENDAHULUAN

Berisi pendahuluan yang terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

### BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tinjauan pustaka yang membahas tentang eceng gondok, serat alam, kandungan serat alam, teori pemutihan serat selulosa, dan uji karakterisi.

### BAB 3 METODE PENELITIAN

Berisi tentang diagram alir penelitian, variabel penelitian, alat dan bahan, serta prosedur penelitian.

### BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang hasil penelitian dan analisis terhadap hasil penelitian.

### BAB 5 KESIMPULAN

Berisi tentang kesimpulan dan saran penelitian.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Eceng Gondok

##### 2.1.1 Klasifikasi dan Deskripsi Eceng Gondok

Tanaman gulma air eceng gondok ini memiliki klasifikasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi Tanaman Eceng Gondok (Foundation, 2011)

<b>Divisi</b>	<i>Spermatophyta</i>
<b>Subdivisi</b>	<i>Angiospermae</i>
<b>Kelas</b>	<i>Monocotyledoneae</i>
<b>Suku</b>	<i>Pontederiaceae</i>
<b>Marga</b>	<i>Eichornia</i>
<b>Jenis</b>	<i>Eichornia Crassipes</i>

Eceng gondok (latin : *Eichornia Crassipes*) merupakan tanaman gulma di wilayah perairan yang hidup terapung pada air yang dalam yang memiliki aliran tenang. Tanaman ini berkembangbiak dengan sangat cepat, baik secara vegetatif maupun generatif. Perkembangbiakan dengan cara vegetatif dapat melipat ganda dua kali dalam waktu 7-10 hari. Hasil penelitian Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Sumatera Utara di Danau Toba (2003) melaporkan bahwa satu batang eceng gondok dalam waktu 52 hari mampu berkembang seluas 1 m<sup>2</sup>, atau dalam waktu satu tahun mampu menutup area seluas 7 m<sup>2</sup>.



Gambar 2.1 Bentuk Fisik Tanaman Eceng Gondok

Gambar 2.1 merupakan eceng gondok dewasa, terdiri dari akar, bakal tunas, tunas atau stolon, daun, petiole, dan bunga. Daun-daun eceng gondok berwarna hijau terang berbentuk telur yang melebar atau hampir bulat dengan garis tengah sampai 15 sentimeter.

Tanaman seperti eceng gondok ini mampu menjadi penyerap polutan yang baik sehingga air yang dihasilkan dari kolam khusus yang ditanami eceng gondok itu tidak mencemari lingkungan. Diketahui bahwa tanaman berakar rimpang ini mampu menyerap nitrogen, fosfat dan zat organik. Bahkan juga bisa menyerap uranium dan merkuri, dua zat yang sangat berbahaya bila mencemari perairan.

Sebagai bukti bahwa air yang disaring eceng gondok itu sudah sehat, bisa dilihat dari sekitar lahan perairan yang mulanya dipenuhi limbah, kini berkembang aneka satwa air. Akan tetapi, tanaman ini tidak bisa dibiarkan tumbuh bebas begitu saja karena kemampuannya menyerap polutan akan berkurang sehingga harus diremajakan setiap waktu tertentu.

Disamping itu, kemampuan perkembangbiakan tanaman ini cukup tinggi dan penyesuaian dirinya yang baik pada berbagai iklim membuat tanaman ini telah tersebar luas di dunia terutama di negara-negara tropis dan sub-tropis. Hal ini mengakibatkan penanggulangannya yang sangat sukar sehingga terus menerus menimbulkan masalah yang berhubungan dengan kontrol banjir, agrikultur, irigasi dan lainnya.

### 2.1.2 Habitat Eceng Gondok



Gambar 2.2 Tanaman Eceng Gondok yang Memenuhi Wilayah Perairan (Koes, 2010)

Gambar 2.2 menunjukkan eceng gondok yang sudah menutupi sebagian besar wilayah perairan. Seperti terlihat pada Gambar 2.2, perkembangbiakan yang

demikian cepat menyebabkan tanaman eceng gondok telah berubah menjadi tanaman gulma di beberapa wilayah perairan di Indonesia.

Di kawasan perairan danau, eceng gondok tumbuh pada bibir-bibir pantai sampai sejauh 5-20 m. Hal ini menyebabkan berkurangnya volume air dan pendangkalan sungai, dikarenakan sifat tanaman ini yang menyerap air sangat banyak. Perkembangbiakan ini juga dipicu oleh peningkatan kesuburan di wilayah perairan danau, sebagai akibat dari erosi dan sedimentasi lahan, berbagai aktivitas masyarakat (mandi, cuci, kakus/MCK), dan lainnya.

Usaha untuk memberantas tanaman gulma air ini dinilai tidak efektif karena tingkat pertumbuhannya lebih cepat dari pembuangannya (Koes, 2010). Sehingga dibutuhkan pengolahan lebih lanjut agar dapat dimanfaatkan secara optimal.

Di Indonesia, terdapat tiga jenis eceng gondok, yakni eceng gondok sungai, eceng gondok rawa, dan eceng gondok kolam. Adapun ciri eceng gondok yang terdapat di Pulau Jawa secara umum adalah :

- Cirebon : pendek, tipis, lebih gelap warnanya. Jenis ini kurang bagus jika digunakan untuk anyaman keranjang.
- Jawa Timur : panjang, tipis, lebih terang warnanya. Jenis ini bagus digunakan untuk peralatan yang warnanya terang, juga *handicraft*.
- Semarang (Ambarawa) : agak panjang, tetapi tidak sepanjang dari Jawa Timur, tebal, dan warnanya cukup variatif (tergantung dari cuaca, dimana eceng gondok akan berwarna agak kegelapan pada musim hujan).

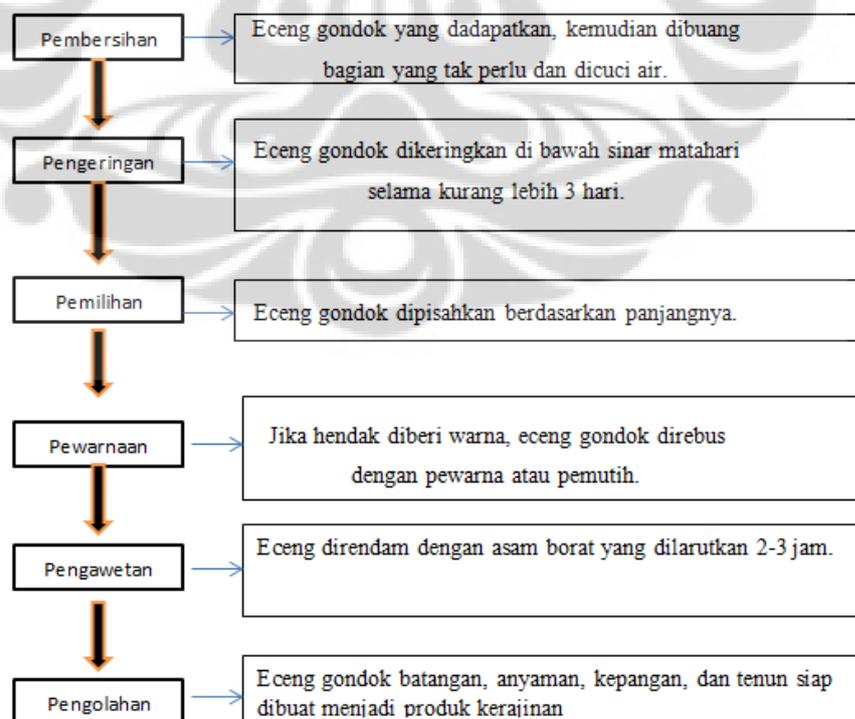
### 2.1.3 Karakteristik Serat Eceng Gondok

Tabel 2.2 Karakteristik Serat Tanaman Eceng Gondok (Gani, 2002)

<b>Massa jenis (<math>\text{g/cm}^3</math>)</b>	0,25
<b>Sifat putih (whiteness) (%)</b>	22,2
<b>Kehalusan (fineness) (<math>\mu</math>)</b>	35
<b>Kekuatan tarik (tensile strength) (Mpa)</b>	18 – 33

Berdasarkan Tabel 2.2 karakteristik diatas, terlihat bahwa eceng gondok memiliki massa jenis, sifat kehalusan, dan sifat putih yang cukup baik. Hal ini terbukti pada pemanfaatan eceng gondok sekarang ini sebagai kerajinan tangan baik pada industri rumah tangga maupun mebel. Tetapi belakangan, pemanfaatannya berkembang ke arah serat yang dimanfaatkan sebagai penguat pada komposit, hal ini mengingat akan karakteristik serat eceng gondok yang cukup kuat, disamping bahannya yang mudah didapat, murah, serta untuk mengurangi limbah yang ada (biodegradability). Tetapi jika mengingat kandungan kimia serat eceng gondok, pemanfaatannya pun cukup beragam, antara lain untuk pemanfaatan serat selulosa dan untuk bahan baku pembuatan ethanol.

Kandungan air dari eceng gondok bernilai 90% dari massa total. Karena itu, harus dilakukan pengolahan yang beragam agar tanaman ini dapat dimanfaatkan. Proses pengolahan eceng gondok pada awalnya direndam dahulu dengan asam borat dengan perbandingan 30gram : 1 liter air agar lebih tahan lama. Dan dilakukan pemutihan dengan  $H_2O_2$  sebelum melakukan pewarnaan. Berikut merupakan skema pengolahan eceng gondok untuk aplikasi kerajinan tangan :



Gambar 2.3 Skema Pengolahan Eceng Gondok untuk Aplikasi Kerajinan Tangan (Koes, 2010)

### 2.1.4 Komponen Kimia Eceng Gondok

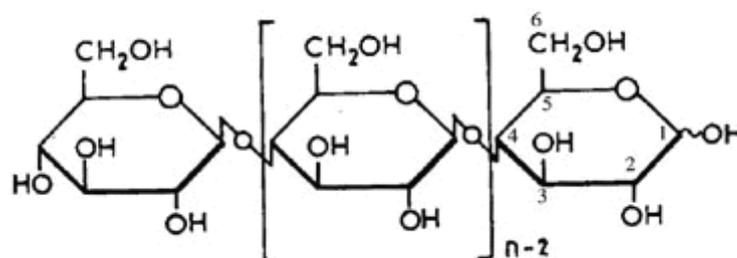
Komposisi kimia eceng gondok tergantung pada kandungan unsur hara tempatnya tumbuh, dan sifat daya serap tanaman tersebut. Eceng gondok mempunyai sifat-sifat yang baik antara lain dapat menyerap logam-logam berat, senyawa sulfida, selain itu mengandung protein lebih dari 11,5%. Kandungan kimia serat eceng gondok terdiri atas 60% selulosa, 8% hemiselulosa, dan 17% lignin (Ahmed, 2012).

#### 2.1.4.1 Selulosa

Selulosa merupakan polisakarida yang terdiri atas satuan glukosa yang terikat dengan ikatan  $\beta 1,4$ -glycosidic dengan rumus  $(C_6H_{10}O_5)_n$  dengan n adalah derajat polimerisasinya. Struktur kimia inilah yang membuat selulosa bersifat kristalin dan tak mudah larut, sehingga tidak mudah didegradasi secara kimia/ mekanis. Molekul glukosa disambung menjadi molekul besar, panjang, dan berbentuk rantai dalam susunan menjadi selulosa. Semakin panjang suatu rangkaian selulosa, maka rangkaian selulosa tersebut memiliki serat yang lebih kuat, lebih tahan terhadap pengaruh bahan kimia, cahaya, dan mikroorganisme.

Selulosa itu sendiri merupakan bahan dasar yang penting bagi industri, seperti pabrik kertas, pabrik sutera tiruan, dll.

Molekul selulosa seluruhnya berbentuk linear dan memiliki kecenderungan kuat untuk membentuk ikatan hidrogen intra dan inter molekul. Ketersediaan selulosa dalam jumlah besar akan membentuk serat yang kuat, tidak larut dalam air, tidak larut dalam pelarut organik, dan berwarna putih. Struktur selulosa ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Struktur Selulosa (Lankinen, 2004)

#### **2.1.4.2 Hemiselulosa**

Rantai hemiselulosa lebih pendek dibandingkan rantai selulosa, karena derajat polimerisasinya yang lebih rendah. Berbeda dengan selulosa, polimer hemiselulosa berbentuk tidak lurus tetapi merupakan polimer-polimer bercabang dan strukturnya tidak terbentuk kristal. Hal ini yang menjadikan hemiselulosa lebih mudah dimasuki pelarut dan bereaksi dengan larutan dibanding selulosa selama pembuatan pulp. Hemiselulosa bersifat hidrofibil (mudah menyerap air) yang mengakibatkan strukturnya yang kurang teratur. Kadar hemiselulosa pada pulp jauh lebih kecil dibandingkan dengan serat asal, karena selama proses pemasakan hemiselulosa bereaksi dengan bahan pemasak dan lebih mudah terlarut daripada selulosa.

Secara struktural, hemiselulosa mirip dengan selulosa yang merupakan polimer gula. Namun berbeda dengan selulosa yang hanya tersusun atas glukosa, hemiselulosa tersusun dari bermacam-macam jenis gula. Monomer gula penyusun hemiselulosa terdiri dari monomer gula berkarbon lima (pentosa/ C-5), gula berkarbon enam (heksosa/ C-6), asam heksuronat dan deoksi heksosa. Hemiselulosa akan mengalami reaksi oksidasi dan degradasi terlebih dahulu daripada selulosa, karena rantai molekulnya yang lebih pendek dan bercabang.

Hemiselulosa tidak larut dalam air tapi larut dalam larutan alkali encer dan lebih mudah dihidrolisa oleh asam daripada selulosa. Sifat hemiselulosa yang hidrofilik banyak mempengaruhi sifat dari pulp itu sendiri. Hemiselulosa berfungsi sebagai perekat dan mempercepat pembentukan serat. Hilangnya hemiselulosa akan mengakibatkan adanya lubang antar fibril dan berkurangnya ikatan antar serat.

#### **2.1.4.3 Lignin**

Lignin merupakan senyawa yang sangat kompleks dengan berat molekul tinggi. Lignin terdapat diantara sel-sel dan di dalam dinding sel. Dimana fungsi lignin yang terletak diantara sel adalah sebagai perekat untuk mengikat/ perekat antar sel, sehingga tidak dikehendaki. Sementara dalam dinding sel lignin sangat erat hubungannya dengan selulosa dan berfungsi untuk memberi ketegaran pada sel.

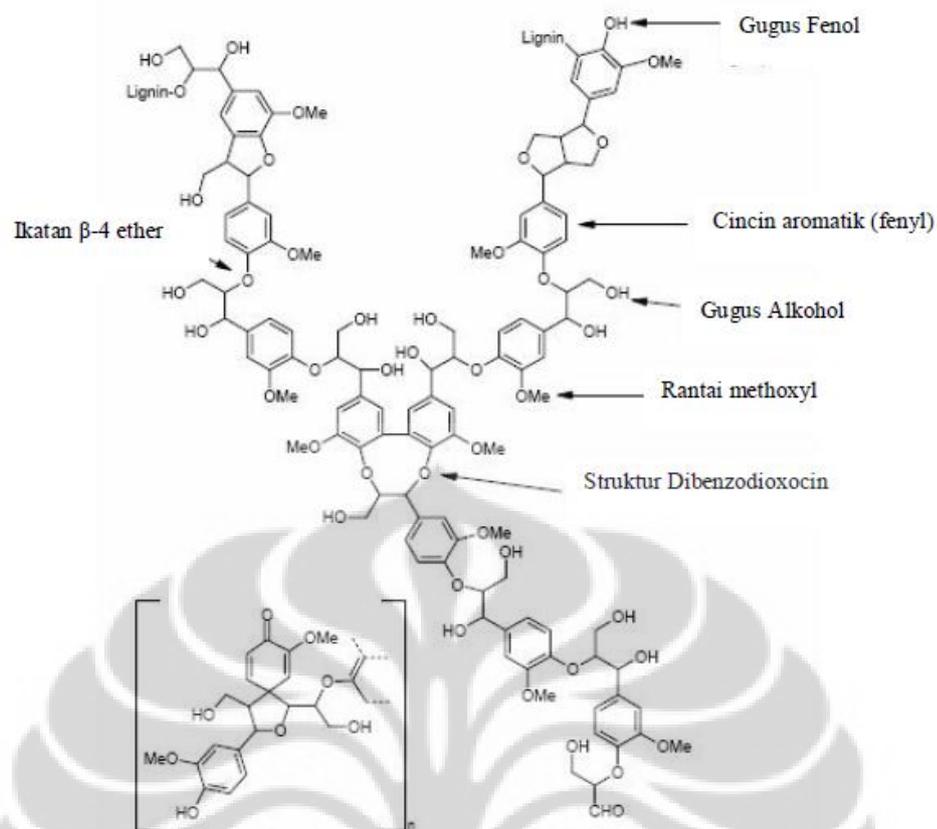
Lignin dapat diisolasi dari tanaman sebagai sisa yang tak larut setelah penghilangan polisakarida dengan hidrolisis. Secara alternatif, lignin dapat dihidrolisis dan diekstraksi ataupun diubah menjadi turunan yang larut. Adanya lignin menyebabkan warna menjadi kecoklatan sehingga perlu adanya pemisahan melalui pemutihan. Banyaknya lignin juga berpengaruh terhadap konsumsi bahan kimia dalam pemasakan dan pemutihan (Wibisono, 2002).

Lignin ini merupakan polimer tiga dimensi yang terdiri dari unit fenil propana melalui ikatan eter (C-O-C) dan ikatan karbon (C-C). Bila lignin berdifusi dengan larutan alkali maka akan terjadi pelepasan gugus metoksil yang membuat lignin larut dalam alkali. Reaksi dengan senyawa tertentu banyak dimanfaatkan dalam proses pembuatan pulp dimana lignin yang terbentuk dapat dipisahkan, sedangkan reaksi oksidasi terhadap lignin digunakan dalam proses pemutihan. Lignin dapat mengurangi daya pengembangan serat serta ikatan antar serat.

Struktur kimia lignin mengalami perubahan di bawah kondisi suhu yang tinggi dan asam. Pada reaksi dengan temperatur tinggi mengakibatkan lignin terpecah menjadi partikel yang lebih kecil dan terlepas dari selulosa (Taherzadeh, 2007). Pada suasana asam, lignin cenderung melakukan kondensasi, yakni fraksi lignin yang sudah terlepas dari selulosa dan larut pada larutan pemasak. Dimana peristiwa ini cenderung menyebabkan bobot molekul lignin bertambah, dan lignin yang terkondensasi akan mengendap (Achmadi, 1990).

