

# PENGARUH TEMPERATUR, WAKTU PEMASAKAN DAN KONSENTRASI ASAM ASETAT PADA PROSES PEMBUATAN PULP DARI ECENG GONDOK

Tri Kurnia Dewi\*, Vina Farera

\*Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya  
Jln. Raya Palembang Prabumulih Km. 32 Inderalaya Ogan Ilir (OI) 30662

## Abstrak

Telah dilakukan penelitian pembuatan pulp dari bahan baku eceng gondok dengan proses organosolv (acetocell) menggunakan larutan pemasak asam asetat dan katalis HCl. Tingginya kadar selulosa menunjukkan potensi eceng gondok baik untuk dijadikan bahan baku pembuatan pulp. Penelitian ini mengamati pengaruh temperatur pemasakan, waktu pemasakan dan konsentrasi asam asetat, terhadap pulp yang dihasilkan. Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah temperatur pemasakan 50 °C, 70 °C, 80 °C, 90 °C dan 100 °C, waktu pemasakan 30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit dan konsentrasi asam asetat 20 %, 40 %, 50 %, 60 % dan 70 %. Hasil pulp dianalisa untuk mengetahui kadar selulosa dan kadar lignin dalam pulp. Pada penelitian ini diperoleh hasil pulp terbaik pada temperatur 80 °C, waktu memasakan 1 jam dan konsentrasi asam asetat 50 %, dengan kadar selulosa 61,67% dan kadar lignin 6,11%.

**Kata kunci :** eceng gondok, proses organosolv (acetocell), asam asetat.

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan kayu (biomassa) sebagai bahan baku untuk pembuatan pulp dari sumber daya alam hutan telah dimanfaatkan secara optimal untuk menunjang pemasukan devisa negara. Peningkatan di bidang ekonomi dan industri menyebabkan kebutuhan akan pulp dari tahun ke tahun semakin meningkat. Pemakaian bahan baku kayu yang umum sering digunakan pada industri pulp tidak akan mampu bertahan lama untuk seluruh kebutuhan yang menyebabkan terjadinya krisis bahan baku. Peremajaan hutan untuk mengantisipasi kekurangan bahan baku kayu membutuhkan waktu yang cukup lam sehingga diperlukan adanya bahan baku alternatif yang murah dan tidak memberikan dampak yang buruk terhadap lingkungan. Sangat sedikit sekali penelitian tentang bahan baku untuk industri pulp dan kertas yang dapat mengantisipasi keterbatasan persediaan kayu.

Indonesia merupakan negara agraris yang kaya akan hasil pertanian dan perkebunan, salah satunya adalah eceng gondok. Bagian dari eceng gondok yaitu batangnya diperkirakan memiliki kandungan serat selulosa yang cukup besar. Oleh karena itu peneliti mencoba untuk melakukan penelitian dengan menggunakan

bahan baku eceng gondok sebagai bahan baku alternatif untuk pembuatan pulp.

Mengingat potensi eceng gondok yang besar untuk dijadikan pulp dan belum adanya penelitian pembuatan pulp berbahan baku eceng gondok dengan proses organosolv (acetocell) maka dari itu, diteliti kemungkinan pemanfaatan eceng gondok sebagai bahan baku alternatif pembuatan pulp dengan proses organosolv (acetocell) yang ramah lingkungan.

Variasi variabel pada penelitian ini adalah temperatur pemasakan 50°C, 70°C, 80°C, 90°C dan 100°C, lama pemasakan 30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit, konsentrasi asam asetat 20 %, 40 %, 50 %, 60 % dan 70 %.

## Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*)

Eceng gondok (*Eichornia crassipes*) disebut juga *Hyacinth* air. Tumbuhan ini memiliki ciri khas yang terletak pada tangkai daun yang mempunyai gelembung (gondok). Eceng gondok secara botanis mempunyai sistematika sebagai berikut :

Devisio : *Embryophytasi*  
          : *phonogama*  
Sub Divisio : *Spermathopyta*  
Klas : *Monocotyledoneae*  
Ordo : *Ferinosae*

Famili : *Pontederiaceae*  
 Genus : *Eichhornia*  
 Spesies : *Eichhornia crassipes*  
 (Mart) solm.

