

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Eceng Gondok

Eceng gondok (*Eichornia crassipes*) merupakan tumbuhan yang memiliki ciri khas yang terletak pada tangkai daun yang mempunyai gelembung (gondok). Eceng gondok adalah salah satu jenis tumbuhan air yang pertama kali ditemukan secara tidak sengaja oleh seorang ilmuwan bernama Karl Von Martius pada tahun 1824 ketika sedang melakukan ekspedisi di Sungai Amazon Brazilia. Karena kerapatan pertumbuhan eceng gondok yang tinggi, tumbuhan ini dianggap sebagai gulma yang dapat merusak lingkungan perairan.



Gambar 2.1 Eceng Gondok

Eceng gondok hidup mengapung di air dan kadang-kadang berakar dalam tanah. Tingginya sekitar 0,4 - 0,8 meter. Daunnya tunggal dan berbentuk oval. Ujung dan pangkalnya meruncing, pangkal tangkai daun menggelembung. Permukaan daunnya licin dan berwarna hijau. Bunganya termasuk bunga majemuk, berbentuk bulir, kelopaknya berbentuk tabung. Bijinya berbentuk bulat dan berwarna hitam. Buahnya kotak beruang tiga dan berwarna hijau. Akarnya merupakan akar serabut. Eceng gondok berkembang biak dengan stolon (vegetatif) dan juga secara generatif. Perkembangbiakan secara vegetatif mempunyai peranan penting dalam pembentukan koloni. Perkembangbiakan tergantung dari kadar O₂ yang terlarut dalam air.

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% dan mengandung selulosa yang lebih tinggi besar dari non selulosanya seperti lignin, abu, lemak, dan zat-zat lain. Menurut Rochyati 1983 *dalam* Yuniarti *dkk* (1988: 8) mengemukakan kandungan dari tangkai eceng gondok kering.

Tabel 2.1 Kandungan Kimia Eceng Gondok Kering

Senyawa Kimia	Persentase (%)
Selulosa	64,51
Pentosa	15,61
Lignin	7,69
Silika	5,56
Abu	12

(Sumber: Rochyati 1983 *dalam* Yuniarti *dkk* 1988)

2.2 Tandan Kosong Kelapa Sawit

Kelapa sawit adalah tanaman perkebunan berupa pohon berbatang lurus dari famili palmae. Menurut Loebis 1992, tanaman kelapa sawit diperkirakan berasal dari Guinea, pantai barat Afrika yang kemudian menyebar sampai ke Indonesia. Tanaman ini memiliki nama latin *Elaeis guineensis* Jacq. Tandan kosong kelapa sawit merupakan limbah utama dari industri pengolahan kelapa sawit. Persentase limbah TKKS adalah 23% dari tandan buah segar, sedangkan persentase serat dan cangkang biji masing-masing adalah 13% dan 5,5% dari tandan buah segar. Komponen utama dari limbah padat kelapa sawit adalah selulosa dan lignin sehingga limbah ini disebut juga limbah lignoselulosa.

Tandan kosong sawit merupakan limbah industri perkebunan kelapa sawit yang banyak mengandung serat, dimana serat tersebut yang berpotensi menjadi produk yang bernilai tambah ekonomi. Tandan kosong kelapa sawit mempunyai kekhasan pada komposisinya.



Gambar 2.2 Tandan Kosong Kelapa Sawit

Tandan kosong kelapa sawit yang merupakan 23 persen dari tandan buah segar, mengandung bahan lignoselulosa sebesar 55-60 persen berat kering. Dengan produksi puncak kelapa sawit per hektar sebesar 20-24 ton tandan buah segar per tahun berarti akan menghasilkan 2,5-3,3 ton bahan lignoselulosa. TKKS termasuk biomassa lignoselulosa, yang kandungan utamanya adalah selulosa 38,76%, hemiselulosa 26,69% dan lignin 22,23%. Kandungan selulosa yang cukup tinggi pada TKKS dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan pulp untuk kertas.

Tabel 2.2 Komposisi tandan kosong kelapa sawit

Parameter	Kandungan (%)
Lignin	22,23
Selulosa	38,76
Holoselulosa	65,45
Pentosan	26,69
Kadar Abu	6,59
Zat Ekstraktif	6,47

Sumber : Darnoko, 1995

2.3 Kertas

Kertas adalah barang yang berwujud lembaran-lembaran tipis. Yang dihasilkan dengan kompresi serat yang berasal dari pulp yang telah mengalami pengerjaan pengeringan, ditambah beberapa bahan tambahan yang saling menempel dan saling

menjalin, serat yang digunakan biasanya berupa serat alam yang mengandung selulosa dan hemiselulosa.

Secara umum kertas dibedakan menjadi dua golongan, yaitu kertas budaya dan kertas industri. Yang termasuk kertas budaya adalah kertas-kertas cetak dan kertas tulis, diantaranya adalah kertas kitab, buku, Koran dan kertas amplop. Sedangkan yang termasuk kertas industri adalah kertas kantong kertas minyak, pembungkus buah-buahan, kertas bangunan, kertas isolasi elektris, karton dan pembungkus sayur-sayuran.

2.4 Pulp

Pulp adalah hasil pemisahan serat dari bahan baku berserat kayu maupun non kayu yang dapat diolah dengan lebih lanjut menjadi kertas, selulosa dari bahan kayu dan non kayu masih tercampur dengan bahan lain seperti lignin dan selulosa.