Disamping terjadinya reaksi kondensasi lignin yang mengendap, proses pemasakan yang berlangsung pada suasana asam dapat pula menurunkan derajat kerusakan pulp sehingga mengurangi degradasi selulosa dan hemiselulosa

Suhu, tekanan, dan konsentrasi larutan pemasak selama proses pulping merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan reaksi pelarutan lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Selulosa tak akan rusak saat proses pelarutan lignin jika konsentrasi larutan pemasak yang digunakan rendah dan suhu yang digunakan sesuai. Pemakaian suhu di atas 180°C menyebabkan degradasi selulosa lebih tinggi, dimana pada suhu ini lignin telah habis terlarut (Casey, 1980). Adapun struktur dasar lignin ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Struktur Lignin (Lankinen, 2004)

#### 2.1.4.3.1 Delignifikasi

Lignin mengandung substansi yang kompleks dan merupakan suatu gabungan beberapa senyawa, yaitu karbon, hidrogen, dan oksigen. Proses pemisahan atau penghilangan lignin dari serat selulosa disebut dengan delignifikasi atau pulping. Proses pemisahan lignin dapat dibedakan menjadi 3, yaitu :

- *Mechanical Pulping* (Secara Mekanis)

Proses sangat sederhana dan tidak menggunakan bahan kimia. Pada proses ini, kandungan lignin dan zat lain masih tinggi.

- *Chemical Pulping* (Secara Kimia)

Proses ini menggunakan bahan kimia pada suhu, tekanan, konsentrasi, dan waktu tertentu. Proses ini menggunakan bahan kimia sebagai bahan utama untuk

melarutkan apa yang tidak diinginkan, sehingga dihasilkan serat selulosa dengan kadar yang tinggi. Bahan kimia yang digunakan tergantung macam proses dan macam bahan bakunya. Cara kimia ini meliputi tiga macam proses yakni :

- Proses Sulfat

Proses ini termasuk proses basa (alkali), karena sebagai larutan pemasak dipakai NaOH. Tujuan pemanasan ini adalah melarutkan lignin sebagian dan zat lain non-selulosa. Setelah terjadi proses pemasakan, lignin dan komponen lainnya dipisahkan dengan pencucian dan penyaringan.

- Proses Soda

Proses soda merupakan proses pulping yang pertama kali dilakukan dengan tujuan komersial. Proses ini termasuk proses alkali, dimana sebagai bahan bakunya digunakan NaOH yang berfungsi melarutkan lignin, karbohidrat, asam organik, resin, sehingga selulosa terlepas dari ikatannya.

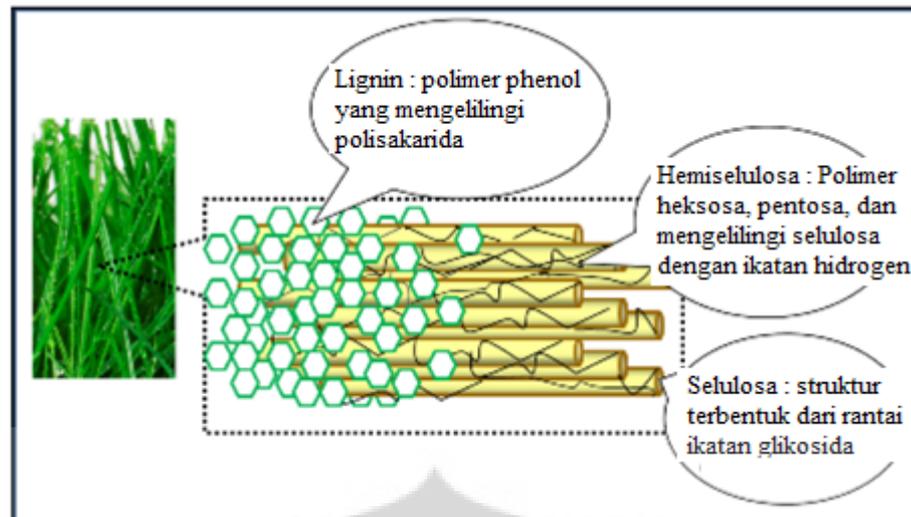
- Proses Sulfit

Proses ini menggunakan larutan pemasak kalsium, magnesium, amonia, atau sodium bisulfit yang mengandung kelebihan sulfur dioksida atau asam sulfit. Tahap yang dilakukan pada proses ini adalah tahap pemasakan (terjadi pemutusan rantai lignin dan selulosa), tahap pencucian (proses pencucian larutan pemasak dari proses pemasakan), tahap *bleaching* (pemutihan untuk meningkatkan kemurnian).

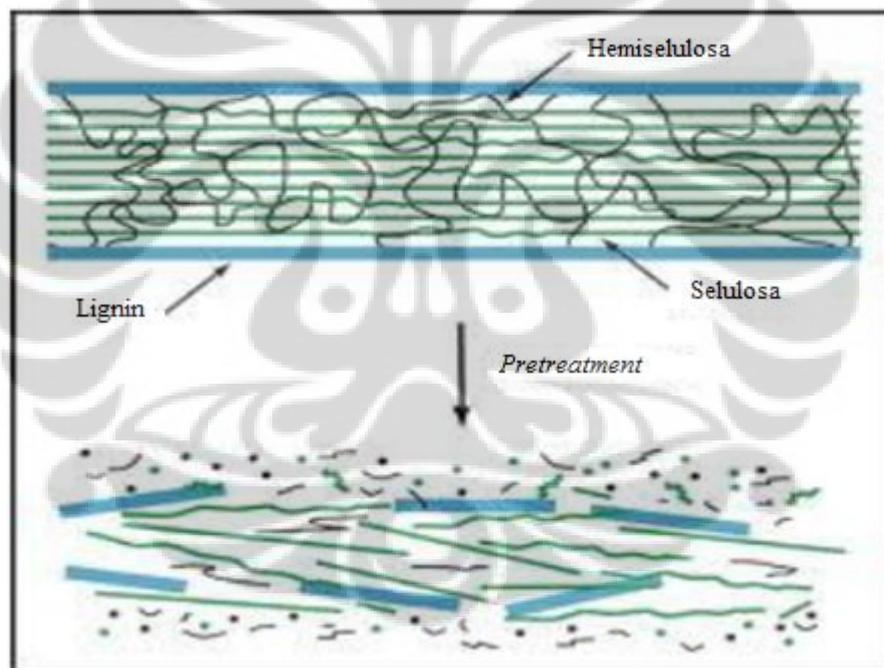
- Secara Semi Kimia

Proses ini merupakan gabungan dari proses kimia dan mekanik. Untuk memisahkan serat dipakai daya kimia, sedangkan yang tak hancur menggunakan proses mekanik.

Gambar 2.6 (a) menunjukkan analogi dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang terdapat pada tanaman hijau, dan (b) menunjukkan skema proses delignifikasi.



(a)



(b)

Gambar 2.6 (a) Skema dari Selulosa, Hemiselulosa, dan Lignin (b) Skema Proses Delignifikasi

(Harimurti, 2010)

### 2.1.5 Pemanfaatan Eceng Gondok

Dalam upaya pemanfaatan tanaman gulma air eceng gondok ini, beberapa upaya telah dilakukan untuk pengolahan eceng gondok lebih lanjut untuk aplikasi yang berguna, antara lain :

- Eceng gondok bersifat dapat menyerap zat pencemar dalam air dan dapat dimanfaatkan untuk mengurangi beban pencemaran lingkungan
- Tanaman eceng gondok untuk kerajinan kertas seni atau kerajinan lainnya
- Eceng gondok dimanfaatkan untuk sumberdaya energi biogas. Hal ini didasarkan pada kandungan eceng gondok, yakni amilum dan serat selulosa.
- Eceng gondok sebagai dasar pembuatan papan partikel dan material komposit. Hal ini karena sifat serat eceng gondok yang kuat sehingga dapat dijadikan bahan dasar pembuatan komposit juga papan partikel.

## 2.2 Serat Alam

Indonesia memiliki potensi serat alam yang sangat besar. Salah satu jenis serat alam yang melimpah keberadaannya ada serat dari selulosa. Selulosa merupakan senyawa organik dengan formula  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , dimana  $n$  adalah derajat polimerisasi dengan berat molekul 250.000 – 1.000.000 umunya tiap molekul.

### 2.2.1 Serat Selulosa

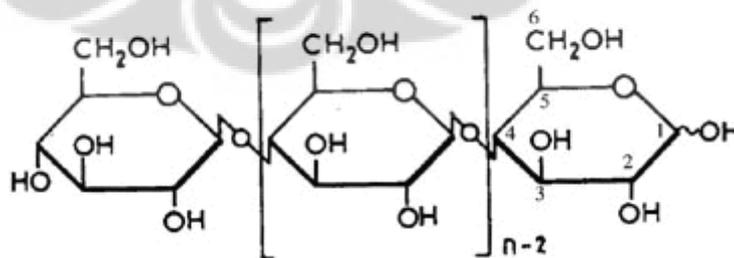
Selulosa adalah senyawa organik dengan formula  $(C_6H_{10}O_5)_n$  dan merupakan sebuah polisakarida yang terdiri atas satuan glukosa dengan panjang rantai mencapai ratusan hingga ribuan. Hidrolisis sempurna selulosa akan menghasilkan monomer selulosa, yakni glukosa.

Karakteristik selulosa antara lain muncul karena adanya struktur kristalin (daerah teratur) dan amorf serta beberapa *micro fibril* membentuk *fibril* yang pada akhirnya menjadi serat selulosa. Sifat selulosa sebagai polimer tercermin dari bobot molekul rata-rata, polidispersitas dan konfigurasi rantainya. Dalam praktek,

parameter yang banyak diukur adalah berupa derajat polimerisasi (DP) dan kekentalan (viscositas) yang juga merupakan tolok ukur kualitas selulosa.

Terdapat dua sumber utama selulosa yaitu tumbuhan dan serat selulosa yang dihasilkan oleh bakteri atau disebut *Bacterial Celluloses* (BC). Serat selulosa dari tumbuhan memiliki keunggulan yaitu jumlah bahan baku yang sangat melimpah dan mudah didapat, tetapi untuk mengambil selulosa dari tumbuhan perlu dilakukan beberapa proses yang sedikit rumit. Hal ini terjadi karena selulosa digunakan sebagai penyusun dinding sel tumbuhan, sehingga untuk mengambilnya dari sel tumbuhan, harus dilakukan pengekstrakan dan pemurnian lebih lanjut (pengotor ikut terekstrak).

Selulosa pada tumbuhan terdapat pada beberapa bagian seperti pada batang dan bagian lain. Bagian tubuh tumbuhan umumnya tidak hanya mengandung selulosa tetapi juga lignin dan hemiselulosa, lignin membungkus selulosa oleh karena itu untuk tahap ekstraksi serat, lignin perlu dilarutkan terlebih dahulu. Pelarutan lignin ini menghasilkan bahan yang hanya mengandung serat selulosa dan hemiselulosa. Struktur kimia dari selulosa ditunjukkan pada Gambar 2.7 dimana terlihat bahwa antara molekul selulosa memiliki ikatan hidrogen. Ikatan hidrogen antar molekul ini sangat kuat, hal ini menyebabkan selulosa tidak dapat larut dalam air walaupun memiliki banyak gugus hidroksil dan bersifat polar (Seymour, 1975). Sifat inilah yang dapat dimanfaatkan untuk memisahkan lignin dengan selulosa pada bagian tubuh tumbuhan.



Gambar 2.7 Struktur Kimia Selulosa (Nuringtyas, 2010)

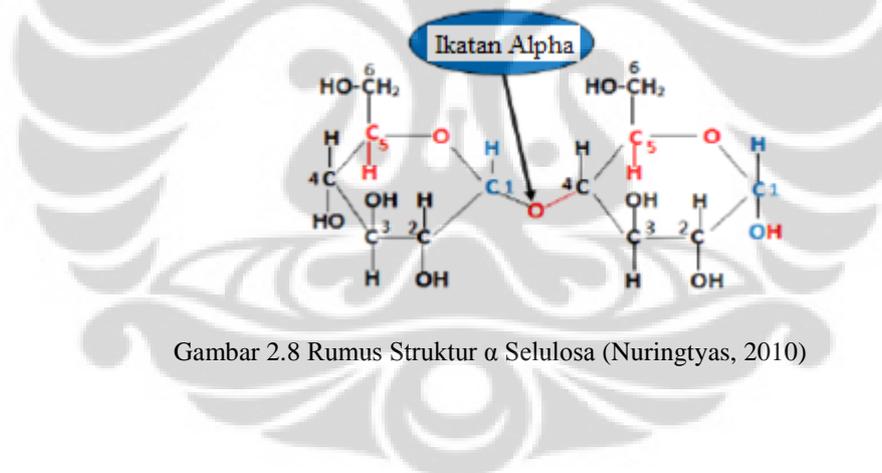
## 2.2.2 Pembagian Serat Selulosa

Berdasarkan derajat polimerisasi (DP) dan kelarutan dalam senyawa Natrium Hidroksida (NaOH) 17,5%, selulosa dapat dibagi menjadi tiga jenis yakni :

### 2.2.2.1 Alpha Cellulose

$\alpha$  Selulosa (*Alpha Cellulose*) adalah selulosa berantai panjang yang tahan dan tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% atau larutan basa kuat dengan DP (Derajat Polimerisasi) 600 – 15000.  $\alpha$  – selulosa digunakan sebagai penduga atau tingkat kemurnian selulosa. Selulosa dengan derajat kemurnian  $\alpha$  diatas 92% memenuhi syarat untuk bahan baku pembuatan propelan atau bahan peledak. Sedangkan selulosa dengan kualitas dibawahnya digunakan sebagai bahan baku pada industri pembuatan kertas dan industri kain (serat rayon). Semakin tinggi kadar alfa selulosa, maka akan semakin baik mutu bahannya.

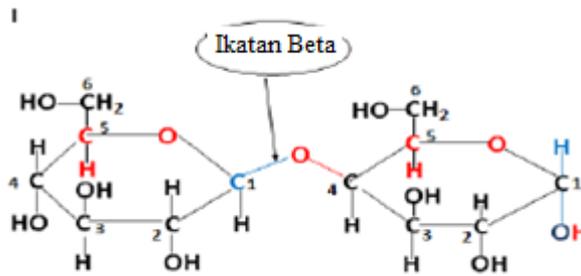
Adapun rumus struktur dari alfa selulosa ditunjukkan pada Gambar 2.8 :



Gambar 2.8 Rumus Struktur  $\alpha$  Selulosa (Nuringtyas, 2010)

### 2.2.2.2 Beta Cellulose

$\beta$  Selulosa (*Betha Cellulose*) adalah selulosa berantai pendek yang larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan DP (Derajat Polimerisasi) berkisar antara 15 – 90. Betha selulosa ini dapat mengendap jika ekstrak dinetralkan. Struktur dari Betha Selulosa ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Rumus Struktur  $\beta$  Selulosa (Nuringtyas, 2010)

### 2.2.2.3 Gamma Cellulose

$\gamma$  Selulosa (*Gamma Cellulose*) adalah selulosa berantai pendek yang larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan DP (Derajat Polimerisasi) kurang dari 15. Kandungan utamanya adalah hemiselulosa.

Pada aplikasi industri kertas, *Alpha Cellulose* sangat menentukan sifat tahanan kertas, dimana semakin banyak kadar alpha selulosa maka semakin tahan lama kertas tsb. Sifat hidrofilik yang dimiliki beta dan gamma selulosa lebih besar daripada alpha selulosanya.

### 2.2.3 Sifat Selulosa

Sifat selulosa terdiri dari sifat fisika dan kimia. Selulosa dengan rantai panjang memiliki sifat fisik yang lebih kuat, tahan lama terhadap degradasi yang disebabkan oleh pengaruh panas, bahan kimia maupun pengaruh biologis. Sifat fisika dari selulosa yang penting ialah panjang, lebar, dan tebal molekulnya. Sifat fisik lain dari selulosa ialah:

- Dapat terdegradasi oleh hidrolisa, oksidasi, fotokimia, maupun secara mekanis sehingga berat molekulnya menurun.
- Tidak larut dalam air maupun pelarut organik, tetapi sebagian larut pada larutan alkali.
- Dalam keadaan kering, selulosa bersifat higroskopis (baik menyerap air), keras, juga rapuh. Jika selulosa mengandung banyak air, maka akan bersifat lunak. Jadi fungsi air disini adalah sebagai pelunak.

- Selulosa dalam kristal memiliki kekuatan lebih baik dibandingkan dengan bentuk amorfnya.

Dilakukan tahapan untuk mendapatkan selulosa murni yang dipisahkan dari zat pengotornya. Pemisahan dilakukan pada kondisi optimum untuk mencegah terjadi degradasi terhadap selulosa. Kesulitan yang dihadapi dalam proses pemisahan ini disebabkan oleh :

- Berat molekul tinggi
- Keasaman sifat antara komponen *impurities* dengan selulosa itu sendiri
- Kristalinitas yang tinggi
- Ikatan fisika dan kimia yang kuat

Selama pembuatan serat selulosa murni, degradasi terjadi, antara lain karena beberapa hal sebagai berikut :

- Degradasi oleh hidrolisa asam

Terjadi pada temperatur yang cukup tinggi dan berada pada media asam pada waktu cukup lama. Akibat dari degradasi ini adalah terjadinya reaksi yakni selulosa terhidrolisa menjadi selulosa dengan berat molekul rendah. Keaktifan asam pekat untuk mendegradasi selulosa berbeda-beda.

- Degradasi oleh oksidator

Senyawa oksidator sangat mudah mendegradasi selulosa menjadi molekul yang lebih kecil. Hal ini tergantung dari oksidator dan kondisinya. Macam-macam oksidator adalah sebagai berikut :

- Chlorin mengoksidasi gugus karboksil dan aldehyd. Oksidasi karboksil menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ , sedangkan oksidasi aldehyd menjadi karboksil dan jika oksidasi diteruskan akan menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$
- Hipoklorit akan menghasilkan oksidasi selulosa yang mengandung presentase gugus hidroksil tinggi pada kondisi netral/ alkali.
- $\text{NO}_2$  mengoksidasi hidroksil primer dari selulosa menjadi karboksil. Oksidasi ini tidak akan memecah rantai selulosa kecuali jika terdapat alkali

- Degradasi oleh panas

Pengaruh panas lebih besar jika dibandingkan dengan asam dan oksidator. Serat selulosa yang dikeringkan pada temperatur tinggi akan mengakibatkan hilangnya sebagian higroskopisitasnya (*swealing ability*). Hal ini karena :

- Bertambahnya ikatan hidrogen antara molekul selulosa yang berdekatan
- Terbentuknya ikatan rantai kimia diantara molekul selulosa yang berdekatan
- Pemanasan serat pada temperatur sekitar 100<sup>0</sup>C akan menghilangkan kemampuan mengembang sekitar 50%.