(Sumber : <http://id.wikipedia.org>)

Eceng gondok adalah salah satu jenis tumbuhan air yang pertama kali ditemukan secara tidak sengaja oleh seorang ilmuwan bernama Karl Von Mortius pada tahun 1824 ketika sedang melakukan ekspedisi di Sungai Amazon, Brazilia. Kerapatan tumbuhan eceng gondok yang tinggi, tumbuhan ini dianggap sebagai gulma yang dapat merusak lingkungan perairan (<http://frutituti.multiply.com>).

Tabel 1. Kandungan Kimia Eceng Gondok Kering

Senyawa Kimia	Persentase (%)
Selulosa	64,51
Pentosa	15,61
Lignin	7,69
Silika	5,56
Abu	4,2

(sumber : Rochyati dan Yuniarti 1983)

## Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin

### Selulosa

Bahan dasar dalam industri kertas harus mengandung beberapa komponen salah satunya adalah selulosa. Selulosa merupakan bahan yang akan diisolasi dan banyak digunakan pada berbagai produk teknologi seperti kertas, sutra, serat dan lain-lain. Pada proses pengisolasian selulosa digunakan bahan kimia. Selulosa ini adalah senyawa organik yang tidak larut dalam air dengan formula  $(C_6H_{10}O_5)_n$  yang merupakan kandungan utama dalam serat tumbuhan dan berfungsi sebagai komponen struktur tumbuhan.

### Hemiselulosa

Dibandingkan dengan selulosa yang hanya tersusun atas satu jenis gula saja, maka hemiselulosa terdiri atas lima jenis gula yang berbeda yang pendek dan bercabang. Rantai hemiselulosa lebih pendek dibandingkan dengan rantai selulosa. Oleh karena itu, hemiselulosa mempunyai derajat polimerisasi yang rendah.

### Lignin

Lignin adalah jaringan polimer fenolik tiga dimensi yang berfungsi merekatkan serat selulosa sehingga menjadi kaku. Pada proses pulping kimia dan proses pemutihan akan menghilangkan lignin tanpa mengurangi serat selulosa secara signifikan. Peran utama lignin adalah untuk membentuk *middle lamela* (lapisan tengah serat) yang menjadi pengikat antar serat. Lignin adalah salah satu komponen

penyusun tanaman yang secara umum terbentuk dari selulosa, hemiselulosa dan lignin.

## Pulp

Pulp adalah hasil pemisahan serat dari bahan baku berserat (kayu maupun non kayu) melalui berbagai proses pembuatannya.

### Pembuatan Pulp

Pada prinsipnya proses pembuatan pulp dapat dibedakan atas tiga proses, yaitu proses mekanik, proses kimia dan proses semi kimia.

#### 1) Proses Mekanik

Prinsip pembuatan pulp secara mekanis yakni dengan pengikisan menggunakan alat seperti gerinda. Proses mekanik dilakukan tanpa menggunakan bahan-bahan kimia.

#### 2) Proses Kimia

Proses pembuatan pulp secara kimia dilakukan dengan menggunakan bahan kimia sebagai bahan utama untuk melarutkan bagian-bagian kayu yang tidak diinginkan.

Ada beberapa macam proses pembuatan pulp secara kimia yaitu proses soda, proses sulfit, proses sulfat (kraft) dan proses organosolv pulping.

##### a) Proses Soda

Pada proses soda larutan pemasak (cooking liquor) yang digunakan adalah larutan soda kaustik (NaOH) encer.

##### b) Proses Sulfit

Pada proses sulfit larutan pemasak yang digunakan adalah larutan natrium bisulfit ( $NaHSO_3$ ) dan asam sulfit ( $H_2SO_3$ ).

##### c) Proses Sulfat (Kraft)

Proses ini menggunakan larutan natrium sulfida ( $Na_2S$ ) dan natrium hidroksida (NaOH) sebagai larutan pemasak..