Pulp atau yang disebut dengan bubur kertas merupakan bahan pembuatan kertas. Kertas adalah bahan yang tipis dan rata, yang dihasilkan dengan kompresi serat yang berasal dari *pulp*, biasanya serat yang digunakan berasal dari serat alami, yang mengandung selulosa dan hemiselulosa (*wordpress,2009*)

Tujuan dari pembuatan *pulp* adalah memisahkan selulosa (serat-serat) dari bahan-bahan lainnya. *Pulp* serat pendek umumnya dihasilkan dari jenis rumput-rumputan dari sisa hasil pertanian, sedangkan *pulp* serat panjang dihasilkan dari tumbuhan kayu.

Tabel 2.3 Karakteristik *Pulp*

Komposisi Kimia <i>Pulp</i>	Kadar (%)
Selulosa	40-50
Lignin	16-25
Abu	<3
Air	<10

Sumber : Balai Besar Pulp, 1989

2.4.1 Syarat Bahan Baku Pembuatan *Pulp* Non Kayu

Hampir semua tanaman berserat dapat dibuat *pulp*, hanya tergantung ekonomis atau tidaknya komponen kimia dan sifat fisik serat bahan baku yang akan diolah. *Pulp* terdiri dari serat selulosa yang berasal dari tumbuh-tumbuhan. Serat mempunyai panjang, lebar dan dinding yang bervariasi, tergantung pada jenis dan

posisinya dalam suatu pohon serta lokasi tumbuhnya. Di Indonesia banyak terdapat berbagai jenis tumbuh-tumbuhan seperti alang-alang, pisang abaka, jerami, ampas tebu, akasia dan lain-lain yang dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan *pulp*, dimana bahan baku yang sebageaian besar digunakan adalah kayu-kayu. Kekurangan pemasokan bahan baku kayu untuk produksi *pulp*, karena pengeksploasian pohon kayu secara besar-besaran yang dapat mengganggu kestabilan lingkungan hidup. Untuk mengatasi hal tersebut perlu dicari bahan baku alternatif untuk menghasilkan *pulp*. Dalam hal ini kandungan selulosa dan lignin dalam suatu tanaman sangat berpengaruh besar terhadap bahan baku pulp.

Tabel 2.4 Standar Kualitas Pulp

Komposisi	Nilai (%)
Selulosa	45-60
Lignin	4-16
Hemiselulosa	35-40
Holoseululosa	60-64

Sumber (PT.Tanjung Enim Lestari,2009)

Sifat Fisik Pulp

Sifat fisik *pulp* merupakan salah satu parameter yang digunakan dalam menentukan kualitas pulp (Sixta, 2006). Kriteria tergantung pada jenis produk yang diinginkan. Secara sederhana sifat-sifat tersebut menurut Casey (1991), meliputi :

1. Ketahanan sobek

Didefinisikan sebagai gaya dalam satuan gram gaya atau gram *force* (gf) atau mili Newton (mN), ynaag diperlukan untuk menyobek lembaran *pulp* pada kondisi standar (SIT0435'81). Dalam hal ini nilai kekuatannya dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain (Browyer dan Haygreen, 1999):

a. Panjang serat

Secara umum ketahanan sobek lembaran *pulp* meningkat seiring dengan peningkatan panjang serat. Hal ini terjadi karena serat-serat panjang dapat menyebarkan daerah perusakan ikatan yang lebih besar daripada serat pendek saat dilakukan penyobekan.

b. Jumlah serat yang berperan saat penyobekan

Masing-masing serat yang menyusun suatu lembaran *pulp* pada gramatur tertentu (massa lembaran *pulp* dalam gram per satuan luasnya dalam meter persegi yang diukur pada kondisi standar (SIT0439'81)). Ikatan antar serat turun berpengaruh terhadap ketahanan sobek lembaran *pulp*. Dalam hal ini kekuatan ikatan sangat tergantung pada proses fibrilasi yang terjadi pada proses *pulping* yang kemudian disempurnakan melalui proses *refining*.

2. Ketahanan tarik

Didefinisikan sebagai daya tahan lembaran *pulp* terhadap gaya tarik yang bekerja pada kedua ujungnya diukur pada kondisi standar (SIT0436'81). Dalam hal ini nilai kekuatannya dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain (Saranah, 2005):

a. Arah serat dalam lembaran *pulp*

Nilai ketahanan tarik lembaran *pulp* akan lebih tinggi jika seratnya sejajar dengan arah tariknya.

b. Ikatan antar serat

Makin besar kekuatan ikatan antar serat maka ketahanan tarik lembaran *pulp* makin besar.

3. Ketahanan retak

Didefinisikan sebagai tekanan hidrostatis dalam kilopascal atau psi yang dibutuhkan untuk meretakkan suatu bahan saat tekanan ditingkatkan pada kecepatan konstan oleh karet diafragma bundar dengan diameter 30,5 mm (T404'cm'92).

Dalam hal ini nilai kekuatannya tergantung pada (Nursyamsu, 1993):

a. Panjang serat

Lembaran *pulp* yang tersusun oleh serat-serat panjang akan memiliki kekuatan retak yang lebih tinggi.

b. Ikatan antar serat

Makin besar kekuatan ikatan antar serat maka ketahanan retak lembaran *pulp* makin besar. Kekuatan ikatan antar serat sangat dipengaruhi oleh proses fibrilasi.