### 2.3 Proses Pemutihan

Pada proses konvensional terdapat beberapa proses pembuatan pulp yaitu proses pembuatan pulp secara mekanis, kimia, dan gabungan antara proses mekanis dan kimia (Sjostrom, 1995). Teknik pembuatan pulp secara mekanis memberikan sifat kekuatan lembaran pulp yang rendah dan penggunaan energi yang cukup tinggi, sedangkan teknik pembuatan pulp secara kimia memberikan sifat kekuatan lembaran pulp yang tinggi, tetapi biaya produksi lebih mahal karena adanya penggunaan bahan – bahan kimia dalam jumlah besar dan berpotensi mencemari lingkungan. Pada proses pembuatan pulp gabungan antara mekanis dan kimia didapatkan kekuatan lembaran pulp yang lebih baik, tetapi proses ini masih mempunyai kelemahan yaitu membutuhkan energi yang besar baik pada proses pemisahan serat maupun dalam refining pulp, sehingga biaya produksi juga semakin besar disamping itu, adanya pemakaian bahan kimia yang mempunyai potensi untuk mencemari lingkungan.

Setelah proses pembuatan pulp secara konvensional selesai, masih terdapat tahapan proses untuk mendapatkan pulp dengan kualitas yang lebih baik karena pulp hasil proses tersebut masih berwarna gelap dan harus diputihkan terlebih dahulu. Hal ini disebabkan masih adanya sisa lignin yang terdapat dalam pulp. Pada umumnya proses pemutihan pulp (proses *bleaching*) masih menggunakan pemakaian bahan kimia seperti klor dan klorit. Penggunaan bahan kimia pemutih ini dapat menimbulkan potensi mencemari lingkungan (Bajpai, 1999). Proses

*bleaching* dengan menggunakan senyawa klorin mendapat sorotan khususnya dari organisasi peduli lingkungan karena limbah yang dihasilkan sangat berbahaya bagi lingkungan (Bajpai, 1999). Indonesia sebagai salah satu produsen pulp terbesar di dunia juga tidak luput dari desakan untuk memperbaiki prosesnya lebih-lebih dengan diterapkannya kebijakan “*eco-labelling*” dibanyak negara-negara maju yaitu tidak mengimport atau menggunakan produk yang diolah dengan proses yang mencemari lingkungan.

### 2.3.1 Teori Pemutihan

Warna pada pulp yang belum diputihkan pada umumnya disebabkan oleh lignin yang tersisa. Penghilangan lignin dapat lebih banyak pada proses pemasakan, tetapi akan mengurangi hasil cukup banyak dan merusak serat sehingga menghasilkan kualitas pulp yang rendah. Oleh karena itu, harus dilakukannya proses pemasakan dengan benar-benar cukup dan sesuai. Variabel dasar pada proses pemutihan antara lain bahan kimia, temperatur, dan pH.

Tujuan utama proses pemutihan secara umum yakni sebagai berikut :

- Memperbaiki *brightness* dan kemurnian
- Degradasi serat selulosa seminimum mungkin

Pengurangan kandungan resin juga faktor lain yang penting dalam proses pemutihan.

### 2.3.2 Zat Pemutih

Zat-zat pemutih menurut sifatnya dibagi menjadi dua yaitu, zat pemutih yang bersifat oksidator dan yang bersifat reduktor. Zat pemutih oksidator berfungsi untuk mendegradasi dan menghilangkan zat penyebab warna yaitu lignin. Zat pemutih reduktor berfungsi mendegradasi lignin secara hidrolisa dan membantu pelarutan senyawa lignin terdegradasi yang dihasilkan pada proses pemutihan sebelumnya.

Zat pemutih yang bersifat oksidator, pada umumnya digunakan untuk pemutihan serat-serat selulosa dan beberapa diantaranya dapat pula dipakai untuk serat-serat binatang dan sintesis. Contohnya: Kaporit ( $\text{CaOCl}_2$ ), Sodium Chlorite ( $\text{NaClO}_2$ ), Hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), Natrium peroksida ( $\text{Na}_2\text{O}_2$ ), dan lain-lain.

Zat-zat pengelantang yang bersifat reduktor hanya dapat dipakai untuk serat-serat protein (binatang). Contohnya: Sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ), Natrium bisulfit ( $\text{NaHSO}_3$ ), dan Natrium hidrosulfit ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ).

### 2.3.2.1 Hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )

Hidrogen peroksida adalah zat pemutih yang digunakan untuk memutihkan serat kapas, rayon, wol dan sutera. Hidrogen peroksida ini memiliki suhu optimum yaitu  $80\text{-}85^\circ\text{C}$ . bila suhu pada saat proses kurang dari  $80^\circ\text{C}$  maka proses akan berjalan lambat, sedangkan kalau lebih dari  $85^\circ\text{C}$  hasil proses tidak sempurna.

Hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) dalam perdagangan berupa larutan dan distabilkan dengan asam. Peroksida murni merupakan cairan yang bereaksi agak asam, larut dalam air pada berbagai perbandingan. Karena kemampuannya melepaskan oksigen maka sangat efektif dipakai sebagai bahan pemutih.



On yang terjadi akan bekerja sebagai oksidator untuk memutihkan bahan, sehingga penguraian Hidrogen peroksida dapat terkontrol dan berlangsung perlahan-lahan.

Reaksi pemecahan  $\text{H}_2\text{O}_2$  di alam tidak menimbulkan ancaman bagi lingkungan karena menghasilkan oksigen dan air. Skemanya ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Mekanisme Penguraian  $\text{H}_2\text{O}_2$  (Selig, 2009)

Pada kondisi basa,  $\text{H}_2\text{O}_2$  mudah terurai. Zat reaktif dalam sistem pemutihan dengan  $\text{H}_2\text{O}_2$  dalam suasana basa adalah ion perhidroksil ( $\text{HOO}^-$ ) (Dence, 1996). Ion ini sebagai bahan aktif yang bereaksi dengan struktur karbonil pada lignin sehingga lignin terpecah dan larut pada larutan alkali (Jumantara, 2011).

Faktor yang mempengaruhi penguraian Hidrogen peroksida, antara lain :

- *Pengaruh pH*, Hidrogen peroksida stabil dalam suasana asam. Di dalam suasana alkali mudah terurai melepaskan oksigen. Makin besar pH, penguraiannya makin cepat.
- *Pengaruh Suhu*, Penguraian Hidrogen peroksida juga dipengaruhi oleh suhu. Pemutihan dengan Hidrogen peroksida biasanya dilakukan pada suhu 80-85°C. Apabila suhu pengerjaannya kurang dari 85°C maka proses akan berjalan lambat. Diatas suhu tersebut proses akan berjalan cepat.
- *Pengaruh stabilisator*, Stabilisator berguna untuk memperlambat penguraian walaupun pada pH dan suhu tinggi.
- *Pengaruh logam atau oksida logam*, Beberapa logam atau oksida logam tertentu dapat mempercepat penguraian Hidrogen peroksida seperti besi, tembaga, kobal dan nikel. Logam-logam tersebut disebut pembawa oksigen (*oxygen carrier*).

Pemutihan dengan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ini memiliki beberapa keuntungan yaitu :

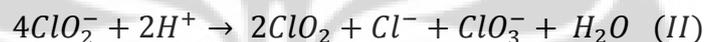
- Waktu pengerjaannya singkat, karena pada saat proses pengerjaan dengan menaikkan suhu hingga 85°C secara konstan selama ± 1 jam, maka serat akan lebih cepat diputihkan.
- Hasil pemutihan baik dan rata, dengan menggunakan proses pemanasan maka warna asli pada serat dapat terurai dan bahan menjadi lebih putih dan rata. Hasil derajat putih yang dihasilkan juga stabil, tidak mudah menjadi kuning.
- Kemungkinan kerusakan kecil, karena daya oksidasi Hidrogen peroksida lebih kecil, kerusakan yang dihasilkan juga kecil. Demikian juga karena pengaruh penggunaan Natrium silikat sebagai stabilisator yang memperlambat penguraian dari Hidrogen peroksida sehingga kerusakan lebih kecil.

Pembuangan limbah bekas proses dilakukan dengan pengaliran dengan air hingga seencer mungkin. Pada dasarnya diukur dari jumlahnya sedikit dan tidak mengubah kondisi air, seperti warna, bau, rasa dan suhu. Faktor pH juga penting,

agar menyesuaikan pH air buangan dengan pH air netral yaitu 7. Namun demikian, dalam keseharian tidak semua pelaku usaha dapat menerapkan pengukuran pH.

### 2.3.2.2 Sodium Chlorite ( $\text{NaClO}_2$ )

*Sodium chlorite* sudah digunakan hampir 40 tahun di industri pemutihan serat tekstil (100% serat selulosa atau campuran dari bahan kimia dan serat selulosa). Keuntungannya dibandingkan bahan *bleaching* lainnya terletak pada selektifas reaksi yang melindungi serat tekstil itu sendiri. Zat ini stabil pada suhu lingkungan. Dan ketika diasamkan, akan membentuk *chlorine dioxide* ( $\text{ClO}_2$ ) yang merupakan gas hijau yang siap dilarutkan pada air. Reaksinya yakni :



Gambar 2.11 Mekanisme Pemutihan Menggunakan *Sodium Chlorite*

Reaksi (I) selalu lebih penting, pada reaksi (II) dipromosikan oleh penurunan pH. Pemutihan dilakukan dalam sebuah larutan asam lemah dengan *Sodium chlorite* untuk memungkinkan klorin dioksida untuk diserap oleh serat-serat tekstil.

Tahapan pemutihan menggunakan klorin dioksida menghasilkan *brighthness* yang tinggi. Dan keuntungannya adalah bahwa lignin dihancurkan tanpa merusak selulosa (Sinaga, 2008). Pada ekstraksi dengan larutan alkali, dimana tujuannya adalah melarutkan komponen penyebab warna. Dimana kelarutan klorinat dan lignin, dan komponen lainnya, akan meningkatkan tingkat *brightness* yang terjadi.

### 2.3.2.3 Klorin Dioksida ( $\text{ClO}_2$ )

Merupakan salah satu bahan kimia pengoksidasi kuat, kerja dari proses pemutihan ini umumnya dengan cara oksidasi terhadap lignin dan bahan berwarna lainnya. Zat ini digunakan sebab memiliki keunikan, yakni sanggup mengoksidasi

bahan non selulosa dengan kerusakan pada selulosa yang minimum. *Brightness* tinggi yang dihasilkan pada zat ini stabil.

#### **2.3.2.4 Sodium Hidroksida (NaOH)**

Pada saat klorin bereaksi dengan lignin, sebagian besar saja yang dihasilkan tsb larut dengan air. Karena klorinat lignin sangat mudah terlarut dalam larutan alkali, perlakuan alkali ini diberikan setelah proses klorinasi. Dimana sodium hidroksida merupakan salah satu alkali kuat yang ada.

## **2.4 Karakterisasi**

### **2.4.1 FTIR (*Fourier Transform Infrared*)**

Salah satu metode spektroskopi yang sangat populer digunakan adalah metode spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*). Dalam hal ini metode spektroskopi yang digunakan adalah metode spektroskopi absorpsi, yaitu metode spektroskopi yang didasarkan atas perbedaan penyerapan radiasi inframerah oleh molekul suatu materi. Absorpsi inframerah oleh suatu materi dapat terjadi jika dipenuhi dua syarat, yakni kesesuaian antara frekuensi radiasi inframerah dengan *frekuensi vibrasional* molekul sampel dan perubahan momen dipol selama bervibrasi (Chatwall, 1995).

Spektroskopi FTIR (*fourier transform infrared*) merupakan salah satu teknik analitik yang sangat baik dalam proses identifikasi struktur molekul suatu senyawa. Kesulitan-kesulitan yang ditemukan dalam identifikasi dengan spektroskopi FTIR dapat ditunjang dengan data yang diperoleh dengan menggunakan metode spektroskopi yang lain.

Pada karakterisasi di penelitian ini, Spektrum *Fourier Transform Infrared* (FTIR) direkam dengan pemisahan spektrum  $2\text{ cm}^{-1}$ , pada suhu  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  dengan metoda pelet KBr. Gambar 2.12 menunjukkan skema peralatan dari FTIR.



Gambar 2.12 Skema Peralatan FTIR

#### 2.4.2 *Thermogravimetric Analysis (TGA)*

Karakteristik termal dari serat selulosa yang didapat dipelajari dengan *Thermogravimetric Analyzer* pada kisaran suhu 30°C – 500°C dengan laju pemanasan 20 C/ menit. TGA ini mengukur laju perubahan massa sampel terhadap fungsi temperatur atau waktu yang dikontrol. Pengukuran bertujuan untuk menentukan komposisi dari sampel dan untuk memprediksi kestabilan thermal hingga mencapai 1000°C. Gambar 2.13 menunjukkan skema alat dari *Thermogravimetric Analysis*.



Gambar 2.13 Skema Peralatan TGA

#### 2.4.3 *HPLC (High Pressure Liquid Chromatography)*

HPLC pada prinsipnya adalah pemisahan tiap komponen dalam sampel berdasarkan kepolarannya, untuk selanjutnya diidentifikasi secara kualitatif dan dihitung berapa konsentrasi dari masing-masing komponen tersebut. Analisis ini dilakukan dengan membandingkan sampel berupa larutan (filtrat) dengan standar yang ada pada pengukuran. Alat ini terdiri dari kolom sebagai fase diam dan larutan tertentu sebagai fase geraknya. Yang membedakan HPLC dengan

kromatografi lainnya adalah pada HPLC digunakan tekanan tinggi untuk mendorong fase gerak.



Gambar 2.14 Perangkat HPLC

Pada Gambar 2.14 terlihat perangkat HPLC (*High Pressure Liquid Chromatography*) yang akan digunakan untuk menentukan *yield* hemiselulosa dan selulosa yang terbentuk dalam produk. Analisis ini dilakukan di Laboratorium Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Serpong.

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

Untuk pengekstraksian serat selulosa tanaman eceng gondok, beberapa tahapan proses secara kimiawi harus dilakukan. Pada bab ini, akan dibahas tentang metode penelitian ekstraksi serat selulosa tanaman eceng gondok, berupa diagram alir dan prosedur penelitian, alat dan bahan, variabel penelitian, dan pelaksanaan penelitian.

#### 3.1 Diagram Alir dan Prosedur Penelitian



#### Pembersihan, Pengeringan, dan Preparasi Serat

- Eceng gondok mulanya dicuci dengan air, dikeringkan, dipotong, dan disimpan pada suhu ruang.
  - Eceng gondok yang dikeringkan selama kurang lebih 3 hari dibawah sinar matahari, kemudian disimpan di wadah tertutup yang terdapat silica gel didalamnya. Hal ini agar eceng gondok tidak lembap.
  
- Eceng gondok yang digunakan pada penelitian ini berjenis eceng gondok danau yang berasal dari danau Universitas Indonesia. Penggunaan eceng gondok danau ini dikarenakan ketersediannya yang cukup banyak di sekitar Universitas Indonesia. Proses awal dari preparasi eceng gondok yakni pemisahan dan pemotongan eceng gondok bagian batang (bagian yang digunakan). Pada bagian ini, didapatkan sifat yang lebih kuat dibandingkan bagian lainnya (daun dan akar).



Gambar 3.1 (a) Tanaman eceng gondok (b) Eceng gondok setelah dipisahkan (c) Eceng gondok setelah dikeringkan selama tiga hari

- Proses pembersihan eceng gondok dilakukan untuk menghilangkan pengotor. Langkah awal yang dilakukan adalah mencucinya dengan air, kemudian pengeringan dibawah sinar matahari selama sekitar 3 hari. Kandungan air dan udara pada batang eceng gondok amat banyak, karena porositasnya yang cukup besar yakni berkisar 69,6 – 74,1 %.
- Eceng gondok yang telah dikeringkan kemudian dipotong, diblender (dikecilkan ukurannya) lalu disaring sebesar 1 mm menggunakan ayakan sebesar 1 mm. Proses pengayakan eceng gondok menggunakan penyaring ditunjukkan pada Gambar 3.2.



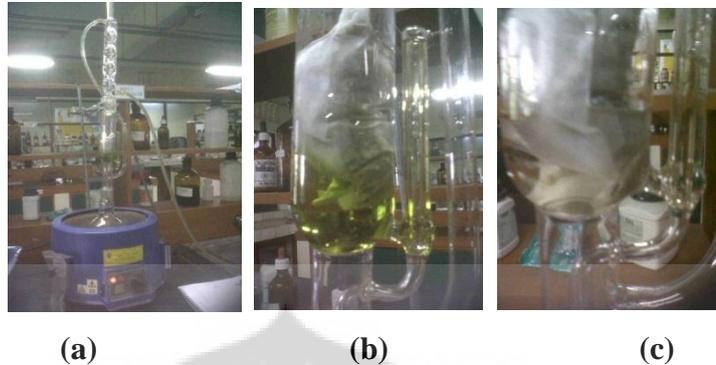
Gambar 3.2 Batang Eceng Gondok Yang Telah Dijadikan Serat



### Penghilangan Kandungan Zat Lilin

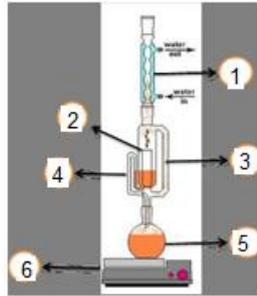
- Setelah didapatkan serat yang cukup halus (berukuran sekitar 1 mm), serat ini kemudian dilakukan perlakuan untuk penghilangan kandungan lilin (*dewaxing*), yakni dilakukannya pemanasan menggunakan *soxhlet*

*apparatus* selama 6 jam dengan menggunakan pelarut ethanol dan toluena (perbandingan volume = 2/2). Proses *dewaxing* menggunakan *soxhlet apparatus* seperti pada Gambar 3.3:



Gambar 3.3 (a) Peralatan *Soxhlet Apparatus* (b) Eceng gondok pada awal proses (c) Eceng gondok pada akhir proses

- Prinsip dasar soxhlet ini adalah pengekstrakkan suatu senyawa menggunakan suatu pelarut sehingga terjadi ekstraksi yang kontinyu. Kemudian pelarut akan bercampur dengan sampel dan mengekstrak (memisahkan) senyawa yang kita inginkan dari suatu sampel. Setelah itu maka pelarutnya akan memenuhi sifon, dan ketika pada sifon penuh kemudian akan disalurkan kembali kepada labu alas bulat (proses sirkulasi).
- Terlihat pada Gambar 3.3 (b), eceng gondok yang terbungkus kertas saring terendam oleh pelarut *ethanol-toluena* berwarna kuning kekeruhan. Hal ini menggambarkan bahwa kandungan lilin pada eceng gondok yang masih banyak. Akan tetapi setelah berjalan cukup lama, warna pelarut yang terlihat adalah coklat muda kebeningan seperti yang terlihat pada Gambar 3.3 (c). Hal ini karena telah terjadi ekstraksi senyawa lilin eceng gondok ke pelarut yang digunakan melalui proses sirkulasi beberapa tahap. Adapun instrument dari *soxhlet* ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Nama Instrument dari *Soxhlet Apparatus*

Keterangan :

- |                                 |   |
|---------------------------------|---|
| 1. Kondenser, sebagai pendingin | 4. Sifon, sebagai perhitungan siklus      |
| 2. Timbal, sebagai wadah sampel | 5. Labu alas bulat, sebagai wadah pelarut |
| 3. Pipa F, sebagai jalannya uap | 6. Hotplate, sebagai pemanas larutan      |



### Proses *Bleaching*

- Serat tsb *dibleach* (pemutihan) dan dipanaskan dengan variasi larutan.
  - Dilakukan variasi larutan, yakni *Sodium Chlorite*/  $\text{NaClO}_2$ , *Hydrogen Peroxide*/  $\text{H}_2\text{O}_2$ , dan *Hydroclouric Acid*/  $\text{HCl}$  dengan kondisi 3% berat pada pH asam. Keadaan asam diperoleh dengan meneteskan beberapa tetes asam asetat (*asetic acid*) ke dalam larutan sampel hingga tercapai pH yang diinginkan (menggunakan pH meter)
- Didiamkan selama 3 jam pada  $80^\circ\text{C}$  (boleh juga didiamkan sepanjang malam). Dan proses ini diulang dua kali, dicuci dengan air distilasi hingga terbebas dari asam dan tercapainya tissue putih.
  - Proses pendiaman larutan sampel selama 3 jam dilakukan di *waterbath*, yang kemudian didiamkan sepanjang malam. Proses ini diulang 2x (proses pemutihan yang dilanjutkan dengan perendaman di *waterbath*).