##### d) Proses Organosolv pulping

Proses organosolv adalah proses pemisahan serat dengan menggunakan bahan kimia organik misalnya asam asetat, methanol, etanol, aseton dan lain-lain.

Beberapa proses organosolv yang berkembang pesat pada saat ini, yaitu :

- Proses acetocell yaitu proses yang menggunakan bahan kimia pemasak berupa asam asetat
- Proses alcell (alcohol cellulose) yaitu proses pembuatan pulp dengan bahan kimia pemasak yang berupa campuran alkohol dan NaOH.

#### 3) Proses Semi Kimia

Cara ini pada prinsipnya adalah kombinasi antara proses mekanis dan proses kimia.

## Variabel – Variabel yang Mempengaruhi Proses Organosolv

Variabel proses yang mempengaruhi pembuatan pulp yaitu :

### a) Perbandingan Cairan Pemasak terhadap Bahan Baku

Perbandingan volume larutan pemasak (ml) dengan berat bahan baku (gr) merupakan variabel penting yang berpengaruh nyata terhadap selektivitas dari proses delignifikasi. Dengan perbandingan yang tinggi akan menguntungkan proses organosolv dalam proses delignifikasi, karena terjadi penetrasi yang tinggi. Dengan perbandingan yang lebih kecil dari 12 : 1 akan menyebabkan tingginya konsentrasi lignin dan terjadi pengendapan lignin pada pulp.

### b) Temperatur dan Waktu Pemasakan

Temperatur dan waktu pemasakan merupakan dua variabel yang saling terkait. Temperatur dan waktu pemasakan akan mempengaruhi rendemen pulp dan kelarutan lignin yang dihasilkan (Rydholm, 1965).

Pengolahan pulp dengan temperatur tinggi akan memerlukan waktu pemasakan yang singkat. Namun pada temperatur yang tinggi dengan waktu pemasakan yang lama akan menyebabkan terjadinya degradasi selulosa sehingga rendemen dan mutu pulp yang dihasilkan rendah (Casey, 1960). Kenaikan suhu setiap 10°C akan menyebabkan reaksi berlangsung dua sampai tiga kali lebih cepat dan waktu pemasakan serta proses delignifikasi dapat dipersingkat.

### c) Konsentrasi Pelarut

Konsentrasi larutan pemasak menentukan kecepatan dan kesempurnaan degradasi lignin. Namun apabila konsentrasi terlalu tinggi dapat menyebabkan terjadinya proses kondensasi yang cepat sehingga akan banyak lignin mengendap pada permukaan pulp (Achmadi, 1980).

Konsentrasi larutan pemasak yang terlalu tinggi akan lebih intensif menyerang selulosa daripada lignin sehingga rendemen dan sifat pulp yang dihasilkan rendah. Turunnya rendemen pulp sebagai akibat meningkatnya konsentrasi larutan pemasak (Mac Donald dan Franklin, 1969).

### d) Katalis

Katalis berfungsi untuk mengurangi suhu pemasakan, karena selama ini telah diketahui bahwa dalam kondisi netral, prosese organosolv berlangsung pada suhu yang tinggi yaitu 140 – 210 °C untuk mencapai

delignifikasi. Namun, dengan menggunakan katalis proses delignifikasi berlangsung pada suhu dibawah 100 °C (Sarkanen, 1979).

## Faktor Yang Mempengaruhi Mutu Pulp

Mutu pulp dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu:

### a) Panjang Serat

Panjang serat akan mempengaruhi kekuatan kertas.

### b) Kadar Selulosa

Kadar selulosa yang tinggi dari bahan baku sangat mempengaruhi dalam pengolahan pulp dan kertas, karena memberi rendemen yang tinggi (FAO, 1952) dan berfungsi membentuk jaringan antar serat dengan ikatan hidrogen antara gugus hidroksil-selulosa (Chark, 1985). Oleh karena itu diusahakan degradasi yang sekecil-kecilnya terhadap selulosa pada saat proses pulping.