2.4.2 Pengelompokan *Pulp*

Menurut komposisinya *pulp* dikelompokkan menjadi tiga jenis yaitu :

1. *Pulp* kayu (*wood pulp*)

Pulp kayu adalah *pulp* yang berbahan baku kayu, *pulp* kayu dibedakan menjadi:

a. *Pulp* kayu lunak (*soft wood pulp*)

Jenis kayu lunak yang umum digunakan berupa jenis kayu berdaun jarum (*Needle Leaf*) seperti *pinus Merkusi*, *Agatis Loranthifolia*, dan *Albizza Folcata*.

b. *Pulp* kayu keras (*hard wood pulp*)

Pada umumnya serat ini terdapat pada jenis kayu berdaun lebar (*Long Leaf*) seperti kayu Oak (Kirk Othmer, 1978).

2. *Pulp* bukan kayu (*non wood pulp*)

Pulp non kayu yang umum digunakan biasanya merupakan kombinasi antara *pulp* non kayu dengan *pulp* kayu lunak kraft atau sulfit yang ditambahkan untuk menaikkan kekuatan kertas. Karakteristik bahan non kayu mempunyai sifat fisik yang lebih baik daripada kayu lunak dan dapat digunakan di dalam jumlah yang lebih rendah bila digunakan sebagai pelengkap sebagai bahan pengganti bahan kayu lunak.

Sumber serat non kayu meliputi:

- a. Limbah pertanian dan industri hasil pertanian seperti jerami padi, gandum, batang jagung, dan ampas tebu.
- b. Tanaman yang tumbuh alami seperti alang-alang dan rumput-rumputan.
- c. Tanaman yang diolah seperti serat daun dan serat dari batang. (Harsini dan Susilowati, 2010)

3. *Pulp* kertas bekas

Proses daur ulang kertas bekas adalah proses untuk mengolah kertas bekas menjadi kertas yang berguna dan bertujuan untuk mengurangi penggunaan bahan baku yang baru, kerusakan lahan dan mengurangi polusi jika dibandingkan dengan proses pembuatan barang baru. Pada umumnya kertas kertas dibuat

dengan pembuatan *pulp* sebagai awal dan kemudian diikuti dengan proses pencetakan. Dimana ada proses pelunakan bahan agar berbentuk bubur kertas. Proses pemutihan dan kemudian penambahan serat. *Pulp* merupakan bahan baku pembuatan kertas dan senyawa-senyawa kimia turunan selulosa. *Pulp* dapat dibuat dari berbagai jenis kayu, bambu dan rumput-rumputan. *Pulp* adalah hasil pemisahan selulosa dari bahan baku berserat (kayu maupun non kayu) melalui berbagai proses pembuatan baik secara mekanis, semikimia, maupun kimia. (M.Hatta, 2011).

2.5 Proses Pembuatan *Pulp*

Ada beberapa metode untuk pembuatan *pulp* yang merupakan proses pemisahan selulosa dari senyawa pengikatnya, terutama lignin yaitu: secara mekanis, kimia dan semi kimia. Pada proses secara kimia ada beberapa cara tergantung dari larutan pemasak yang digunakan, yaitu proses sulfit, proses sulfat, proses soda dan proses organosolv.

2.5.1 Proses Mekanik

Proses penyerutan kayu dimana kayu gelondong setelah dikuliti diserut dalam batu asah yang diberi semprotan air. Akibat proses ini banyak serat kayu yang rusak. Pada proses mekanik ini dilakukan tanpa menggunakan bahan-bahan kimia. Bahan baku digiling dalam keadaan basah, sehingga serat-serat akan terlepas. Kemudian disaring sehingga selulosa terpisah dari zat-zat yang lain.

Prinsip pembuatan *pulp* secara mekanis yaitu dengan pengikisan menggunakan alat seperti gerinda. Proses mekanis yang dikenal diantaranya PGW (*Pine Groundwood*), SGW (*Semi Groundwood*). Umumnya *pulp* yang dihasilkan digunakan untuk pembuatan jenis-jenis kertas yang berkualitas rendah dan mempunyai warna yang kurang baik. Keuntungan dari proses ini adalah prosesnya sederhana biaya produksi yang relatif rendah dan rendemen yang tinggi. Kerugian dari proses ini adalah sifat serat yang dihasilkan pendek, tidak murni, tidak utuh, lemah dan *pulp* yang dihasilkan sekar diputihkan.

2.5.2 Proses Kimia

Proses dimana lignin dihilangkan sama sekali hingga serat-sarat kayu mudah dilepaskan pada pembongkaran dari bejana pemasak (digester) atau paling tidak setelah perlakuan mekanis lunak. Pada proses ini dilakukan dengan menggunakan bahan kimia sebagai bahan utama untuk melarutkan bagian-bagian kayu yang tidak diinginkan. Selulosa dipisahkan dari bahan baku dengan jalan merebus atau memasak bahan baku tersebut menggunakan bahan kimia pada suhu tertentu. Proses ini menghasilkan *pulp* dengan rendemen yang rendah. Serat *pulp* yang dihasilkan adalah utuh, panjang, kuat dan stabil.

Ada beberapa macam proses pembuatan *pulp* secara kimia yaitu proses sulfit, proses sulfat, proses soda dan proses organosolv.