- Proses penyaringan juga dilanjutkan dengan pencucian menggunakan air distilasi agar sampel benar terbebas dari asam.



## Penghilangan Hemiselulosa

- Penghilangan hemiselulosa dengan mereaksikan dengan larutan 4wt% *sodium hydroxide* (NaOH) kemudian direndam di *waterbath* pada 60°C selama 4 jam. Kemudian sampel disaring menggunakan pompa vakum dan dicuci dengan air distilasi.
  - Larutan NaOH dibuat dengan melarutkannya pada aquadest. Yang kemudian dipanaskan lebih lanjut menggunakan *waterbath*.
  - Setelah didiamkan, sampel disaring menggunakan pompa vakum untuk memisahkan suspensi dari cairan dan dibilas lagi dengan air distilasi.
  - Kemudian serat yang diperoleh digunakan untuk tahap berikutnya.



## Delignifikasi

- Lignin dihilangkan dengan perlakuan lebih lanjut dengan menggunakan variasi larutan pada kondisi asam dan direndam pada *waterbath* pada 80°C selama 3 jam. Kemudian sampel disaring dan dicuci dengan air distilasi.
  - Disini juga dilakukan variasi larutan seperti pada tahap pertama, yakni larutan *Sodium Chlorite/ NaClO<sub>2</sub>*, *Hydrogen Peroxide/ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>*, dan *Hydroclouric Acid/ HCl*. Kondisi asam juga harus dicapai pada langkah ini. Proses dilanjutkan dengan perendaman

larutan pada *waterbath* yang kemudian dilakukan dengan penyaringan dan pencucian kembali.



## Pendapatan Selulosa Murni

- Hemiselulosa yang tersisa sudah hilang dan menghasilkan serat murni selulosa dengan melakukan pencampuran serat yang diperoleh dari langkah sebelumnya dengan larutan 4% NaOH, yang dilanjutkan dengan perendaman di *waterbath* pada 60<sup>0</sup>C selama 4 jam.
  - Pereaksian sampel larutan lebih lanjut dengan larutan NaOH yang lalu direndam konstan menggunakan *waterbath*.
  - Kemudian dilakukan penyaringan menggunakan pompa vakum, dan dicuci dengan air distilat hingga terbebas dari alkali.
  - Air filtrat dari pemisahan serat ini tidak langsung dibuang, melainkan ditampung dan dikumpulkan yang kemudian akan dianalisis kandungannya lebih lanjut.
- Serat selulosa murni yang didapatkan dikeringkan dengan bantuan sinar matahari dan diangin-anginkan selama sekitar 2 hari.

### 3.2 Alat dan Bahan

Bahan kimia yang digunakan antara lain :

- |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|
| - Toluena                  | - <i>Hydroclouric Acid</i> |
| - Ethanol                  | - Pottasium Bromide        |
| - <i>Sodium Hydroxide</i>  | - Nitrogen Cair            |
| - <i>Sodium Chlorite</i>   | - Asam Asetat              |
| - <i>Hydrogen Peroxide</i> |                            |

Peralatan yang digunakan antara lain :

- Soxhlet Apparatus
- Waterbath
- Hotplate dan stirrer
- Alat Sentrifuge
- pH meter
- Oven
- Spatula Besi, Pengaduk Kaca
- Corong dan Kertas Saring
- Pompa Vakum
- Beaker Glass
- Botol Duran
- Pipet Tetes

### 3.3 Variabel Penelitian

Variabel bebas meliputi :

- Variasi pelarut yang digunakan (*Sodium Chlorite/ NaClO<sub>2</sub>, Hydrogen Peroxide/ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, dan Hydroclouric Acid/ HCl*);

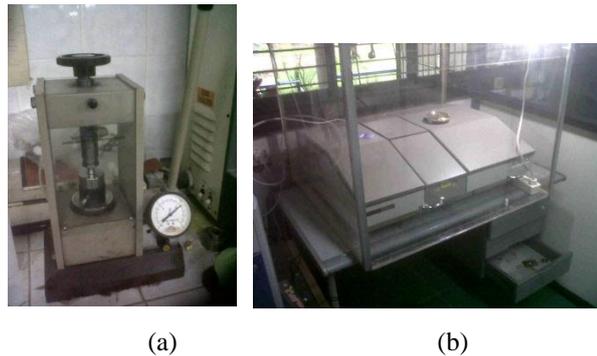
Variabel terikat pada penelitian ini adalah kondisi serat selulosa yang diperoleh, yang diketahui dengan analisis uji karakterisasi.

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Energi Berkelanjutan Departemen Teknik Kimia FT-UI, sedangkan pengujian karakterisasi sampel dilakukan di luar departemen, yakni sbb :

#### 3.4.1 Uji FTIR

FTIR adalah instrumentasi yang digunakan untuk mengkarakterisasi senyawa-senyawa organik dengan melihat gugus fungsi penyusunnya. Langkah awal dari analisis ini adalah pembuatan pellet serat selulosa dengan mencampurnya dengan KBr. Serat digerus dengan KBr hingga homogen dan menjadi serbuk halus. Setelah homogen, diambil sejumlah serbuk tersebut yang kemudian dimasukkan ke dalam alat yang berfungsi untuk membuat pellet, seperti pada Gambar 3.5 (a). Di dalam alat tersebut, serat selulosa-KBr diberi tekanan dengan gaya sekitar sepuluh ton. Pellet yang telah terbentuk, kemudian dimasukkan ke dalam spektrometer infra merah (seperti terlihat pada Gambar 3.5 (b)) dan dibuat spektranya.



Gambar 3.5 Peralatan (a) Pembuat pellet (b) Spektrometer Inframerah

Setelah semua spektra terbentuk, spektra tersebut dianalisis dan dicocokkan dengan data dari literatur. Setiap gugus fungsi (ikatan) di dalam suatu molekul mempunyai tingkatan energi vibrasi dan rotasi yang berbeda, oleh karena itu, gugus fungsi ditentukan dari nilai bilangan gelombang yang terserap oleh ikatan tersebut.

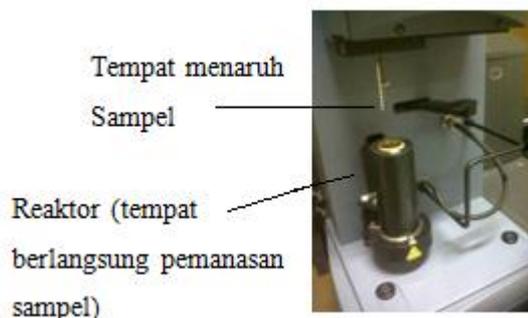
Metode spektroskopi FTIR ini sudah cukup banyak digunakan pada penelitian akan selulosa, karena kehadiran akan informasi tentang perubahan kimia yang terjadi karena adanya perlakuan kimia yang cukup mudah.

Analisis FTIR (*Fourier Transform Infrared*) yang dilakukan di Laboratorium Rekayasa Produk Kimia dan Bahan Alam (RPKA) di Departemen Teknik Kimia (DTK) Universitas Indonesia.

### 3.4.2 Uji *Thermal Gravimetric Analysis*

TGA yang banyak diterapkan didasarkan pada pengukuran massa sampel yang kontinyu terhadap suatu neraca sensitif (disebut *neraca panas*) ketika suhu sampel dinaikkan dalam udara atau dalam dalam atmosfer yang inert. Data dicatat sebagai thermogram bobot versus temperatur. Hilangnya bobot sampel bisa timbul dari evaporasi lembab yang tersisa atau pelarut, tetapi pada suhu-suhu yang lebih tinggi terjadi dari terurainya polimer dari sampel yang diuji.

Berikut merupakan skema alat dari *Thermogravimetric Analysis*

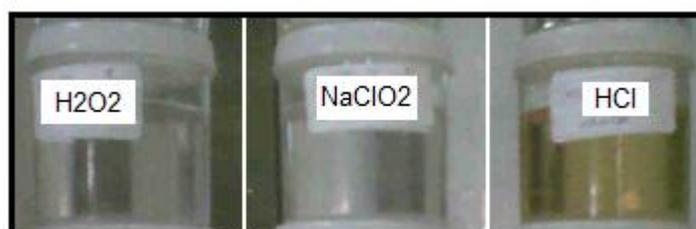


Gambar 3.6 Skema Peralatan TGA

Terlihat pada Gambar 3.6 terdapat reaktor (tabung hitam) yang berfungsi untuk memanaskan sampel hingga suhu yang dikehendaki. Pada saat proses berlangsung, reaktor akan bergerak ke atas sehingga seluruh sampel yang berada pada plat silver akan tertutupi. Dan pada saat itulah proses pemanasan berlangsung. Dan pada penelitian ini, analisis Thermal digunakan pada suhu dibawah  $500^{\circ}\text{C}$ . Analisis TGA dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Islam Negeri (UIN) Syarif Hidayatullah, Jakarta.

### 3.4.3 Uji High Pressure Liquid Chromatography (HPLC) di BPPT Serpong

Pada analisis ini, prinsipnya adalah perbandingan larutan sampel dengan larutan standar, dan dalam penelitian ini digunakan filtrat/ cairan hasil saring dari langkah terakhir, yakni langkah pendapatan serat selulosa murni dengan mereaksikannya pada larutan alkali (NaOH). Hasil saring/ filtrat yang didapatkan dan diuji analisis HPLC yakni seperti Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Filtrat (Hasil Saring) yang digunakan pada Analisis HPLC

Untuk mengevaluasi keefektifan dari penghilangan hemiselulosa, digunakan suatu analisis yakni HPLC (*High Pressure Liquid Chromatography*) yang merupakan analisis untuk monosakarida gula (karbohidrat) berdasarkan waktu retensi. Adapun hemiselulosa merupakan istilah umum bagi polisakarida yang larut dalam alkali, dan juga sangat dekat asosiasinya dengan selulosa dalam dinding sel tanaman (Wegener, 1984). Hemiselulosa merupakan polimer bercabang dari berbagai jenis monomer gula heksosa, pentosa, asam heksuronat, dan deoksi heksosa

Kolom yang digunakan pada analisis ini adalah *Aminex HPX-87C*, dimana C adalah Carbon, yang bermaksud untuk mendeteksi seberapa banyak kandungan carbon tertentu yang terdapat pada sampel. Gambar 3.8 menunjukkan skema peralatan yang digunakan pada analisis ini :



Gambar 3.8 Skema Peralatan HPLC

Analisis HPLC ini dilakukan di Laboratorium Pengembangan Industri Agro dan Biomedika (Laptiab) BPPT, Serpong

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Proses Isolasi Serat Selulosa Eceng Gondok

Proses isolasi serat selulosa tanaman eceng gondok pada penelitian ini, menggunakan tiga variasi larutan, yakni  $\text{NaClO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , dan  $\text{HCl}$ . Untuk ketiga variasi larutan yang ada, proses dilakukan pada kondisi operasi yang sama (konsentrasi pelarut, suhu, proses pemanasan, dll). Serangkaian proses kimiawi yang dilakukan pada penelitian ini meliputi :

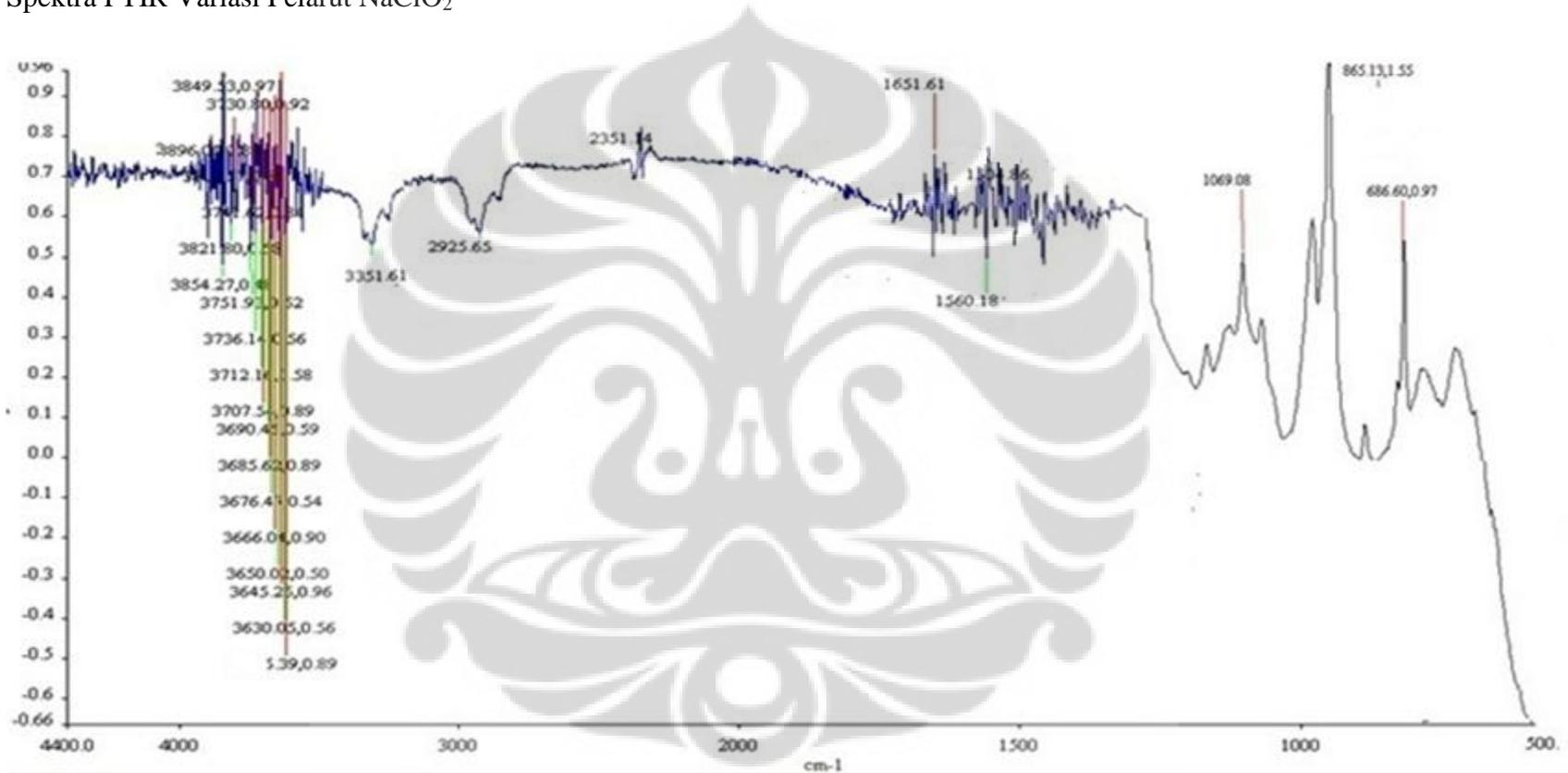
- *Bleaching*, dengan melakukan pereaksian dengan variasi pelarut ( $\text{NaClO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , dan  $\text{HCl}$ ), kemudian pendidihkan dan perendaman di *waterbath* selama 3 jam pada  $80^\circ\text{C}$ . Langkah ini diulang 2x dan dilanjutkan dengan pendinginan sampel semalaman;
- Penghilangan hemiselulosa, dengan melakukan pereaksian dengan  $\text{NaOH}$  dan dilanjutkan perendaman di *waterbath* selama 4 jam pada  $60^\circ\text{C}$ ;
- Delignifikasi, dengan melakukan pereaksian dengan variasi pelarut ( $\text{NaClO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , dan  $\text{HCl}$ ) dan dilanjutkan perendaman di *waterbath* selama 3 jam pada  $80^\circ\text{C}$ ;
- Pendapatan selulosa murni, dengan melakukan pereaksian dengan  $\text{NaOH}$  dan dilakukan perendaman di *waterbath* selama 4 jam pada  $60^\circ\text{C}$ ; dan
- Proses pengeringan sampel selulosa di bawah matahari dan diangin-anginkan.

Didapatkan tiga hasil untuk serat selulosa dengan tiga variasi pelarut. Berikut merupakan uji karakterisasi yang dilakukan, yakni analisis FTIR (*Fourier Transform Infrared*), TGA (*Thermogravimetric Analysis*), dan HPLC (*High Pressure Liquid Chromatography*).