### c) Kadar Lignin

Lignin merupakan zat organik polimer yang banyak dan penting dalam dunia tumbuhan selain selulosa. Adanya lignin dalam sel tumbuhan, dapat menyebabkan tumbuhan kokoh berdiri. Namun, dalam proses pulping lignin harus dihilangkan dari kayu karena akan mengganggu terbentuknya bubur (pulp) untuk pembuatan kertas. Pengaruh lignin terhadap proses pulping maupun mutu pulp dan kertas adalah menyulitkan dalam penggilingan, pulp berkekuatan rendah, sulit diputihkan, dan kertas yang dihasilkan bersifat kaku, warnanya kuning dan mutunya rendah (Kenneth, 1970).

Tabel 4. Perbedaan antara Selulosa dan Lignin

Selulosa	Lignin
○ Tidak mudah larut dalam pelarut organik dan air	○ Tidak mudah larut dalam air dan asam mineral kuat
○ Tidak mudah larut dalam alkali	○ Larut dalam pelarut organik dan larutan alkali encer
○ Larut dalam asam pekat	
○ Terhidrolisis relatif lebih cepat pada temperatur tinggi	

Tabel 5. Kadar Selulosa dan Lignin dari Beberapa Tanaman Bahan Baku Pembuatan Pulp

No	Tanaman	Selulosa (%)	Lignin (%)
1	Alang-alang	44,78	21,42
2	Pisang abaka	63,9	9,7
3	Jerami	35,44	11,49
4	Ampas tebu	44,7	19,7
5	Akasia	55,69	24,46

Sumber: Balai besar Litbang Industri Selulosa (1983).

### Larutan

Larutan yang digunakan pada proses pembuatan pulp yaitu asam asetat dan asam klorida.

### Asam Asetat

Asam Asetat (Acetic Acid) adalah senyawa kimia dengan rumus molekul  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , berupa cairan jernih tidak berwarna, berbau tajam, dan berasa asam. Bahan kimia ini memiliki titik didih  $118,1^\circ\text{C}$  pada tekanan 1 atm, dan pada konsentrasi tinggi akan menimbulkan korosi pada berbagai jenis logam.

Tabel 6. Sifat Fisika Asam Asetat

Asam Asetat	Nilai
Berat Molekul	60,05 gr/mol
Densitas	1,049 g/cm <sup>3</sup>
Titik Didih	118,1 °C
Titik Beku	16,6 °C

### Asam Klorida

Asam Klorida (hydrochloric acid) adalah salah satu senyawa asam yang sangat penting dalam industri kimia. Asam klorida memiliki banyak kegunaan di antaranya adalah sebagai bahan kimia untuk meregenerasi resin.

Tabel 7. Sifat Fisika Asam Klorida

Asam Klorida	Nilai
Berat Molekul	36,46 gr/mol
Densitas	1,18 g/cm <sup>3</sup>
Titik Didih	110 °C (383 K), larutan 20,2%; 48 °C (321 K), larutan 38%
Titik Leleh	-27,32 °C (247 K), larutan 38%

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### Alat dan bahan yang digunakan

#### Bahan yang digunakan :

Bahan baku yang digunakan yaitu batang eceng gondok.

#### • Parameter yang Digunakan

- Berat bahan baku : 12 gram
- Temperatur Pemasakan : 50, 70, 80, 90, 100 °C
- Waktu Pemasakan : 30, 60, 90 dan 120 menit
- Konsentrasi Larutan : 20, 40, 50, 60, dan 70%.