1. Pembuatan *Pulp* Sulfit

Pulp sulfit rendemen tinggi dapat dihasilkan dengan proses sulfit bersifat asam, bisulfit atau sulfit bersifat basa. Pada proses ini larutan pemasak yang digunakan adalah natrium bisulfit (NaHSO_3) dan asam sulfit (H_2SO_3). Serat *pulp* yang dihasilkan pada proses ini sangat halus sehingga *pulp* tersebut dapat dipakai untuk membuat kertas dengan mutu tinggi.

Proses sulfit mempunyai beberapa keuntungan diantaranya adalah menghasilkan *pulp* yang relatif lebih putih sebelum dilakukan proses pemutihan, mudah dilarutkan, dan mudah dimurnikan dengan larutan alkali.

2. Pembuatan *Pulp* Sulfat (*kraft*)

Proses ini menggunakan larutan natrium sulfida (Na_2S) dan natrium hidroksida (NaOH) sebagai larutan pemasak. Sejak tahun 1960, produk *pulp kraft* lebih banyak daripada *pulp sulfite*, karena beberapa faktor seperti pemilihan bahan kimia yang lebih sederhana dan sifat-sifat *pulp* yang lebih baik. Serat *pulp* yang dihasilkan pada proses ini sangat kuat tetapi warnanya kurang baik dan sukar untuk diputihkan. Oleh sebab itu *pulp* jenis ini dipakai untuk membuat kertas kantong, seperti kantong semen.

3. Pembuatan *Pulp* Soda

Sistem pemasakan alkali yang bertekanan tinggi menggunakan larutan NaOH yang digunakan sebagai larutan pemasak dengan perbandingan 4:1 dari bahan yang

digunakan dan larutan bekas yang dihasilkan dipekatkan dengan cara penguapan. Proses alkali kurang dominan digunakan dibandingkan dengan proses sulfit. Hal ini dikarenakan proses alkali lebih sulit untuk memperoleh kembali zat-zat kimia dari larutan pemasak sedangkan pada proses sulfit yang menggunakan magnesium/ammonium dalam larutan pemasak dapat di *recovery* (daur ulang) larutan sisa pemasakan menjadi lebih mudah. Proses soda umumnya digunakan untuk bahan baku dari limbah pertanian seperti merang, katebon, bagase serta kayu lunak. Pada proses soda ini larutan pemasak yang digunakan adalah larutan soda kaustik (NaOH) encer. (bakara, 2004).

4. Organosolv

Organosolv merupakan proses pulping yang menggunakan bahan yang lebih mudah didegradasi seperti pelarut organik. Pada proses ini, penguraian lignin terutama disebabkan oleh pemutusan ikatan eter (Donough, 1993). Beberapa senyawa organik yang dapat digunakan antara lain adalah asam asetat, etanol dan metanol. Dengan menggunakan proses ini diharapkan permasalahan lingkungan yang dihadapi oleh industri *pulp* dan kertas dapat diatasi. Hal ini disebabkan karena proses organosolv tidak menggunakan unsur sulfur sehingga lebih aman terhadap lingkungan. Selain itu proses Organosolv juga memiliki beberapa keuntungan diantaranya yaitu, rendemen *pulp* yang dihasilkan tinggi, daur ulang lindi hitam dapat dilakukan dengan mudah dan tidak menggunakan unsur sulfur, sehingga lebih aman terhadap lingkungan, dan dapat menghasilkan by-product (hasil samping) berupa lignin dan hemiselulosa dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Beberapa proses organosolv yang berkembang pesat pada saat ini, yaitu :

- a. Proses *acetocell* yaitu proses yang menggunakan bahan kimia pemasak berupa asam asetat
- b. Proses *alcohol cellulose* yaitu proses pembuatan pulp dengan bahan kimia pemasak yang berupa campuran alkohol dan NaOH.

Keuntungan dari proses kimia ini dibandingkan dengan proses mekanis dan semikimia yakni :

- a. Serat *pulp* yang dihasilkan lebih utuh, kuat dan panjang

- b. Produk *pulp* lebih stabil pada derajat putih yang sama
- c. Produk *pulp* dapat digunakan sebagai bahan baku kertas *grade* rendah (*unbleach*) seperti : *bag paper, lineboard dan wrapper*. Sedangkan untuk *unbleach pulp* dapat dibuat sebagai kertas fotocopy.

2.5.3 Proses Semi Kimia

Cara ini pada prinsipnya adalah kombinasi dari cara mekanis dan kimia. Umumnya cara ini dilakukan dengan merendam bahan baku dengan bahan kimia, kemudian mengolahnya secara mekanis, yaitu memisahkan serat-serat sehingga menjadi *pulp*. Warna pulp yang dihasilkan lebih pucat. Ada dua macam proses pembuatan *pulp* secara semi kimia, yaitu :

1. Proses Sulfit Netral

Proses ini pada dasarnya ditandai dengan tahapan penggilingan secara mekanik. Proses semi kimia yang paling penting adalah proses natural Sulfite Semi Chemical (NSSC), yang telah digunakan secara luas di Amerika Serikat sejak 1926. Dalam 20 tahun terakhir proses NSSC juga telah digunakan di Eropa dan dibanyak negara lain di seluruh dunia (Cronert 1966; Marney 1980). Proses ini memanfaatkan cairan pemasak Sodium Sulfit dengan penambahan Sodium Karbonat untuk menentralkan asam-asam organik yang dilepas dari kayu selama pemasakan.