### 4.3 Analisis Serat Selulosa Eceng Gondok

#### 4.3.1 FTIR (*Fourier Transform Infrared*)

##### a. Spektra FTIR Variasi Pelarut $\text{NaClO}_2$

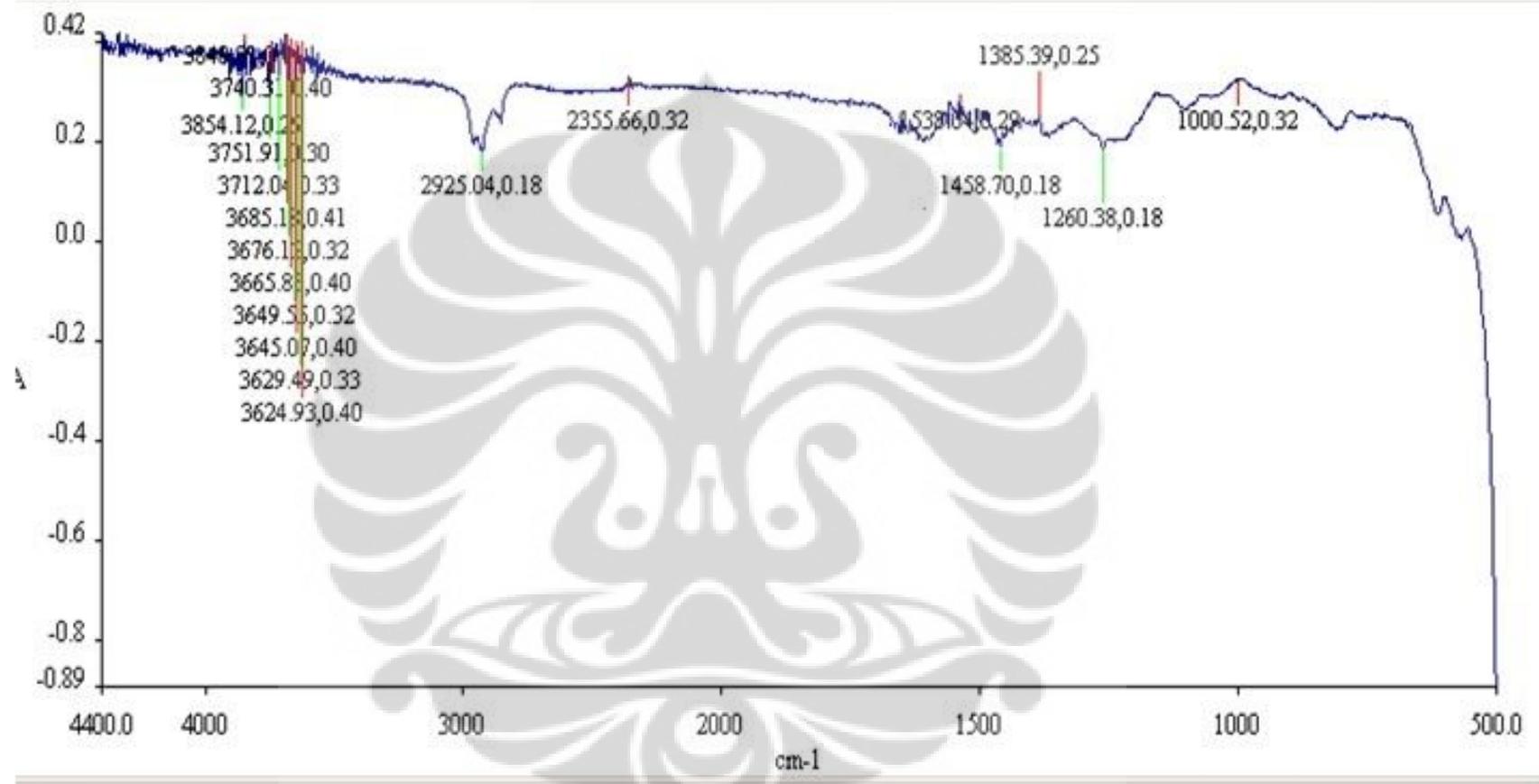


Dari Gambar 4.1 grafik spektra FTIR yang diperoleh, didapatkan adanya puncak pada  $2925\text{ cm}^{-1}$  dan  $3351\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan peregangan ikatan grup C-H dan O-H. Sedangkan, puncak yang terjadi di sekitar  $1651\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan penyerapan air. Dimana kedua puncak tsb dianggap berasal dari peregangan ikatan hidrogen dan pembengkokan dari grup hidroksil (OH) kepada struktur selulosa. Dimana ikatan hidrogen terbentuk antara atom hidrogen dari satu kelompok hidroksil dari suatu monomer glukosa dan atom oksigen dari gugus hidroksil lain monomer glukosa dalam rantai polimer paralel selulosa.

Pembentukan serat selulosa dan fakta bahwa ia tidak larut dalam air pada dasarnya adalah hasil dari ikatan hydrogen (Paulien, 2010). Hasil ini menunjukkan bahwa komponen selulosa tidak hilang karena dilakukannya perlakuan secara kimiawi.

Kehadiran akan kelompok gugus acetyl dan ester pada hemiselulosa atau kelompok asam karboksil pada kelompok *ferulic* dan *p-coumeric* pada lignin, akan ditunjukkan pada spektra yang terdapat di sekitar  $1700\text{ cm}^{-1}$ , yang akan ditandai dengan gugus C=O (Alemdar, 2008). Jika dilihat dari spektra FTIR seperti Gambar 4.1 yang terbentuk, tidak terdapat puncak yang berada di sekitar  $1700\text{ cm}^{-1}$ . Hal ini menandakan bahwa setelah dilakukannya perlakuan pendapatan serat selulosa secara kimiawi (pada medium alkali dan perlakuan *bleaching*), kandungan serat non selulosa telah hilang karena telah terlarutkan oleh pelarut yang digunakan (Jonoobi, 2009).

Daerah serapan yang terjadi sekitar  $1050\text{ cm}^{-1}$  mengacu pada terdapatnya peregangan C-O dan struktur dari komponen selulosa (Alemdar, 2008). Dan daerah serapan pada  $865,13\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan getaran C-H yang mengindikasikan adanya karakteristik penyerapan dari  *$\beta$ -glycosidic* (Silviya Elanthikkal, 2010)(Chaikumpollert, 2004). Dimana daerah resapan bersifat original berasal dari  *$\beta$ -glycosidic* yang menghubungkan antara unit glukosa pada selulosa (Alemdar, 2008; J.X. Sun, 2004).

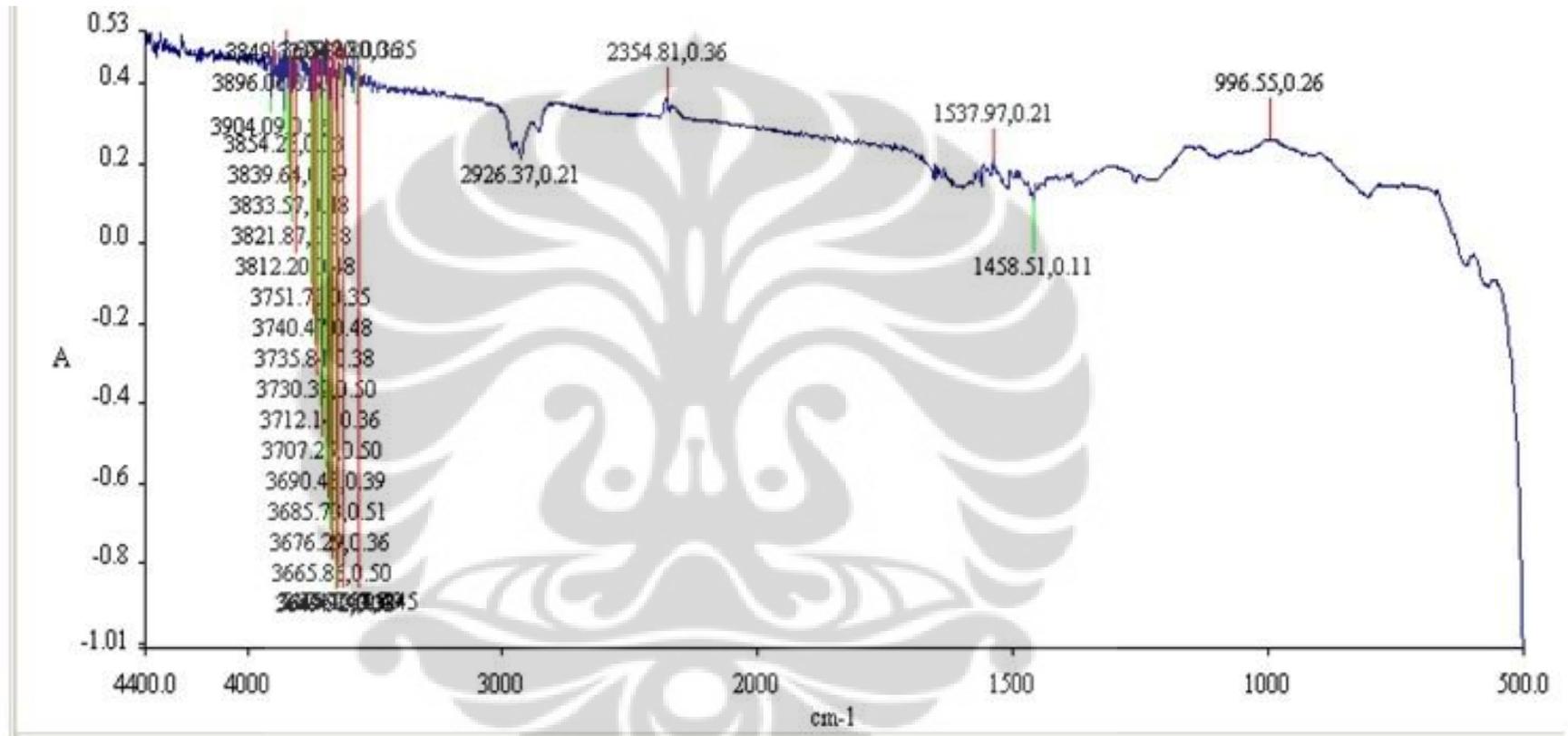
b. Spektra FTIR Variasi Pelarut H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>Gambar 4.2 Spektra FTIR Serat Selulosa dengan Variasi Pelarut H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Dari Gambar 4.2 spektra FTIR, terlihat puncak pada  $2925\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan ikatan grup C-H. Daerah serapan yang terjadi pada  $1000,52\text{ cm}^{-1}$  mengacu pada terdapatnya vibrasi peregangan dari C-O pada struktur cincin komponen selulosa (Silverstein, 1991). Hasil ini menunjukkan bahwa komponen selulosa tidak sepenuhnya hilang karena dilakukannya perlakuan secara kimiawi.

Kehadiran akan kelompok gugus acetyl dan ester pada hemiselulosa atau kelompok asam karboksil pada kelompok *ferulic* dan *p-coumeric* lignin, akan ditunjukkan pada spektra yang terdapat di sekitar  $1700\text{ cm}^{-1}$  (Alemdar, 2008). Jika dilihat dari spektra FTIR variasi larutan seperti Gambar 4.2 yang terbentuk, tidak terdapat puncak yang berada di sekitar  $1700\text{ cm}^{-1}$ . Hal ini menandakan bahwa setelah dilakukannya perlakuan pendapatan serat selulosa secara kimiawi (pada medium alkali dan perlakuan *bleaching*), kandungan serat non selulosa telah hilang karena telah terlarutkan oleh pelarut yang digunakan (Jonoobi, 2009).

Pada spektra yang terbentuk, fenomena penyerapan yang terdapat di daerah  $1260,38\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya gugus C-O-C (aryl-alkyl ether), dimana ini mengindikasikan masih terdapatnya polimer lignin dikarenakan ikatan ether ini (Troedec, 2008). Dari hasil yang didapat, diperkirakan bahwa perlakuan yang diberikan kurang efektif untuk menghilangkan lignin.

## c. Spektra FTIR Variasi Pelarut HCl

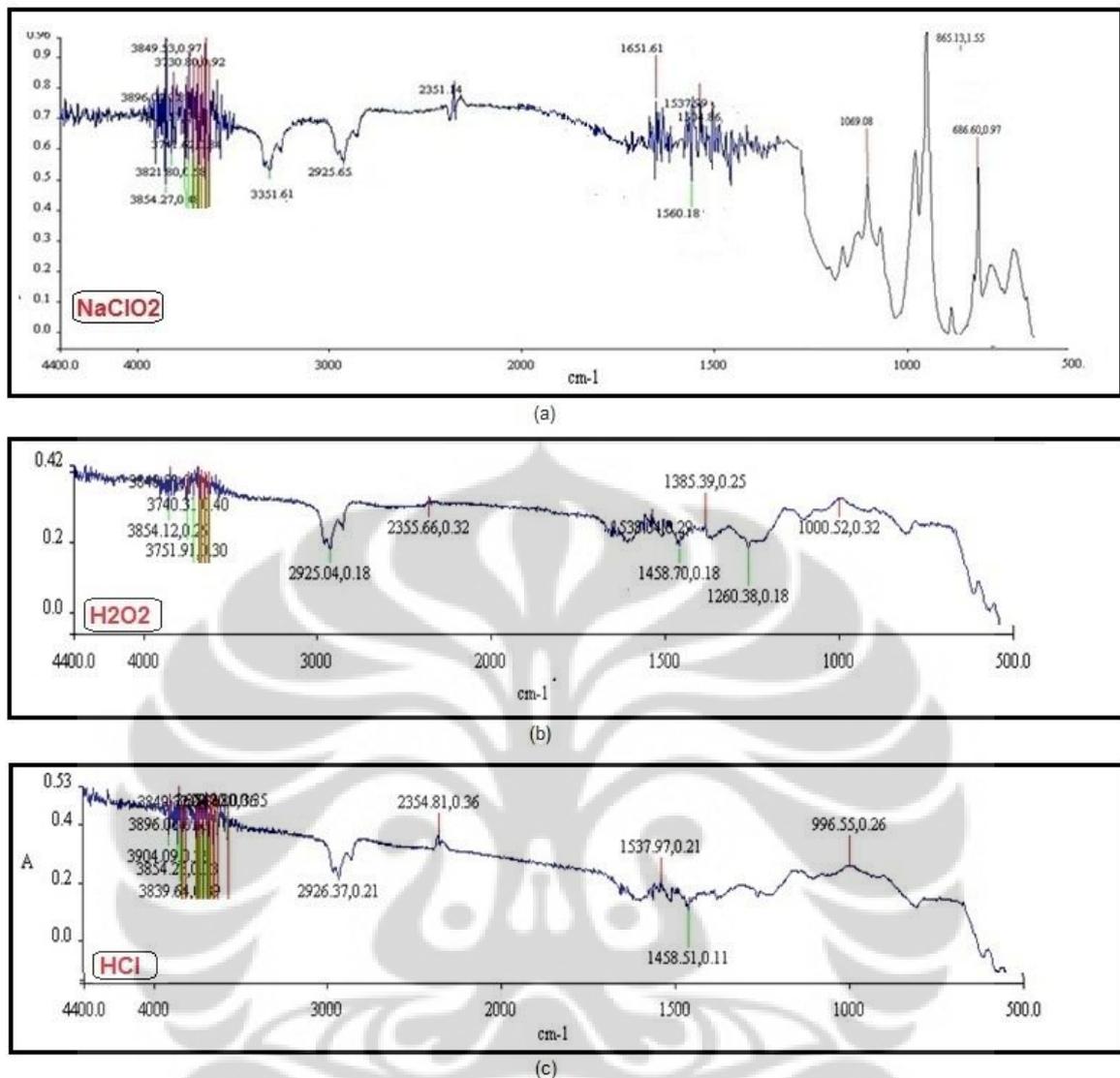


Gambar 4.3 Spektra FTIR Serat Selulosa dengan Variasi Pelarut HCl

Telah dipelajari pada semua spektra FTIR, bahwa puncak yang terdapat disekitar  $2900\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan ikatan grup C-H. Daerah serapan yang terjadi pada  $996,55\text{ cm}^{-1}$  mengacu pada terdapatnya vibrasi peregangan dari C-O pada struktur cincin komponen selulosa (Silverstein, 1991). Hasil ini menunjukkan bahwa komponen selulosa tidak hilang karena dilakukannya perlakuan secara kimiawi.

Kehadiran akan kelompok gugus acetyl dan ester pada hemiselulosa atau kelompok asam karboksil pada kelompok *ferulic* dan *p-coumeric* lignin, akan ditunjukkan pada spektra yang terdapat di sekitar  $1700\text{ cm}^{-1}$  (Alemdar, 2008). Jika dilihat dari spektra FTIR variasi larutan seperti Gambar 4.3 yang terbentuk, tidak terdapat puncak yang berada di sekitar  $1700\text{cm}^{-1}$ . Hal ini menandakan bahwa setelah dilakukannya perlakuan pendapatan serat selulosa secara kimiawi (pada medium alkali dan perlakuan *bleaching*), kandungan serat non selulosa telah hilang karena telah terlarutkan oleh pelarut yang digunakan (Jonoobi, 2009).

Semua prosedur ekstraksi seharusnya telah menghilangkan sebagian besar polimer lignin karena hilangnya absorbansi lignin terkait pada  $1600$  dan  $1510\text{ cm}^{-1}$ . Jika dilihat dari spektra yang dihasilkan pada Gambar 4.3, terdapat absorbansi kecil pada  $1537\text{ cm}^{-1}$ , hal ini mengasumsikan sebagian besar polimer lignin telah hilang.



Gambar 4.4 Gabungan Spektra FTIR Serat Selulosa dengan Variasi Pelarut (a)  $\text{NaClO}_2$ , (b)  $\text{H}_2\text{O}_2$ , dan (c)  $\text{HCl}$

Spektra infra merah serat selulosa yang dihasilkan untuk variasi larutan pada penelitian ini ditampilkan pada Gambar 4.4 diatas. Dapat dilihat bahwa spektra yang dihasilkan hampir identik untuk ketiganya, namun ada yang membedakan. Hal ini terlihat untuk spektra infra merah dengan variasi pelarut  $\text{NaClO}_2$  (Gambar 4.4 (a)), terdapat *peak*/ puncak pada  $3351\text{ cm}^{-1}$ , juga  $865\text{ cm}^{-1}$ . Hal ini mengindikasikan terdapatnya ikatan O-H dan C-O, yang mengindikasikan adanya senyawa selulosa. Juga terdapat puncak di sekitar  $1640\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan penyerapan dari air (ikatan hidrogen), dimana ikatan hidrogen terbentuk antara

atom hidrogen dari kelompok hidroksil dan atom oksigen dari monomer glukosa. Ikatan ini menunjukkan terdapatnya pembentukan serat selulosa berdasarkan fakta bahwa ia tak dapat larut dalam air; juga bertanggung jawab akan struktur kristal serat selulosa.

Jika dilihat untuk sampel selulosa dengan variasi pelarut  $H_2O_2$  (Gambar 4.4 (b)), terlihat bahwa terdapat penyerapan pada daerah sekitar  $1260\text{ cm}^{-1}$ , hal ini menandakan terdapatnya gugus C-O-C. Dan jika ditinjau lebih lanjut, gugus tersebut merupakan struktur dari lignin, yang menandakan adanya ikatan ether.