### Prosedur Penelitian

1. Batang eceng gondok bagian yang lurus dicuci sampai bersih, dijemur selama 1 minggu setelah itu dipotong 2 cm dan dihaluskan dengan menggunakan blender kemudian disimpan dalam baskom untuk digunakan sebagai bahan baku. Bahan baku siap digunakan
2. Eceng gondok sebanyak 12 gram dan larutan pemasak (campuran asam asetat dan asam klorida), dengan variasi konsentrasi asam asetat 20%, 40%, 50%, 60% dan 70%. dimasukkan ke dalam erlenmeyer dengan perbandingan berat 1 : 25 (gram/ml)
3. Erlenmeyer ditutup kemudian dimasukkan kedalam waterbath
4. Waterbath dioperasikan pada variasi temperatur 50°C, 70°C, 80°C, 90°C, 100°C dan waktu pemasakan konstan jam
5. Hasil pemasakan disaring untuk memisahkan larutan pemasak (*black liquor*) dari *raw pulp*. Padatan dicuci dengan aquadest sampai filtrat jernih
6. Pulp dikeringkan dalam oven dengan suhu 105 °C selama 6 jam, setelah terbentuk pulp kering, siap untuk dilakukan analisa kadar selulosa dan ligninnya
7. Kemudian Penelitian dilanjutkan dengan memvariasikan waktu pemasakan yaitu 30 menit, 90 menit dan 120 menit dengan menggunakan konsentrasi asam asetat dan temperatur terbaik yang didapat pada poin 2 dan 4
8. Hasil pemasakan disaring untuk memisahkan larutan pemasak (*black liquor*) dari *raw pulp*. Padatan dicuci dengan aquadest sampai filtrat jernih
9. Pulp dikeringkan dalam oven dengan suhu 105 °C selama 6 jam, setelah terbentuk pulp

kering, siap untuk dilakukan analisa kadar selulosa dan ligninnya.

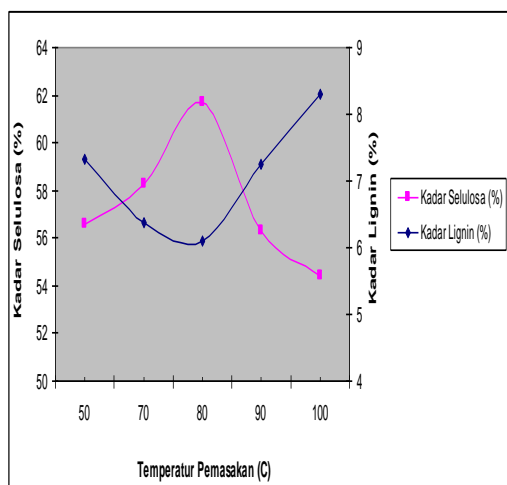
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Analisa Bahan Baku

Untuk mengetahui apakah eceng gondok dapat dijadikan pulp atau tidak, maka eceng gondok perlu dianalisa terlebih dahulu untuk mengetahui kandungan senyawa yang terdapat dalam eceng gondok. Analisa dilakukan untuk mengetahui kadar air, kadar abu, kadar selulosa dan kadar lignin. Hasil analisa eceng gondok dapat dilihat pada Lampiran A.1. Dari lampiran A.1 dapat disimpulkan bahwa eceng gondok dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan pulp dari jenis non kayu karena memiliki kadar selulosa yang cukup tinggi yaitu 63,83 % dan kadar lignin yang rendah yaitu 7,32%.

#### Pengaruh Temperatur Pemasakan

Pada percobaan ini digunakan 6 variasi temperatur pemasakan yaitu : 50 °C, 70 °C, 80 °C, 90 °C dan 100 °C. Pengaruh temperatur pemasakan terhadap kadar selulosa dan kadar lignin yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh Temperatur Pemasakan Terhadap Kadar Selulosa dan Kadar Lignin (12 gram eceng gondok, 300 ml pelarut, Waktu Pemasakan 60 menit dan Konsentrasi Larutan 50 %)