2. Proses Soda Dingin

Proses ini digunakan untuk kayu keras yang berkerapatan tinggi. Langkah yang paling penting dalam pembuatan *pulp* soda dingin adalah *impregnasi* dengan lindi alkali (NaOH) pada temperatur 20-30, hingga terjadi penetrasi yang cepat tapi menyeluruh pada serpih-serpih kayu. Proses ini dilakukan dnegan konsentrasi NaOH rendah, yaiitu 0,25-2,5% dan dengan waktu anara 15-120 menit kemudian dilakukan tahap penggilingan pada sepih-serpih.

2.6 Beberapa Variabel yang Mempengaruhi Proses Pembuatan Pulp

Variable proses yang mempengaruhi pembuatan *pulp* yaitu komposisi pelarut, temperatur pemasakan, waktu pemasakan dan perbandingan cairan pemasak terhadap bahan baku. (*balai besar litbang industry selulosa (2008)*)

1. Konsentrasi Pelarut

Semakin tinggi konsentrasi larutan pemasak, akan semakin banyak selulosa yang larut dalam pelarut dapat berpengaruh dalam pemisahan dan penguraian selulosa.

2. Temperatur Pemasakan

Temperatur yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya pemecahan *makro molekul* yang semakin banyak, sehingga produk yang larut dalam asam pun akan semakin banyak.

3. Waktu Pemasakan

Semakin lama waktu pemasakan, maka kandungan lignin didalam *pulp* akan semakin tinggi, karena lignin yang tadinya sudah terpisah dari *raw pulp* dengan bantuan asam nitrat akan kembali larut dan menyatu dengan *raw pulp* dan sulit untuk memisahkannya lagi (Shere B. Noris, 2001). Waktu pemasakan yang lama dapat menyebabkan terjadinya degradasi selulosa yang semakin besar sehingga rendemennya rendah.

4. Perbandingan cairan Pemasak Terhadap Bahan Baku

Perbandingan cairan pemasak terhadap bahan baku haruslah memadai agar pecahan-pecahan lignin sempurna dalam proses degradasi dan dapat larut sempurna dalam cairan pemasak. Perbandingan yang terlalu kecil dapat menyebabkan terjadinya redeposisi sehingga dapat meningkatkan lignin (kualitas *pulp* menurun).

5. Ukuran Bahan Baku

Ukuran bahan baku yang berbeda dapat menyebabkan luas kontak antar bahan baku dengan larutan pemasak berbeda. Semakin kecil ukuran bahan baku akan menyebabkan luas kontak antara bahan baku dengan larutan pemasak semakin luas, sehingga reaksi lebih baik.

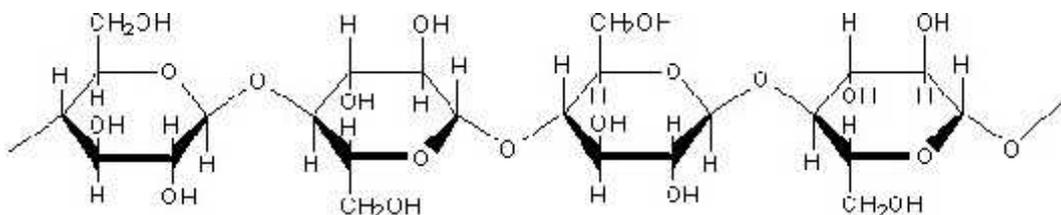
6. Katalis

Pada dasarnya katalis ada dua macam katalis yaitu katalis asam dan katalis basa. Katalis asam antara lain asam-asam organik (asam sitrat, asam asetat dan asam salisilat). Sedangkan katalis basa yaitu amonium dan natrium sulfida. Pada pembuatan *pulp* katalis berfungsi untuk mengurangi suhu pemasakan, karena selama ini telah diketahui bahwa dalam kondisi netral proses yang menggunakan pelarut organik suhunya sangat tinggi untuk mencapai delignifikasi.

2.7 Kandungan *Pulp*

2.7.1 Selulosa

Selulosa merupakan bagian utama jaringan tanaman berkayu, bahan tersebut terdapat juga pada tumbuhan perdu seperti paku, lumut, ganggang, dan jamur. Penggunaan terbesar dunia yang berupa serta kayu dalam industri kertas dan produk turunan kerta lainnya. Selulosa merupakan polimer yang ditemukan didalam sel tumbuhan seperti kayu, dahan dan daun. Selulosa itulah yang menyebabkan struktur-struktur kayu, dahan dan daun menjadi kuat. Winarno (2002) menyebutkan bahwa selulosa merupakan serat-serat panjang yang bersama hemiselulosa, pectin dan protein membentuk struktur jaringan yang memperkuat dinding sel tanaman. Selulosa merupakan polisakarida atas satuan glukosa yang terikat dengan rumus ($C_6H_{10}O_5$). 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 kuat, lebih tahan terhadap pengaruh bahan kimia, cahaya, dan mikroorganisme.



Gambar 2.3 Rumus Bangun Selulosa

Selulosa ialah satu polimer yang mengandung unit-unit glukosa dan beberapa ratus hingga lebih daripada 10000 gabungan atau ikatan glukosa. Selulosa tidak larut dalam air, tetapi larut dalam larutan kuprik hidroksida berammonia.