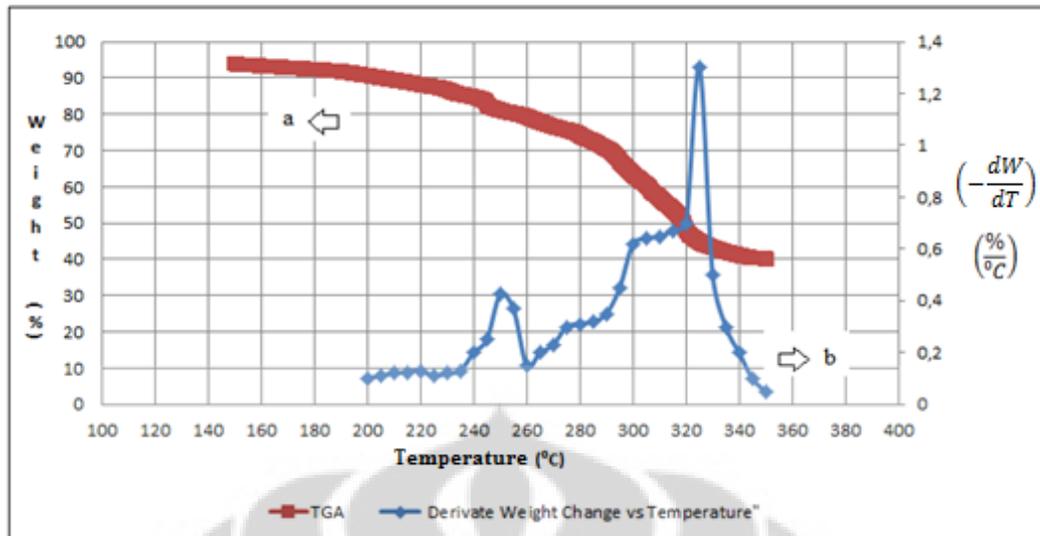
Sementara itu untuk sampel selulosa dengan variasi pelarut HCl (Gambar 4.4 (c)), terdapat penyerapan pada daerah  $1537\text{ cm}^{-1}$ . Ini mengindikasikan bahwa prosedur yang dilakukan telah menghilangkan sebagian senyawa lignin.

Dari spektra FTIR yang dihasilkan, seperti terlihat pada Gambar 4.4, maka dapat dibuat ke dalam Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Daerah Puncak Serapan pada Serat Selulosa Eceng Gondok

<b>Bilangan Gelombang Eceng Gondok (cm-1)</b>			<b>Group</b>
<b>NaClO<sub>2</sub></b>	<b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	<b>HCl</b>	
3351,61			Strain O-H
2925,65	2925,04	2926,37	Strain C-H
1651,61			Ikatan O-H dari penyerapan air
1069,08	1000,52	996,55	Regangan C-O dan Vibrasi C-H pada selulosa
865,13			

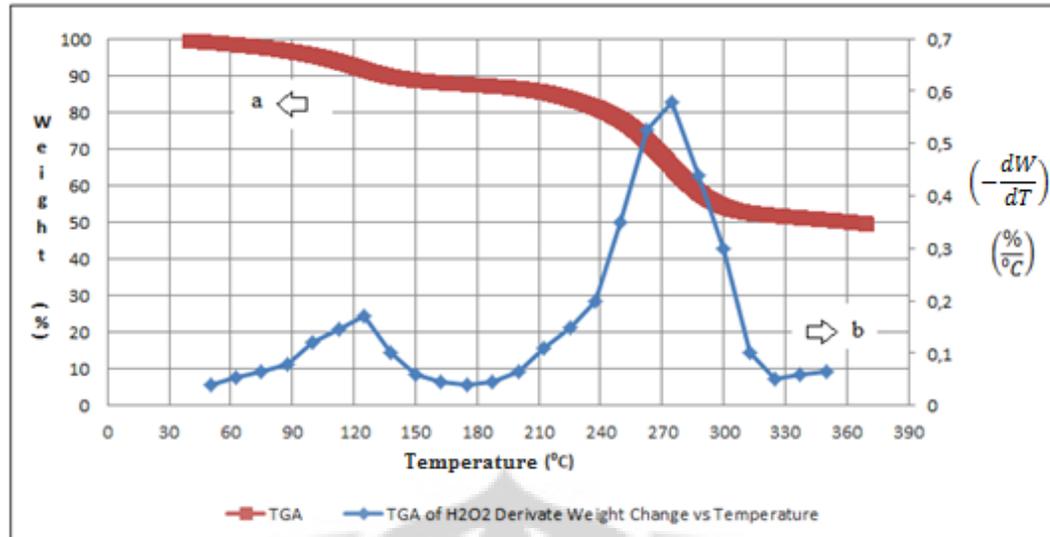
### 4.3.2 TGA (*Thermal Gravimetric Analysis*)



Gambar 4.5 Kurva TGA Serat Selulosa dengan Variasi Pelarut  $\text{NaClO}_2$

Berdasarkan kurva *thermogravimetric* serat selulosa variasi pelarut  $\text{NaClO}_2$  yang diperoleh, dapat dilihat bahwa secara keseluruhan kurva % berat mengalami degradasi seiring dengan naiknya temperatur. Hal ini dapat diamati pada grafik a (*weight vs temp*) pada Gambar 4.5, bahwa penurunan massa sampel dimulai seiring dengan berlangsungnya pemanasan, dan jumlah massa sampel yang terdegradasi tidak tetap, yakni bergantung pada penguapan yang terjadi (dapat dilihat pada grafik b (*deriv. Weight change vs temp*) Gambar 4.5)

Dapat dilihat pada grafik diatas, terdapat dua kali penguapan pada sampel (garis biru Gambar 4.5). dimana penguapan pertama terjadi pada suhu sekitar  $250^\circ\text{C}$ , dimana hal ini menandakan adanya penguapan dari sampel serat selulosa itu sendiri. Dimana berdasarkan literatur, selulosa murni akan mengalami penguapan pada suhu sekitar  $250^\circ\text{C}$ . Puncak kedua yang terjadi  $325^\circ\text{C}$  yakni berdasarkan adanya pemecahan ikatan *glycosidic* yang terdapat pada selulosa (Silviya, 2010; T. Naugen, 1981).

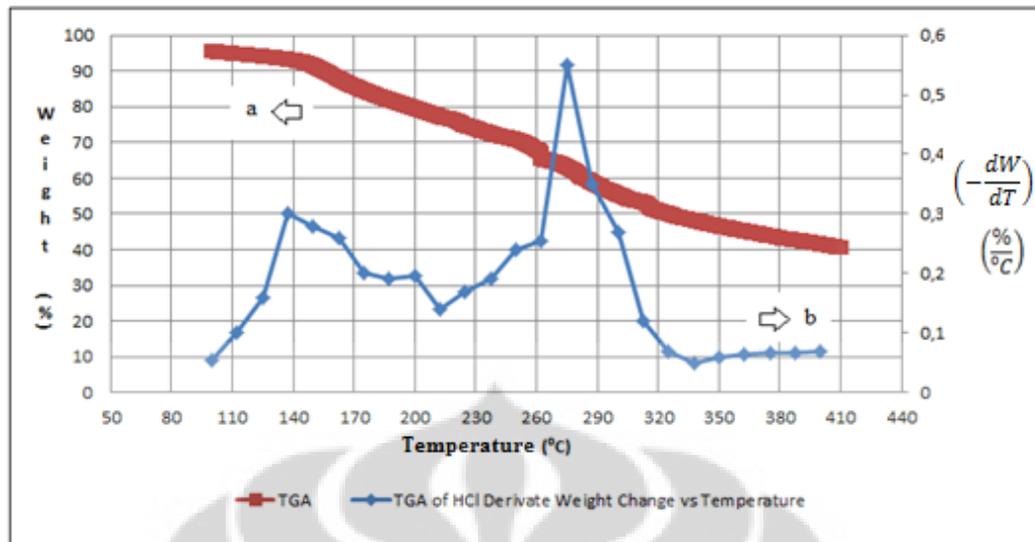


Gambar 4.6 Kurva TGA Serat Selulosa dengan Variasi Pelarut H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Berdasarkan kurva *thermogravimetric* serat selulosa variasi pelarut H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> yang diperoleh, dapat dilihat bahwa secara keseluruhan kurva % berat mengalami degradasi seiring dengan naiknya temperatur (terlihat pada grafik a pada Gambar 4.6 diatas). Dalam hal ini, pengurangan bobot sampel yang mengalami degradasi dikaitkan dengan penguapan (*deriv weight change*) yang terjadi yang grafiknya terdapat pada grafik b Gambar 4.6.

Jika dilihat dari grafik b Gambar 4.6, terdapat dua penguapan. Penguapan yang terjadi pada suhu interval 75 - 140°C diperkirakan karena adanya penguapan dan penghilangan dari ikatan air pada sampel selulosa, yang disebabkan karakteristik serat yang bersifat hidrofilic, dan juga karena adanya degradasi dari senyawa lignin. Penguapan ini bukan degradasi dari polimer selulosa karena dekomposisi polimer selulosa terjadi mulai dari suhu 180°C (Thermowoodhandbook, 2003).

Kemudian untuk puncak penguapan yang terjadi berikutnya, yakni pada 270°C, diperkirakan terjadi degradasi dari selulosa. Adapun awal degradasi sampel dimulai pada temperatur 220°C, yang dapat diakibatkan dari komponen hemiselulosa yang masih terdapat setelah perlakuan secara kimiawi. Asosiasi yang kuat antara hemiselulosa dan selulosa diyakini dapat menurunkan kristalinitas dari selulosa dan mempercepat suhu proses degradasi (Deepa, 2011).

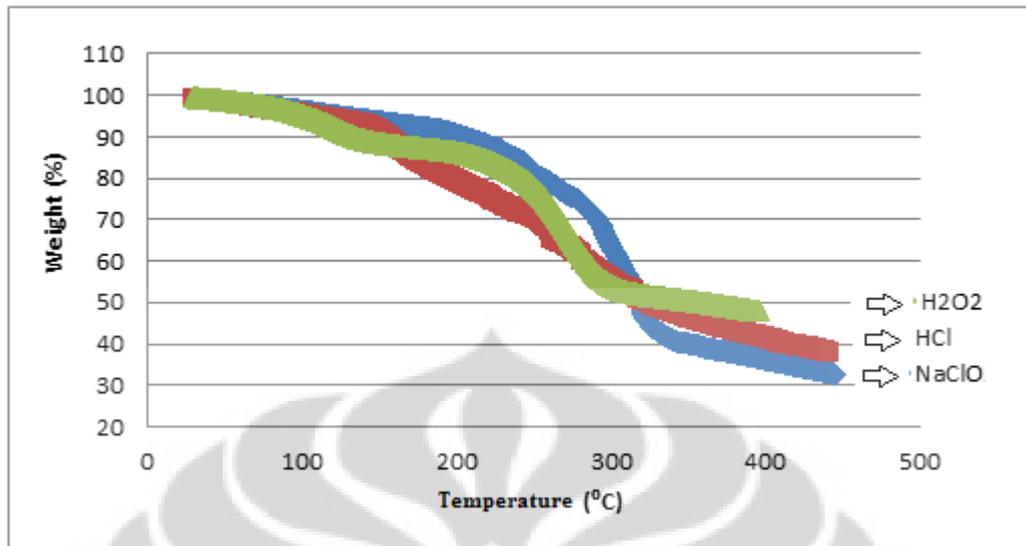


Gambar 4.7 Kurva TGA Serat Selulosa dengan Variasi Pelarut HCl

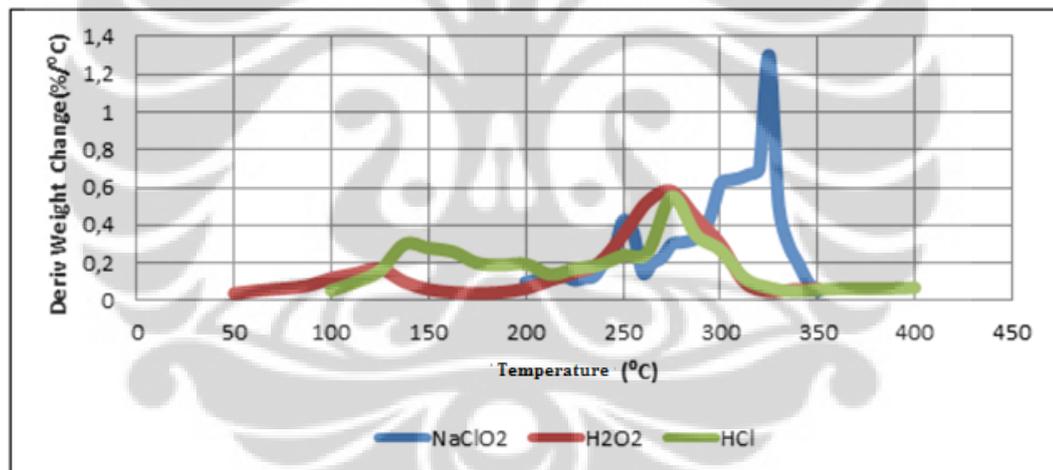
Berdasarkan kurva *thermogravimetric* serat selulosa variasi pelarut HCl yang diperoleh, dapat dilihat bahwa secara keseluruhan kurva % berat mengalami degradasi (pengurangan massa) seiring dengan naiknya temperatur, yang terlihat pada grafik a Gambar 4.7. Pengurangan massa sampel ini, berkaitan dengan penguapan yang terjadi, dimana pada grafik b Gambar 4.7 dapat terlihat. Saat terjadi kenaikan pada garis pada grafik b, hal ini menunjukkan terjadinya pengurangan massa sampel yang cukup signifikan pada interval yang dimaksud.

Dan dapat dilihat pada grafik diatas, awal penguapan terjadi pada 110<sup>0</sup>C yang menandakan adanya penguapan dan penguraian dari molekul air, dan juga karena adanya degradasi dari senyawa lignin. Kemudian terjadi puncak penguapan pada suhu sekitar 260 - 290<sup>0</sup>C, yang mengindikasikan terjadinya penguapan pada serat selulosa pada sampel.

Adapun grafik gabungan dari hasil analisis thermogravimetric untuk variasi ketiga pelarut ditunjukkan pada Gambar 4.8 sebagai berikut.



(a)



(b)

Gambar 4.8 (a) Kurva TGA Serat Selulosa dengan Variasi Pelarut  $\text{NaClO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , dan  $\text{HCl}$  (b) Kurva Penguapan (Deriv Weight Change vs Temp) TGA Serat Selulosa dengan Variasi Pelarut  $\text{NaClO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , dan  $\text{HCl}$

Grafik pada Gambar 4.8 menunjukkan hasil dari analisis TGA (*Thermogravimetric Analysis*). Dimana TGA digunakan untuk mengevaluasi dan menentukan degradasi termal dari serat selulosa. Telah dibahas sebelumnya

tentang penguapan yang terjadi pada masing-masing grafik berdasarkan variasi larutan yang berbeda.

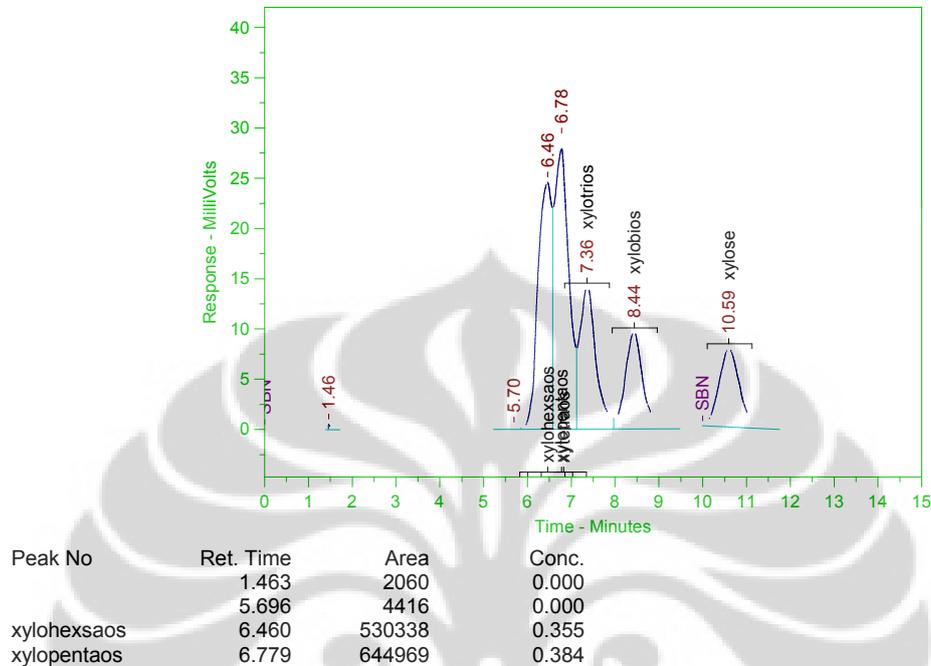
Jika dilihat dari temperatur puncak dari *derivative weight change* ( $dW/dT$ ) pada Gambar 4.8 (b), didapatkan puncak pada  $245^{\circ}\text{C}$  dan  $320^{\circ}\text{C}$  untuk selulosa dengan variasi  $\text{NaClO}_2$ ,  $140^{\circ}\text{C}$  dan  $260^{\circ}\text{C}$  untuk selulosa dengan variasi  $\text{HCl}$ , dan  $130^{\circ}\text{C}$  dan  $265^{\circ}\text{C}$  untuk selulosa dengan variasi  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Puncak terendah pada temperatur berkisar  $250^{\circ}\text{C}$  didapatkan pada serat selulosa dengan variasi larutan  $\text{NaClO}_2$ . Ini berkaitan dengan dugaan bahwa serat selulosa dengan variasi larutan  $\text{NaClO}_2$  memiliki degradasi lebih sedikit dibandingkan serat selulosa lainnya.

Dan terlihat pada kurva pada Gambar 4.8, bahwa pemanasan yang dilakukan hingga suhu  $360^{\circ}\text{C}$ , sampel selulosa masih tersisa, yakni berkisar 50% untuk pelarut  $\text{H}_2\text{O}_2$ , 47% untuk pelarut  $\text{HCl}$ , dan 40% untuk pelarut  $\text{NaClO}_2$ . Hal ini disebabkan karena sebagian sampel yang telah dipanaskan tidak mengalami penguapan, dan masih mengandung residu (berdasarkan sisa lignin dan hemiselulosa yang ada). Hal ini berarti serat selulosa dengan pelarut  $\text{H}_2\text{O}_2$  memiliki sisa residu yang tertinggi.

Setelah  $340^{\circ}\text{C}$ , residu yang tersisa terdekomposisi dengan laju degradasi yang lambat (penurunan grafik yang tak signifikan) (El-Sakhawy, 2007).