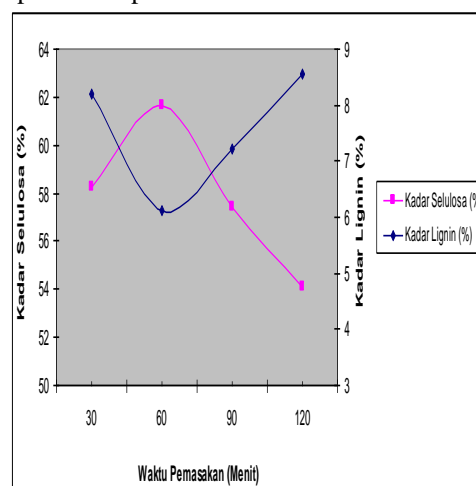
Berdasarkan Gambar 1. terlihat bahwa pada jangkauan temperatur 50 – 80 °C, kadar selulosa pada pulp yang dihasilkan meningkat. Peningkatan terjadi karena terjadinya pelarutan lignin yang cepat dan retensi karbohidrat yang tinggi sehingga kadar selulosa meningkat (Rostika et al. 1994), sedangkan pada temperatur 80 – 100 °C terjadi penurunan kadar selulosa. Penurunan terjadi karena pada

jangkauan temperatur ini terjadi degradasi selulosa menjadi lignin. Kadar selulosa tertinggi diperoleh pada temperatur 80 °C yaitu 61,67 %.

Untuk kadar lignin terlihat bahwa pada jangkauan temperatur 50 – 80 °C kadar lignin pada pulp yang dihasilkan menurun. Hal ini disebabkan karena selama proses pemasakan terjadi reaksi cepat dimana terjadi pemutusan ikatan lignin sehingga lignin yang lepas larut dalam larutan pemasak. Namun, pada jangkauan temperatur 80 – 100 °C terjadi kenaikan kadar lignin. Hal ini disebabkan karena selama pemasakan terjadi reaksi lambat dimana terjadi kondensasi dan polimerisasi kembali yang menyebabkan lignin tidak larut dalam larutan pemasak (Schroeter,1191). Kadar lignin terendah diperoleh pada temperatur 80 °C yaitu 6,11%

#### Pengaruh Waktu Pemasakan

Pada percobaan ini digunakan 4 variasi waktu pemasakan yaitu : 30, 60, 90 dan 120 menit. Pengaruh waktu pemasakan terhadap kadar selulosa dan kadar lignin yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh Waktu Pemasakan Terhadap Kadar Selulosa dan Kadar Lignin (12 gram eceng gondok, 300 ml pelarut, Temperatur 80 °C dan Konsentrasi Larutan 50 %)

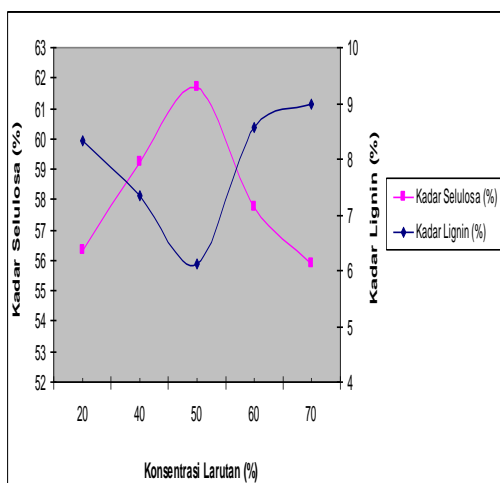
Berdasarkan Gambar 2. terlihat bahwa pada jangkauan 30 – 60 menit kadar selulosa pada pulp yang dihasilkan semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya kandungan bahan baku non selulosa yang larut dengan meningkatnya waktu pemasakan. Namun, pada rentang waktu pemasakan 60 – 120 menit terjadi penurunan kadar selulosa. Hal ini disebabkan karena pada rentang waktu pemasakan yang lebih lama terjadi pelarutan selulosa yang semakin banyak dengan

meningkatnya waktu. Kadar selulosa tertinggi didapat pada waktu pemasakan 60 menit yaitu 61,67.

Untuk kadar lignin terlihat bahwa pada jangkauan waktu pemasakan 30 – 60 menit kadar lignin pada pulp yang dihasilkan menurun. Hal ini disebabkan karena terjadi proses delignifikasi dalam larutan pemasak sehingga lignin larut dalam larutan pemasak. Namun pada jangkauan temperatur 60 – 120 °C terjadi kenaikan kadar lignin. Hal ini disebabkan karena hanya sedikit lignin yang terlarut dalam larutan pemasak sehingga kadar lignin menurun, kadar lignin terendah diperoleh pada waktu pemasakan 60 °C yaitu 6,11%.