Selulosa tidak memberi warna biru dengan iodine. Selulosa adalah struktur berkomponen pada dinding sel utama pada tumbuhan.

Menurut panjang rantainya (derajat polimerisasi). Selulosa dibagi menjadi tiga macam yaitu :

1. Alpha (α)Selulosa

Rantai panjang, tak larut dalam air, sukar larut dalam alkali dan adalah penyusun utama selulosa.

2. Beta (β) Selulosa

Rantai pendek larut dalam alkali, bila diberi asam akan mengendap lagi

3. Gamma (γ) Selulosa.

Rantainya lebih pendek, larut dalam alkali dan bila diberi asam tidak akan mengendap.

Selulosa merupakan karbohidrat utama yang disintesis oleh tanaman dan menempati hampir 60% komponen penyusun struktur kayu. Jumlah selulosa di alam sangat berlimpah sebagai sisa tanaman atau dalam bentuk sisa pertanian seperti jerami padi, kulit jagung, gandum, kulit tebu, dan lain-lain. Selulosa merupakan karbohidrat utama yang disintesis oleh tanaman dan menempati hampir 60% komponen penyusun struktur kayu.

Jumlah selulosa di alam sangat berlimpah sebagai sisa tanaman atau dalam bentuk sisa pertanian seperti jerami padi, kulit jagung, gandum, kulit tebu dan lain-lain tumbuhan. Tidak seperti komponen dinding sel yang lain, yang mana proses sintesis berlaku pada bagian dalam sel tumbuhan, selulosa disintesis di atas permukaan dinding sel yang berada di antara plasma membran tumbuhan ialah enzim yang dipanggil selulosa sintase yang bertindak mensintesis selulosa. Apabila selulosa disintesis, satu terbitan baru akan wujud yaitu selulosa mikrofibril yang berada pada permukaan dalam sel, Kemudian selulosa mikrofibril akan mengikat di antara satu sama lain untuk membentuk selulosa makrofibril yang berada pada permukaan tengah sel. Selulosa makrofibril membesar untuk membentuk serat yang dinamakan serat selulosa.

Sifat-sifat selulosa terdiri dari sifat fisik dan sifat kimia. Selulosa dengan rantai panjang mempunyai sifat fisik yang lebih kuat, lebih tahan lama terhadap

degradasi yang disebabkan oleh pengaruh biologis. Sifat-sifat fisik serat selulosa (Harsini dan Susilowati, 2010) :

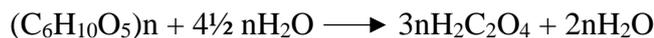
1. Memiliki kekuatan tarik yang tinggi
2. Berat molekul berkisar antara 300.000 – 500.000 gr/mol
3. Mampu membentuk jaringan
4. Tidak mudah larut dalam air, alkali dan pelarut organik
5. Relatif tidak bewarna
6. Memiliki kemampuan mengikat yang lebih kuat

Sifat-sifat kimia selulosa (Solechudin dan Wibisono, 2002) :

1. Terhidrolisa sempurna dalam suasana asam akan menghasilkan glukosa
2. Hidrolisa parsial menghasilkan maltosa (disakarida)



3. Hidrolisa berlebihan menghasilkan asam oksalat



4. Hidrolisa lengkap dengan HCl 40% dalam air hanya menghasilkan D glukosa.
5. Degradasi pada selulosa selama proses pembuatan pulp yang terjadi karena :

- a. Degradasi oleh hidrolisa asam

Terjadi pada temperatur yang cukup tinggi dan berada pada media asam dalam waktu yang cukup lama. Akibat dari degradasi ini adalah terjadinya reaksi yaitu selulosa terhidrolisa menjadi selulosa dengan berat molekul yang rendah. Keaktifan asam pekat untuk mendegradasi selulosa berbeda-beda. Untuk keaktifan yang sangat tinggi dimiliki oleh asam oksalat. Asam nitrat, asam sulfat dan asam chlorin adalah asam yang aktif, sedangkan asam-asam organik merupakan asam-asam yang tidak aktif. Asam sulfat yang pekat (75%) akan menyebabkan selulosa berbentuk gelatin, asam nitrat pekat akan menyebabkan selulosa membentuk ester sedangkan asam fosfat pada temperatur rendah akan menyebabkan sedikit berpengaruh pada selulosa.

- b. Degradasi oleh oksidator

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

- NO₂ mengoksidasi hidroksil primer dari selulosa menjadi karboksil. Oksidasi ini tidak akan memecah rantai selulosa kecuali jika terdapat alkali.
- Chlorin mengoksidasi gugus karboksil dan aldehyd. Oksidasi karboksil menjadi CO₂ dan H₂O, sedangkan oksidasi aldehyd menjadi karboksil dan bila oksidasi diteruskan akan menjadi CO₂ dan H₂O.
- Hipoklorit akan menghasilkan oksidasi selulosa yang mengandung presentase gugus hidroksil tinggi pada kondisi netral atau alkali.

c. Degradasi oleh panas

Pengaruh panas lebih besar bila dibandingkan dengan asam atau oksidator. Serat-serat selulosa yang dikeringkan pada temperatur tinggi akan mengakibatkan kertas kehilangan sebagian higroskopisitasnya (swelling ability), karena :

- Bertambahnya ikatan hidrogen antara molekul - molekul selulosa yang berdekatan.
- Terbentuknya ikatan rantai kimia diantara molekul - molekul selulosa yang berdekatan.
- Pemanasan serat-serat pulp pada temperatur kurang lebih 100⁰C akan menghilangkan kemampuan mengembang sekitar 50% dan pemanasan diatas 20⁰C dan dalam waktu lama akan mengakibatkan serat-serat selulosa kehilangan strukturnya secara total.