### 4.3.2 HPLC (*High Pressure Liquid Chromatography*)

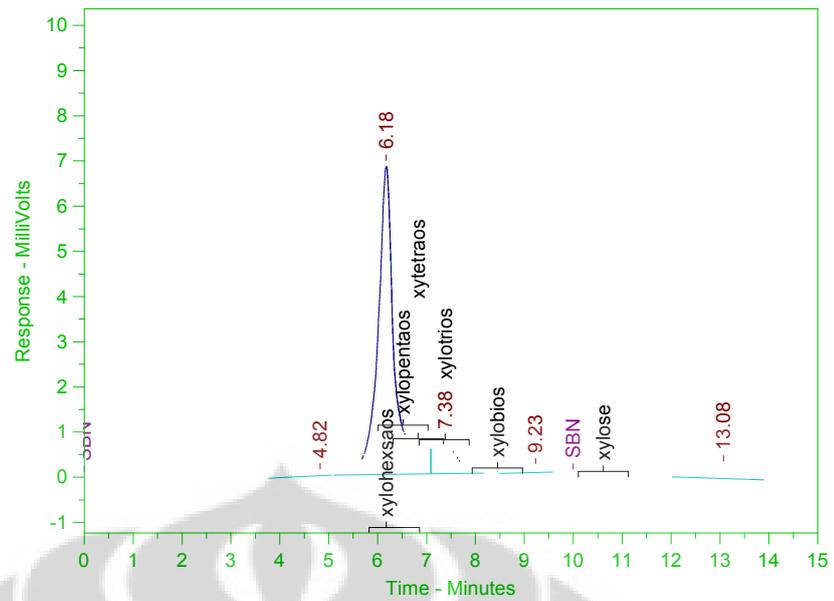
Berikut merupakan *standart* yang digunakan pada analisis HPLC monosakarida gula; yang dilakukan di Laboratorium Teknologi Bioindustri BPPT, Serpong.



Gambar 4.9 Grafik Standar Gula Monosakarida Pengukuran HPLC

Dari Gambar 4.9, terlihat bahwa referensi standart akan komponen xylohexsaos yakni bernilai 0,355 dan untuk xylopentaos bernilai 0,384. Akan tetapi terlihat pada grafik bahwa peak yang dihasilkan antara keduanya hampir menyatu (tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan), sehingga kedepannya digunakan gabungan *peak* tsb untuk mendeteksi kandungan monomer gula yang ada. Dan monomer gula inilah (*xylohexsaos*/ heksosa dan *xylopentaos*/ pentosa), yang akan dijadikan ukuran dalam melihat kadar hemiselulosa yang masih terkandung pada filtrat sampel.

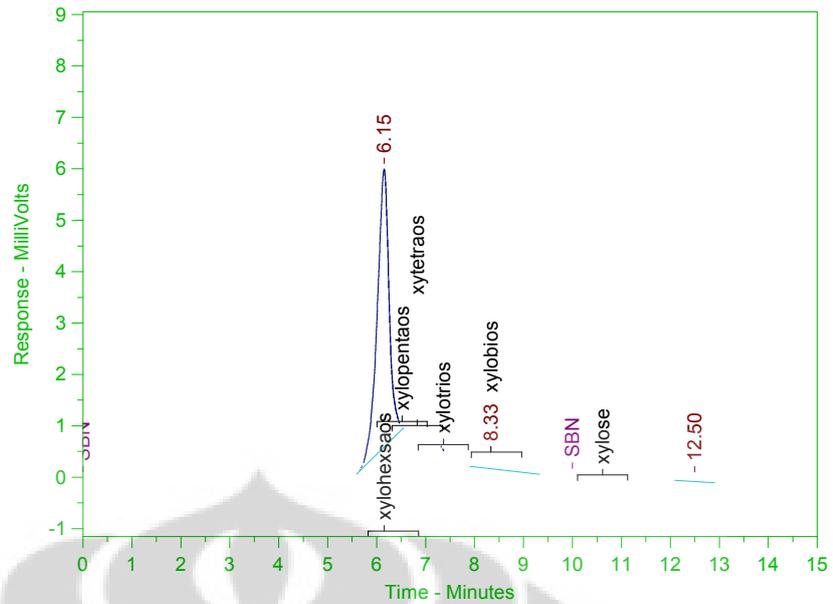
Berikut merupakan hasil analisis HPLC yang didapatkan dari sampel selulosa dengan variasi pelarut yang digunakan:



Peak No	Ret. Time	Area	Conc.
	4.823	1518	0.000
xylohexsaos	6.178	168307	0.113

Gambar 4.10 Grafik HPLC dari Sampel Selulosa Variasi Pelarut  $\text{NaClO}_2$

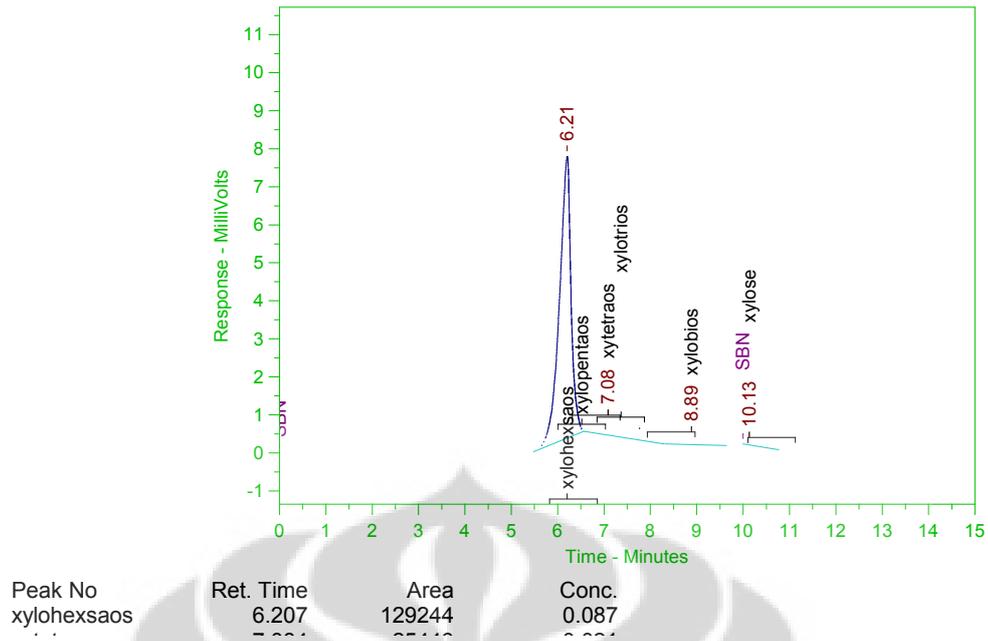
Dari Gambar 4.10, terlihat bahwa terdapat *peak* yang menunjukkan adanya monomer gula xyloheksaos pada grafik HPLC selulosa dengan variasi pelarut  $\text{NaClO}_2$ . Adapun *peak* yang terbentuk pada waktu di menit ke 6,178 ini menunjukkan luas area sebesar 168307 dan konsentrasi sebesar 0,113.



Peak No	Ret. Time	Area	Conc.
xylohexsaos	6.152	91902	0.062

Gambar 4.11 Grafik HPLC dari Sampel Selulosa Variasi Pelarut H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Dari Gambar 4.11, terlihat bahwa terdapat *peak* yang menunjukkan adanya monomer gula xyloheksaos pada grafik HPLC selulosa dengan variasi pelarut H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Adapun *peak* yang terbentuk pada waktu di menit ke 6,152 ini menunjukkan luas area sebesar 91902 dan konsentrasi sebesar 0,062.



Gambar 4.12 Grafik HPLC dari Sampel Selulosa Variasi Pelarut HCl

Dari Gambar 4.12, terlihat bahwa terdapat *peak* yang menunjukkan adanya monomer gula xyloheksaos pada grafik HPLC selulosa dengan variasi pelarut HCl. Adapun *peak* yang terbentuk pada waktu di menit ke 6,207 ini menunjukkan luas area sebesar 129244 dan konsentrasi sebesar 0,087.

Dari ketiga hasil analisis HPLC diatas, dapat disimpulkan kandungan monomer gula xyloheksaos yang mengindikasikan senyawa hemiselulosa dalam sampel, seperi terlihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Kandungan Monomer Gula *Xyloheksaos* yang Terdapat pada Sampel Selulosa

	<b>Konsentrasi</b>	<b>Luas Area</b>
<i>NaClO<sub>2</sub></i>	0,113 %	168,307
<i>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></i>	0,062 %	91,902
<i>HCl</i>	0,087 %	129,244

Dapat dilihat dari Tabel 4.2 diatas, bahwa sampel filtrat (hasil saring) selulosa dengan variasi pelarut NaClO<sub>2</sub> memiliki kandungan hemiselulosa yang terbesar. Hal ini dapat dilihat, baik dari konsentrasi maupun luas area yang dihasilkan pada grafik.

Dapat disimpulkan bahwa kadar hemiselulosa terbesar yang terlarut pada filtrat adalah pada sampel filtrat dengan variasi pelarut NaClO<sub>2</sub>. Dengan kata lain, bahwa pada serat selulosa variasi pelarut NaClO<sub>2</sub>, kandungan hemiselulosa sudah banyak hilang dibandingkan pada serat selulosa variasi pelarut lainnya.

## 4.4 Analisis Hasil Serat Selulosa

### 4.4.1 Pelarut NaClO<sub>2</sub>

Dari spektra FTIR yang didapatkan, dapat dinyatakan bahwa ekstraksi serat selulosa pada variasi pelarut NaClO<sub>2</sub>, dinilai memiliki karakteristik selulosa yang dominan. Hal ini dapat dilihat dari kandungan gugus apa saja yang dimiliki selulosa untuk variasi ini. Terdapat peak yang mengindikasikan terdapatnya ikatan hidrogen yang menjadi pertanda akan adanya struktur selulosa. Juga terdapat puncak yang berasal dari *β-glycosidic* yang menghubungkan antara unit glukosa pada selulosa.

Sisa lignin dan hemiselulosa yang didapatkan dengan penggunaan pelarut *Sodium Chlorite* ini cukup sedikit. Hal ini dapat diperhatikan dari analisis TGA yang dihasilkan bahwa sisa residu pada sampel ini yang paling sedikit jika dibandingkan sampel variasi pelarut lainnya, dan analisis HPLC bahwa kandungan hemiselulosa terlarut pada filtrat paling besar (berarti kandungan hemiselulosa pada sampel selulosa paling sedikit dibandingkan serat variasi pelarut lainnya).

Hemiselulosa tak larut dalam air, tapi larut dalam larutan alkali encer. Adapun fungsinya adalah sebagai perekat dan mempercepat pembentukan serat. Dan sifat inilah yang memperkuat pulp. Pada saat proses pemasakan berlangsung, hemiselulosa akan melunak, dan pada saat hemiselulosa melunak, serat yang sudah terpisah akan lebih mudah menjadi berserabut (Indrainy, 2005). Hilangnya hemiselulosa ini akan mengakibatkan adanya lubang diantara fibrol dan berkurangnya ikatan antar serat.

Adanya senyawa lignin menyebabkan warna menjadi kecoklatan, sehingga perlu dilakukan pemisahan lignin (delignifikasi) melalui pemutihan (*bleaching*). Lignin sangat reaktif yang berarti bahwa lignin mudah dipengaruhi oleh bahan yang digunakan. Kemudian molekul lignin terurai menjadi partikel yang lebih kecil, yang larut dalam air, dan dapat dihilangkan dari pulp itu sendiri.

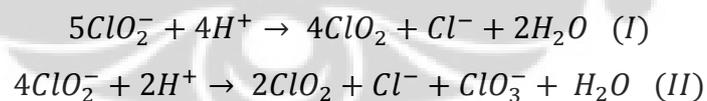
Struktur kimia lignin mengalami perubahan dibawah kondisi suhu yang cukup tinggi dan pada kondisi asam. Pada reaksi dengan suhu yang tinggi, akan menyebabkan lignin terpecah menjadi partikel yang lebih kecil dan terlepas dari selulosa. Sedangkan pada kondisi asam, lignin cenderung melakukan kondensasi,

dimana lignin yang telah terlepas dari selulosa akan larut pada larutan pemasak. Dan hal ini akan menyebabkan lignin yang terkondensasi akan mengendap.

Saat proses *bleaching* pada kondisi asam, *Sodium Chlorite* ( $\text{NaClO}_2$ ) akan terdekomposisi menghasilkan gas pengoksidasi kuat yang dikenal sebagai (*chlorine dioxide*)  $\text{ClO}_2$ . Pada penelitian, tahapan ini dilakukan pada kondisi asam dengan meneteskan beberapa tetes asam asetat dan dipanaskan di *waterbath* pada suhu  $80^\circ\text{C}$ . Hal ini menjadikan kecepatan untuk terdekomposisi yang semakin cepat. Kecepatan pembentukan *chlorin dioxide* ( $\text{ClO}_2$ ) sebanding dengan konsentrasi *Sodium chlorite*.

Pada tahap ini *Chlorin dioxide* ( $\text{ClO}_2$ ), yang merupakan spesies aktif yang berkaitan dengan pemutihan/ *bleach* bereaksi dengan lignin secara selektif pada struktur fenol dan senyawa berikatan ganda lainnya dalam kromofor (pembawa warna) lignin. Setelah  $\text{ClO}_2$  memecah rantai benzen pada lignin, kemudian membentuk asam-asam dikarbosiklik yang terlarut dalam air.

Larutan asam yang terbentuk tidak stabil akan terurai menjadi *klorin dioksida* ( $\text{ClO}_2$ ) yang merupakan spesies aktif terkait dengan pemutihan. Klorin dioksida ( $\text{ClO}_2$ ) terbentuk antara pH 2,5 - 4. Penambahan dari asam seperti asetic acid direkomendasikan sehingga pH yang terbentuk di antara 3 - 5. Jika pH turun di bawah 3, serat kapas rusak parah karena asam lemah, dan asam kuat ( $\text{HCl}$ ) terbentuk yang menghidrolisis selulosa. Reaksinya yakni :

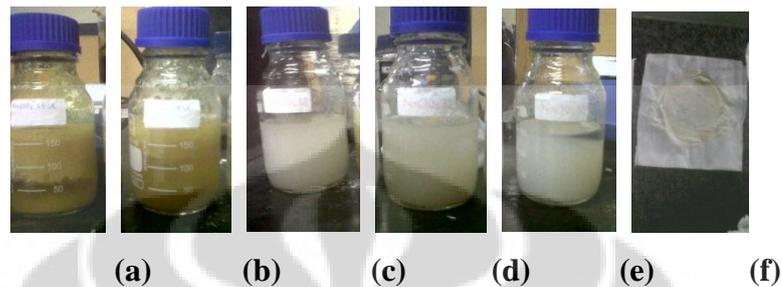


Reaksi (I) selalu lebih penting, pada reaksi (II) dipromosikan oleh penurunan pH. Pemutihan dilakukan dalam sebuah larutan asam lemah dengan *Sodium chlorite* untuk memungkinkan klorin dioksida untuk diserap oleh serat-serat tekstil.

Pada saat klorin bereaksi dengan lignin, hanya sebagian besar saja yang dihasilkan tersebut larut dengan air. Dikarenakan klorinat lignin sangat mudah terlarut dalam larutan alkali, maka perlakuan alkali ini diberikan setelah proses klorinasi pada penelitian ini. Jika lignin berdifusi dengan larutan alkali (*Sodium*

*Hydroxide*), maka akan terjadi pelepasan gugus metoksil yang akan membuat lignin larut dalam larutan alkali tsb.

Kelarutan klorinat dan lignin, dan komponen lainnya (hemiselulosa) yang terjadi akan meningkatkan tingkat *brightness* pada sampel yang dihasilkan. Hasil yang didapatkan untuk tiap proses isolasi serat selulosa menggunakan pelarut  $\text{NaClO}_2$  ditunjukkan pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Serat Eceng Gondok (a) Setelah bleaching tahap pertama/ pencampuran  $\text{NaClO}_2$  (b) Setelah bleaching tahap kedua/ pengulangan/ pencampuran  $\text{NaClO}_2$  (c) Setelah penghilangan kandungan hemiselulosa/ pencampuran  $\text{NaOH}$  (d) Setelah proses delignifikasi/ pencampuran  $\text{NaClO}_2$  (e) Setelah pencampuran  $\text{NaOH}$ / pendapatan selulosa murni (f) Hasil saring serat selulosa murni

Dilihat dari Gambar 4.13, bahwa penelitian berlangsung menggunakan botol *Duran* yang memiliki tutup. Hal ini dilakukan agar tidak terdapat uap yang keluar selama proses pemanasan berlangsung, agar nantinya dapat diketahui apakah komponen nonselulosa telah larut pada filtrat/ hasil saringan atau tidak.

#### 4.4.2 Pelarut $\text{H}_2\text{O}_2$

Sebaliknya untuk sampel serat selulosa dengan variasi pelarut  $\text{H}_2\text{O}_2$ , didapatkan pada grafik spektra FTIR bahwa terdapat puncak yang mengindikasikan terdapatnya grup C-H yang menandakan adanya struktur selulosa pada sampel. Akan tetapi juga terdapat daerah serapan yang mengindikasikan adanya gugus C-O-C, yang merupakan struktur bangun dari senyawa lignin, yang menandakan kurang efektifnya perlakuan yang diberikan untuk proses delignifikasi.

Dari hasil analisis thermogravimetric, didapatkan bahwa serat selulosa yang dihasilkan menggunakan pelarut  $\text{H}_2\text{O}_2$  ini terdapat kandungan residu

(kandungan non-selulosa) yang paling banyak dibandingkan selulosa dengan variasi pelarut lainnya. Ini juga didukung oleh hasil HPLC, yakni kandungan hemiselulosa yang terdapat pada hasil saring yang paling sedikit. Dengan kata lain, hemiselulosa pada serat yang dihasilkan dari pelarut H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> masih memiliki kandungan terbesar dibandingkan selulosa dengan variasi pelarut lainnya.

Zat H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ini berfungsi untuk mengikat lignin yang terkandung pada sampel. Zat ini bersifat oksidator kuat yang tak berwarna, berbau khas agak keasaman, dan larut dengan baik dalam air. Penggunaan hidrogen peroksida ini memanfaatkan reaksi dekomposisinya, yakni menghasilkan oksigen dan panas (reaksi eksotermis).

Langkah pemutusan ikatan pada delignifikasi ialah mengoksidasi gugus hidroksil menjadi gugus karbonil, diikuti dengan reaksi pemecahan ikatan *glikosidik* (Dence, 1996). Untuk proses *bleaching* itu sendiri, pelarut hidrogen peroksida tidak menyebabkan pelarutan yang maksimal dari lignin oksidasi. Hidrogen peroksida mengoksidasi lignin penyebab warna gelap pada pulp menjadi lignin teroksidasi yang tidak menyerap cahaya. Selama proses pemudaran peroksida, lignin dan selulosa hanya sedikit mengalami penurunan jumlah. Dimana menurut Casey (1952) hidrogen peroksida berpengaruh sedikit terhadap selulosa sehingga hasil yang diperoleh tetap tinggi.