### Pengaruh Konsentrasi Larutan

Pada percobaan ini digunakan 5 variasi konsentrasi larutan yaitu : 20%, 40%, 50%, 60% dan 70 %. Pengaruh konsentrasi larutan terhadap kadar selulosa dan kadar lignin yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh Konsentrasi Larutan Terhadap Kadar Selulosa dan Kadar Lignin (12 gram eceng gondok, 300 ml pelarut, Temperatur 80 °C dan Waktu Pemasakan 60 menit)

Berdasarkan Gambar 3. terlihat bahwa pada jangkauan konsentrasi larutan 20 – 50 %, kadar selulosa pada pulp yang dihasilkan meningkat. Hal ini disebabkan karena lignin sebagai pengikat selulosa terpisah sehingga kadar selulosa yang dihasilkan semakin meningkat. Namun, pada jangkauan konsentrasi larutan 50 – 70 % terlihat penurunan kadar selulosa pada pulp. Hal ini disebabkan karena pada jangkauan konsentrasi ini selulosa ikut terdegradasi menjadi lignin. Kadar selulosa tertinggi pada konsentrasi larutan 50 % yaitu 61,67 %.

Untuk kadar lignin terlihat bahwa pada jangkauan konsentrasi larutan 20 – 50 % kadar lignin pada pulp yang dihasilkan menurun. Hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya konsentrasi larutan maka kekuatan delignifikasi pada larutan pemasakan semakin kuat sehingga kadar lignin dalam pulp menurun. Namun, pada jangkauan konsentrasi larutan 50 – 70 % terjadi kenaikan kadar lignin. Hal ini disebabkan karena pada suasana asam, lignin cenderung melakukan kondensasi, dan lignin yang terkondensasi mengendap sehingga kadar lignin bertambah (Achmadi, 1990). Kadar lignin terendah pada konsentrasi larutan 50 °C yaitu 6,11%.

### DAFTAR PUSTAKA

- . 2005. *Teknologi Tepat Guna Tanaman Perkebunan*. <http://iptek.net/Diakses> pada 20 Mei 2011.
- Casey, P.J. 1952. *Pulp and Paper*. Chemistry and Chemical Technology Vol. 1 : Pulping and Paper Making. The Wiley Interscience Publisher, Inc., New York.
- Clark, J. 1978. *Pulp and Paper Technology*. Mc Graw Hill Book Company. New York
- Elyani. 1999. *Pengetahuan Bahan Baku Kertas*. Balai Besar Selulosa Bandung. Bandung.
- Fessenden. 1994. *"Kimia Organik Jilid II"*. Erlangga. Jakarta
- Irawan, D. Dan Dahri, J. 2001. *Study Pembuatan Pulp dari Sabut Kelapa*. Universitas Sriwijaya. Indralaya.
- Ketaren, S, S dan B, Djatmiko. 1978. *Daya Guna Hasil Eceng Gondok*. Departemen Teknologi Hasil Eceng Gondok. Fatemena, IPB. Bogor.
- Montrismen. 2003. *"Pengaruh Temperatur Pemasakan Dan Konsentrasi Soda Kaustik Terhadap Lignin Pada Pembuatan Pulp Dari Eceng Gondok"*. Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- Suhardiyono, 1998. *Tanaman Eceng Gondok dan Pemanfaatannya*. Kanisius. Jakarta.

- Sulekha, D. 2007. Serat Kelapa.  
<http://wordpress.sulekhablog.com/>.  
Diakses pada tanggal 2 Maret 2011.
- Satria, A. 2003. "Pembuatan Pulp Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Proses Asam Asetat". Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- Sutrian, Y. 1992. *Pengantar Anatomi Tumbuhan*. Rineka Cipta : Jakarta.