Selulosa berperan besar dalam memberikan kekuatan tarik sedangkan lignin memberikan kekuatan tekan dan mencegah pelipatan mikrofibril. Selulosa dan lignin diikat dengan hemiselulosa. Gugus fungsional dari gugus selulosa adalah gugus hidrofilik. Struktur rantai selulosa distabilkan oleh ikatan hidrogen yang kuat disepanjang rantai. Didalam selulosa alami dari tanaman, rantai selulosa diikat bersama-sama membentuk mikrofibril yang sangat terkristal (*highly cristalline*) dimana setiap rantai selulosa diikat bersama-sama oleh ikatan hidrogen (Dewi, 2011).

2.7.2 Lignin

Lignin merupakan komponen makromolekul pada tumbuh-tumbuhan yang mempunyai serat pada komponen penyusun tumbuhan atau tanaman tersebut.

struktur molekul lignin sangat berbeda bila dibandingkan dengan polisakarida karena terdiri atas sistem senyawa aromatik yang tersusun atas unit-unit fenil propana. selama perkembangan sel, lignin dimasukkan sebagai komponen terakhir dalam dinding sel, menembus diantara fibril-fibril sehingga memperkuat dinding sel lignin ada di dalam dinding sel maupun di daerah antar sel (*Lamela* tengah) dan menyebabkan kayu menjadi keras dan kaku sehingga mampu menahan tekanan mekanis yang besar. Jumlah lignin yang terdapat dalam tumbuhan yang berbeda sangat bervariasi.

Lignin secara umum tidak ditemui dalam bentuk sederhana di antara polisakarida-polisakarida dinding sel tanaman, tetapi selalu tergantung atau berikatan dengan polisakarida tersebut. Lignin merupakan senyawa polimer aromatik kompleks yang terbentuk melalui polimerisasi tiga dimensi dan sinamil alkohol yang merupakan turunan dari fenilpropana (Fengel, D. and Wegener, G., 1995 dalam Anggraini dkk, 2007:12).

Lignin berbentuk non kristal, mempunyai daya absopsi yang kuat dan di alam bersifat *thermoplastic*, sangat stabil, sulit dipisahkan dan mempunyai bentuk yang bermacam-macam sehingga struktur lignin pada tanaman bermacam-macam.

Lignin merupakan produk massa tumbuh-tumbuhan yang secara biologis paling lambat dirusak. dengan demikian, lignin merupakan sumber utama bahan organik yang lambat dirusak oleh asam-asam fuminat yang terdapat didalam tanah. lignin memiliki spektrum serapan absorpsi ultraviolet (UV) yang khas dan memberikan reaksi warna yang khas dengan fenol dan amino aromatik (Fegel, D and Wegener, G, 1995).

2.8 Penentuan Kualitas *Pulp*

Secara umum kualitas *pulp* dapat diukur dengan penentuan:

1. Kadar Alfa Selulosa (KAS)

Kadar Alfa Selulosa (KAS) merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan banyaknya selulosa yang terdapat dalam *pulp*. Semakin tinggi KAS menunjukkan semakin banyaknya alfa selulosa yang terkandung dalam *pulp* dan juga kualitas *pulp* yang semakin baik. Kadar alfa selulosa dalam *pulp* dipengaruhi

oleh konsentrasi dan jenis larutan pemasak, suhu, waktu pemasakan, dan jenis bahan yang digunakan untuk membuat pulp.

2. Kadar Lignin

Kadar lignin dalam *pulp* menunjukkan sisa lignin yang tertinggal dari hidrolisis yang tidak sempurna. Kadar lignin dapat ditentukan dengan mengoksidasi lignin menggunakan kalium permanganat dalam suasana asam. Salah satu metode untuk menentukan jumlah lignin yang tersisa dalam pulp adalah dengan mengukur bilangan Kappa. *Kappa Number* digunakan untuk menyatakan berapa jumlah lignin yang masih tersisa didalam *pulp* setelah pemasakan. Pengujian *Kappa Number* yang dilakukan memiliki dua tujuan, yaitu:

- a. Merupakan indikasi terhadap derajat delignifikasi yang tercapai selama proses pemasakan, artinya *Kappa Number* digunakan untuk mengontrol pemasakan.
- b. Menunjukkan kebutuhan bahan kimia yang akan digunakan untuk proses selanjutnya yaitu proses pemutihan (*bleaching*).

Pada pengujian *Kappa Number*, sejumlah larutan kalium permanganat yang sudah diketahui konsentrasinya didalam sampel *pulp*. Setelah waktu tertentu, jumlah kalium permanganat yang bereaksi dengan *pulp* ditentukan dengan menitrasi sampel dengan larutan natrium thiosulfat. (Arif.H. 2003)

Hubungan *Kappa Number* dan lignin adalah *Kappa Number* merupakan jumlah volume kalium permanganat (KMnO_4) 0,1 N yang diperlukan untuk menguraikan atau mengoksidasi 1 gram lignin dalam *pulp*. Semakin tinggi bilangan Kappa berarti sisa lignin dalam pulp juga semakin tinggi.