Pada prakteknya, *Hidrogen peroksida* (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) dalam perdagangan berupa larutan dan distabilkan dengan asam. Mekanisme yang terjadi adalah :



O<sub>n</sub> yang terjadi akan bekerja sebagai oksidator untuk memutihkan bahan, sehingga penguraian Hidrogen peroksida dapat terkontrol dan berlangsung perlahan-lahan. Karena kemampuannya dalam melepaskan oksigen, maka pelarut ini dinilai efektif dipakai sebagai bahan pemutih.

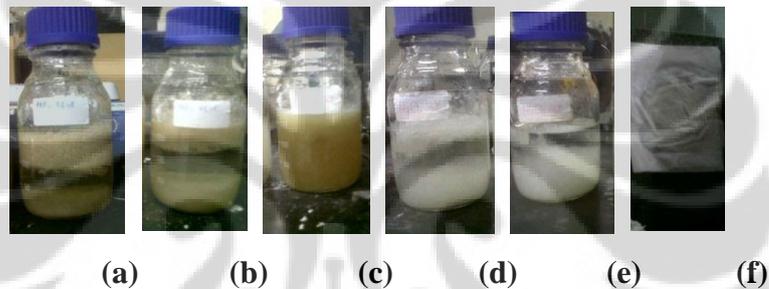
Skemanya pemecahan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ditunjukkan pada Gambar berikut :



(Selig, 2009)

Pada kondisi basa,  $H_2O_2$  mudah terurai. Zat reaktif dalam sistem pemutihan dengan  $H_2O_2$  dalam suasana basa adalah ion perhidroksil ( $HOO^-$ ). Dimana pada kondisi alkali (menggunakan larutan NaOH), ion perhidroksil sebagai bahan yang aktif bereaksi dengan struktur karbonil pada lignin sehingga lignin terpecah-pecah, dan larut (Jumantara, 2011). Akan tetapi pada penelitian ini, berlangsung pada kondisi seragam yakni pada kondisi asam. Kondisi ini menyebabkan ion perhidroksil tidak secara aktif bereaksi dengan struktur karbonil pada lignin, sehingga pada analisis yang dihasilkan (FTIR), masih terdapat gugus aril yang menandakan perlakuan delignifikasi yang dilakukan kurang cocok.

Hasil yang didapatkan untuk tiap proses isolasi serat selulosa menggunakan pelarut  $H_2O_2$  ditunjukkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Serat Eceng Gondok (a) Setelah bleaching tahap pertama/ pencampuran  $H_2O_2$  (b) Setelah bleaching tahap kedua/ pengulangan/ pencampuran  $H_2O_2$  (c) Setelah penghilangan kandungan hemiselulosa/ pencampuran NaOH (d) Setelah proses delignifikasi/ pencampuran  $H_2O_2$  (e) Setelah pencampuran NaOH/ pendapatkan selulosa murni (f) Hasil saring serat selulosa murni

Dilihat dari Gambar 4.14 diatas, bahwa penelitian berlangsung menggunakan botol *Duran* yang memiliki tutup. Hal ini dilakukan agar tidak terdapat uap yang keluar selama proses pemanasan berlangsung, agar nantinya dapat diketahui apakah komponen non-selulosa telah larut pada filtrat/ hasil saringan atau tidak.

#### 4.4.3 Pelarut HCl

Terlihat pada grafik TGA yang terbentuk untuk pelarut HCl, terdapat dua penguapan yang merupakan penguapan selulosa pada interval 260-280°C dan non

selulosa pada 110°C (diperkirakan penguapan air, dan senyawa nonselulosa). Hal ini juga terlihat pada spektra FTIR, yang menunjukkan bahwa terdapat absorbansi pada 1537 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan sebagian besar komponen lignin telah hilang, meskipun tidak sepenuhnya.

Konsentrat asam kuat seperti HCl ini telah digunakan untuk mentreatment serat selulosa karena tergolong pada agen yang kuat untuk hidrolisis selulosa (Sun, 2002). Keuntungan dari hidrolisis asam pekat adalah fleksibilitas dalam hal pilihan bahan baku, hasil monomer gula yang tinggi serta kondisi suhu ringan yang diperlukan. Kelemahan dari menggunakan asam pekat adalah sifat korosif dari reaksi.

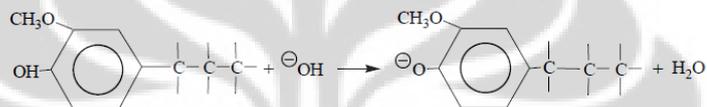
Polimer lignin tidak dapat dikonversi ke monomernya tanpa mengalami perubahan bentuk pada bentuk dasarnya. Lignin yang melindungi selulosa bersifat tahan terhadap hidrolisa karena adanya ikatan arilalkil dan ikatan eter. Pada suhu tinggi, lignin dapat mengalami perubahan struktur dengan membentuk asam format, metana, asam asetat dan vanilin. Isolasi lignin pada berbagai serat umumnya tidak menghasilkan lignin murni karena di dalam kandungan lignin masih terdapat lignoselulosa lainnya seperti hemiselulosa. Adanya unit kompleks dari ikatan lignin dengan hemiselulosa menyebabkan isolasi lignin mengalami kesulitan untuk mendapatkan hasil lignin murni.

Menurut (Rostika, 2002) untuk mendapatkan lignin yang murni dan kandungan zat anorganik yang lebih sedikit diperlukan kondisi optimum pada saat pengasaman dan pemisahan lignin. Kondisi yang dilakukan yakni dengan pH rendah, karena proses isolasi akan menghasilkan hasil serat yang lebih tinggi, karena reaksi kondensasi akan meningkat dengan meningkatnya keasaman (Sjostrom, 1995). Beberapa cara untuk memisahkan lignin dari bahan baku digunakan pereaksi anorganik, seperti yang digunakan pada penelitian ini, yaitu HCl pekat dengan tujuan untuk mendestruksi karbohidrat (Sugesty, 1991). Adanya ikatan lignin-karbohidrat memungkinkan terjadinya degradasi senyawa-senyawa karbohidrat selama isolasi berlangsung seperti pentose, heksosa dan asam format sehingga pH isolat lignin semakin rendah (Kim, 1987).

Degradasi dari senyawa karbohidrat tsb dapat dihubungkan dengan analisis HPLC yang diperoleh, yakni kandungan hemiselulosa yang identifikasi

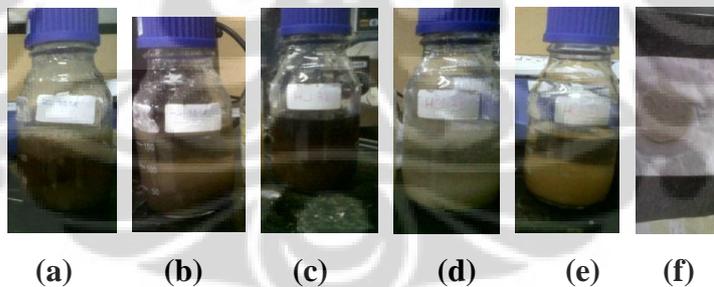
dari monosakarida gula heksosa dan pentosa, didapatkan bahwa pada pelarut ini memiliki kadar kandungan kedua terbesar setelah  $\text{NaClO}_2$  yang terdapat pada filtrat.

Pada Gambar 4.15, selama berlangsungnya proses pemasakan dalam *digester* yang berisi larutan alkali ( $\text{NaOH}$ ), polimer lignin akan terdegradasi dan kemudian larut dalam larutan pemasak. Larutnya lignin ini disebabkan oleh terjadinya transfer ion hidrogen dari gugus hidroksil pada lignin ke ion hidroksil (Gilligan, 1974). Menurut Murdiyatmo dalam Darnoko *et al.* (1995), mengatakan bahwa alkali ( $\text{NaOH}$ ) selain dapat melarutkan lignin juga dapat melarutkan hemiselulosa.



Gambar 4.15 Reaksi Lignin dengan Gugus Hidroksil dari  $\text{NaOH}$

Hasil yang didapatkan untuk tiap proses isolasi serat selulosa menggunakan pelarut  $\text{HCl}$  ditunjukkan pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Serat Eceng Gondok (a) Setelah bleaching tahap pertama/ pencampuran  $\text{HCl}$  (b) Setelah bleaching tahap kedua/ pengulangan/ pencampuran  $\text{HCl}$  (c) Setelah penghilangan kandungan hemiselulosa/ pencampuran  $\text{NaOH}$  (d) Setelah proses delignifikasi/ pencampuran  $\text{HCl}$  (e) Setelah pencampuran  $\text{NaOH}$ / pendapatan selulosa murni (f) Hasil saring serat selulosa murni

Dilihat dari Gambar 4.16, bahwa penelitian berlangsung menggunakan botol *Duran* yang memiliki tutup. Hal ini dilakukan agar tidak terdapat uap yang keluar

selama proses pemanasan berlangsung, agar nantinya dapat diketahui apakah komponen nonselulosa telah larut pada filtrat/ hasil saringan atau tidak.



## BAB 5

### KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

#### 5.1 Kesimpulan

1. Didapatkan larutan yang paling efektif dalam ekstraksi serat selulosa tanaman eceng gondok, yakni  $\text{NaClO}_2$ . Hal ini diketahui karena :
  - Pada gugus fungsi spektra FTIR yang terbentuk dari pelarut  $\text{NaClO}_2$ , terdapat gugus yang berasal dari ikatan hidrogen dan pembengkokan dari grup O-H terhadap struktur selulosa. Terdapat pula daerah serapan menunjukkan adanya perubahan bentuk dari *glycosidic*, yang menghubungkan antara unit glukosa pada selulosa. Sedangkan untuk pelarut  $\text{H}_2\text{O}_2$  dan HCl, masih terdapat gugus yang mengindikasikan terdapatnya senyawa lignin.
  - Berdasarkan karakteristik termal yang ditunjukkan dari analisis TGA, pada pelarut  $\text{NaClO}_2$  terdapat penguapan pada suhu  $250^\circ\text{C}$  dan  $320^\circ\text{C}$  yang mengindikasikan suhu terdekomposisinya selulosa dan ikatan glikosidik. Penguapan yang terjadi pada sampel dengan variasi pelarut  $\text{H}_2\text{O}_2$ , terdapat penguapan senyawa non selulosa (lignin) pada  $120^\circ\text{C}$  dan selulosa pada  $265^\circ\text{C}$ . Sementara itu, untuk sampel dengan variasi pelarut HCl, terdapat penguapan senyawa non selulosa (lignin) pada  $120^\circ\text{C}$  dan selulosa pada  $265^\circ\text{C}$ .
  - Berdasarkan identifikasi gugus monosakarida gula xyloheksaos yang mendeteksi kandungan hemiselulosa yang ada dengan analisis HPLC, yakni 0,113% pada pelarut  $\text{NaClO}_2$ , 0,062% pada pelarut  $\text{H}_2\text{O}_2$ , dan 0,087% pada pelarut HCl. Hal ini menunjukkan bahwa kadar hemiselulosa terbesar yang terlarut pada filtrat adalah pada sampel filtrat dengan variasi pelarut  $\text{NaClO}_2$ . Dengan kata lain, bahwa pada

serat selulosa variasi pelarut  $\text{NaClO}_2$ , kandungan hemiselulosa sudah banyak hilang dibandingkan pada serat selulosa variasi pelarut lainnya.

## 5.2 Saran

1. Dikakukannya penelitian ekstraksi serat selulosa tanaman eceng gondok dengan analisis berupa data kuantitatif dari serat selulosa yang berhasil diekstrak.



## DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi. (1990). *Kimia Kayu*. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Ahmed, A. F., Moahmed A, Abdel Naby. (2012). Pretreatment and enzymic saccharification of water hyacinth cellulose. *Carbohydrate Polymers*.
- Alemdar, A., Sain, M. (2008). Isolation and Characterization of Nanofibers from Agricultural Residue. *Bioresour*, 99, 1664-1671.
- Casey, J. (1980). *Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology* (Vol. IA). New York: Willey Interscience Publisher.
- Chaikumpollert, O., Methacanon, P., Suchiva, K. (2004). Structural elucidation of hemicelluloses from vetiver grass. *Carbohydrate Polymers*, 57, 191-196.
- Chatwall, G. (1995). Spectroscopy Atomic and Molecule.
- Deepa, B., Abraham, E., Cherian, B. M., Bismarck, A., Blaker, J. J., Pothan, L. A. (2011). Structure, morphology and thermal characteristics of banana nano fibers obtained by steam explosion. *Bioresource Technology*, 102, 1988-1997.
- Dence, R. D. W. (1996). *Oxygen Delignification, Pulp Bleaching; Principles and Practices*. Atlanta: TAPPI Press.
- Dufresne, D. D., Vignon MR. (2000). *Cellulose micro-fibrils from potato tuber cells: processing and characterization of starch-cellulose microfibril composites* (Vol. 76): J Appl Polym Sci.
- El-Sakhawy, M., & Hassan, M. L. (2007). Physical and mechanical properties of microcrystalline cellulose prepared from agricultural residues. *Carbohydrate Polymers*, 67, 1-10.
- Fengel, W. G. (1995). *Kayu*. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Foundation, A. F. (2011). Eichornia Crassipes. from [http://aquaplant.tamu.edu/images/plant\\_photos?floating\\_plants/drawing/water\\_hyacinth.html](http://aquaplant.tamu.edu/images/plant_photos?floating_plants/drawing/water_hyacinth.html)
- Gani, A., A. K. M. Rahman. (2002). *Journal of Biological Science*, 2(8), 558-559.
- Gilligan, J. (1974). *The Organic Chemical Industries*. New York: Prentice Hall, Inc.
- Harimurti, N. (2010). *Potensi Limbah Kulit Buah Kakao Sebagai Bahan Baku Bioetanol Generasi II*.
- J.X. Sun, X. F. S., H. Zhao, R.C. Sun. (2004). Isolation and Characterization of Cellulose From Sugarcane Bagasse. *Polymer Degradation and Stability*, 84, 331-339.
- Jumantara, B. A. (2011). *Modifikasi Selulosa Ampas Sagu Dengan Polimerisasi Pencangkakan Dan Penautan Silangan*. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Kim, M. K. H., dan A.L. Fricke. (1987). Preparation of Kraft Lignin From Black Liquor. 12, 112-115.

- Koes. (2010). Telaga Rawa Pening, Masyarakat Banyu Biru, dan Eceng Gondok. 2012, from [http://catatan\\_go\\_blog.blogspot.com/2010\\_08\\_01.archive.html](http://catatan_go_blog.blogspot.com/2010_08_01.archive.html)
- Lankinen, P. (2004). *Ligninolytic Enzymes of The Basidiomycetous Fungi Agaricus Bisporus And Phlebia Radiata on Lignocellulose-Containing Media.*, Helsinki.
- Marimuthu, A. R. (2012). Isolation and characterization of cellulose nanofibers from the aquatic weed water hyacinth—*Eichhornia crassipes*. *Carbohydrate Polymers*.
- Nakagaito, Y. H. (2004). *Novel high-strength biocomposites based on microfibrillated cellulose having nano-order-unit web-like network structure* (Vol. 80): Appl Phys.
- Nuringtyas, T. R. (2010). Karbohidrat. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Paulien, W. H., Laura Bermudez, Robert Bakker. (2010). *Literature review of physical and chemical pretreatment processes for lignocellulosic biomass*: Wageningen UR Food & Biobased Research.
- Ping, Y.-L. H. (2012). Preparation and characterization of cellulose nanocrystals from rice straw. *Carbohydrate Polymers*.
- Rasha, I. A., Ishak Ahmada, Alain Dufresnec, Hanieh Kargarzadeh. (2012). Extraction of cellulose nanocrystals from mengkuang leaves (*Pandanus tectorius*). *Carbohydrate Polymers*.
- Rostika, N. B., T. Bastian, Fiveriwaty. (2002). *Karakteristik Lignin Dari Limbah Pemasakan Kayu Hutan Tanaman Industri (HTI) Secara Kromatograf*.
- Selig, V. T., Himmel ME, Decker SR. (2009). The effect of lignin removal by alkaline peroxide pretreatment on the susceptibility of corn stover to purified cellulolytic and xylanolytic enzymes. *Appl Biochem Biotechnol*, 155, 397-406.
- Seymour, R. B. (1975). *Modern Plastic Technology*: Reston.
- Silverstein, R., Basler, GC., Morrill, TC. (1991). *Spectrometric Identification of Organic Compounds* (Vol. Ed 5). Toronto: John Wiley.
- Silviya, U. G., Soney Varghese, James T Guthrie (2010). Cellulose microfibrils produced from banana plant wastes: Isolation and characterization. *Carbohydrate Polymers*.
- Sinaga, M. A. (2008). *Pengaruh Penambahan Hidrogen Peroksida Pada Stage Ekstraksi terhadap Brightness Pulp*. Universitas Sumatra Utara, Medan.
- Sjostrom, E. (1995). *Kimia Kayu, Dasar-dasar dan Penggunaan Edisi Kedua*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sugesty, S. (1991). *Bahan Kimia Kayu yang ada pada Kayu, Ampas Tebu, Jerami serat Mekanisasi Pulping*.
- Sun, Y. a. J. C. (2002). Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production. *Bioresource Technology*, 83(1), 1-11.
- T. Naugen, E. Z., E. M. Barall. (1981). *Macromol. Macromol, Chem, 1, 20*.

- Taherzadeh, M. J. a. K., K. (2007). Acid-Based Hydrolysis Processes for Ethanol from Lignocellulosic Materials: A Review. *Bioresources*, 2(3), 472-499.
- Thermowoodhandbook. (2003). *Finnish Thermowood Association*. Helsinki, Finland.
- Troedec, M., Sedan, D., Peyratout, C., Bonnet, J., Smith, A., Guinebretiere, R., Gloatuen, V., Krausz, P.,. (2008). Influence of Various Chemical Treatments on the composition and structure of hemp fibers. *Compos, Part A* 39, 514-522.
- Wan, H. L., Jia SR, Huang Y, Zhu Y, Wang YL. (2006). *Synthesis and characterization of hydroxyapatite–bacterial cellulose nanocomposites* (Vol. 66): Compos Sci Technol.
- Wegener, F. D. a. G. (1984). *Wood, Chemistry, Ultrastructure, Reaction*. Berlin: Walter de Gruyter & Co.
- Wibisono, S. d. (2002). *Buku Kerja Praktek di PT Kertas Lecces Persero*. Probolinggo.