Kappa number dapat dijadikan acuan dalam menilai kualitas serat *pulp* pada industri kertas. *Kappa number* dikatakan sebagai derajat *residual lignin* yang terdapat pada serat, karena lignin tidak mungkin untuk hilang seluruhnya dari ikatan lignoselulosa. Pada industri kapa number dianalisa setiap satuan waktu oleh *Quality Control Department*, yang kemudian dilaporkan ke bagian pembuatan pulp. Number kapa yang dianalisa merupakan *kappa number chips* keluaran dari zona terakhir bejana *digester*, setelah seksi pembuatan *pulp* menerima laporan mengenai kapa number, maka seksi pembuatan *pulp* akan melakukan aksi lanjutan

untuk menjaga, menurunkan atau menaikkan *kappa number* disesuaikan dengan spesifikasi yang ditentukan. Seksi lanjutan dari pemasakan adalah pencucian dan *bleaching*.

Pada praktek industri, kappa number diperoleh dengan cara mencampurkan sampel serat keluaran digester dengan 50 ml 0,1 N KMnO_4 dan 50 ml 4 N H_2SO_4 , lalu dilihat hasilnya dengan table acuan. Bahan kimia yang digunakan dalam penentuan bilangan kappa adalah kalium permanganat 0,1 N (KMnO_4) yang berfungsi untuk mengoksidasi lignin dalam *pulp*. Kalium Iodida 0,1 N (KI) yang berfungsi sebagai reduktor. Asam sulfat (H_2SO_4) berfungsi untuk membuat suasana asam, karena proses oksidasi reduksi berjalan optimal pada suasana asam. Natrium thiosulfat 0,1 N ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) berfungsi sebagai larutan pentiter (larutan standar) dan indikator amilum 1% berfungsi sebagai indikasi berakhirnya proses titrasi. Proses titrasi yang terjadi adalah titrasi redoks. Titrasi redoks digunakan dalam pemeriksaan kimia berbagai zat organik dan non organik. Dalam pemeriksaan suatu senyawa terlebih dahulu senyawa yang ditentukan di ubah kebentuk tereduksi atau oksidasi pendahuluan. Oksidasi adalah reaksi yang menaikkan bilangan oksidasi suatu unsure dalam zat yang mengalami oksidasi, sedangkan reduksi merupakan reaksi yang menurunkan bilangan oksidasi. Jadi sekalipun mereduksi dan mengoksidasi suatu pensenyawaan, sebenarnya dioksidasi ataupun direduksi itu adalah unsure tertentu yang terdapat dalam pensenyawaantersebut.

Dalam reaksi redoks selalu harus ada oksidator dan reduktor bersama-sama sebab, bila ada satu bertambah bilangan oksidasinya (melepas electron), maka harus ada yang menangkap electron itu (turun bilangan oksidasinya).

Pada reaksi bilangan kappa digunakan zat pengoksidasi berupa KMnO_4 . Kalium permanganate merupakan salah satu oksidator kuat dalam larutan yang bersifat asam. Setengah reaksinya sebagai berikut :



Titrasi ini dilakukan pada larutan yang bersifat asam. Meskipun demikian, kalium permanganat juga merupakan oksidator kuat dalam larutan yang bersifat asam lemah, netral dan basah lemah.

Dalam titrasi apabila larutan standar yang digunakan adalah iodine maka disebut metode iodometri. Pada titrasi Iodometri digunakan cara yang tidak

langsung. Dalam reaksi Iodometri analat harus berbentuk suatu oksidator kuat, karena dalam metode ini analat selalu direduksi terlebih dahulu oleh KI sehinggadiperoleh I₂. Dalam hal ini oksidator ditambah dengan KI berlebih dan iodium (I₂) yang dibebaskan akan ditirasi dengan larutan baku natrium tiosulfat.

Tabel 2.5 Hasil Analisa Pembuatan Pulp dari Tandan Kosong Kelapa Sawit

No	Jenis Analisa	Persentase (%)
1	Rendemen	70,24 - 88,91
2	Kadar Air	6,06 - 9,11
3	Kadar Selulosa	65,51 - 82,62

Tabel 2.6 Hasil Analisa Pembuatan Pulp dari Eceng Gondok

No	Jenis Analisa	Persentase (%)
1	Rendemen	43,12 - 57,49
2	Kadar Selulosa	24,83 - 54,67
3	Kadar Lignin	5,12 - 13,17

2.9 Karakteristik Metanol

2.9.1 Sifat Fisik Metanol

Rumus molekul	: CH ₃ OH
Massa molar	: 32,04 g/mol
Densitas	: 0,7918 g/cm ³
Titik didih	: 64,7 °C
Viskositas	: 0,59 mPa.s pada 20°C

2.9.2 Sifat Kimia Metanol

Alkohol adalah molekul polar dengan adanya gugus -OH. Gugus fungsi -OH dapat melepaskan proton pada larutan dan dengan demikian alkohol bersifat asam. Pada kasus lain, gugus -OH dapat digantikan. Jadi, reaksi dalam alkohol dapat diklasifikasikan menjadi reaksi yang melibatkan hidrogen asam dan yang melibatkan gugus hidroksi.