

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pisang (*Musa sp.*)

Pisang adalah nama umum yang diberikan pada tumbuhan terna raksasa berdaun besar memanjang dari suku *Musaceae*. Beberapa jenisnya (*Musa acuminata*, *M. balbisiana*, dan *M. paradisiaca*) menghasilkan buah konsumsi yang dinamakan sama. Buah ini tersusun dalam tandan dengan kelompok-kelompok tersusun menjari, yang disebut sisir. Hampir semua buah pisang memiliki kulit berwarna kuning ketika matang, meskipun ada beberapa yang berwarna jingga, merah, hijau, ungu, atau bahkan hampir hitam. Buah pisang sebagai bahan pangan merupakan sumber energi (karbohidrat) dan mineral, terutama kalium.



Gambar 1. Tumbuhan Pisang

Pisang budidaya pada masa sekarang dianggap merupakan keturunan dari *Musa acuminata* yang diploid dan tumbuh liar. Genom yang disumbangkan diberi simbol A. Persilangan alami dengan *Musa balbisiana* memasukkan genom baru, disebut B, dan menyebabkan bervariasinya jenis-jenis pisang. Pengaruh genom B terutama terlihat pada kandungan tepung pada buah yang lebih tinggi. Secara

umum, genom A menyumbang karakter ke arah buah meja (*banana*), sementara genom B ke arah buah pisang olah/masak (*plantain*). Hibrida *M. acuminata* dengan *M. balbisiana* ini dikenal sebagai *M. paradisiaca*. Khusus untuk Kelompok AAB, nama *Musa sapientum* pernah digunakan.

Mengikuti anjuran Simmonds dan Shepherd yang karyanya diterbitkan pada tahun 1955, klasifikasi pisang budidaya sekarang menggunakan nama-nama kombinasi genom ini sebagai nama kelompok budidaya (*cultivar group*). Sebagai contoh, untuk pisang *Cavendish*, disebut sebagai *Musa* (AAA group *Dessert subgroup*) *Cavendish*.

Contoh-contoh :

- Kelompok AA (*diploid*): pisang seribu, pisang lilin, pisang mas
- Kelompok AAA (*triploid, partenokarp*): pisang susu, bananito, jenis-jenis pisang ambon/embun (seperti 'Ambon Putih', 'Ambon Hijau', *Gros Michel* dan *Cavendish*), pisang barangan
- Kelompok AAB (*triploid, partenokarp*): jenis-jenis pisang raja, *true plantain* seperti kultivar 'Silk' dari Amerika Selatan, pisang tanduk
- Kelompok ABB (*triploid, partenokarp*): pisang kepok
- Kelompok AABB (*tetraploid, partenokarp*): pisang abu baru
- Kelompok ABBB (*triploid*): pisang siam
- Kelompok BBB: Pisang nipah

Tabel 1. Klasifikasi Pisang Secara Botanis

Kerajaan	<i>Plantae</i>
Divisi	<i>Magnoliophyta</i>
Kelas	<i>Liliopsida</i>
Ordo	<i>Musales</i>
Famili	<i>Musaceae</i>
Genus	<i>Musa</i>

(sumber: <http://id.wikipedia.org/wiki/pisang>)

2.2 Komposisi Kimia Pelelah Batang Pisang

Batang pisang merupakan salah satu komponen penting pada pohon pisang. Batang pisang atau yang sering disebut gedebog sebenarnya bukan batang melainkan batang semu yang terdiri dari pelelah yang berlapis menjulang menguat dari bawah keatas sehingga dapat menopang daun dan buah pisang. Batang pisang mengandung lebih dari 80% air dan memiliki kandungan selulosa dan glukosa yang tinggi sehingga sering dimanfaatkan masyarakat sebagai pakan ternak dan sebagai media tanam untuk tanaman lain (James, 1952).

Di dalam gedebong pisang terkandung getah yang menyimpan banyak manfaat, yang salah satunya digunakan di dalam dunia medis. Getah pisang mengandung saponin, antrakuinon, dan kuinon yang dapat berfungsi sebagai antibiotik dan penghilang rasa sakit.

Selain itu, terdapat pula kandungan lektin yang berfungsi untuk menstimulasi pertumbuhan sel kulit. Kandungan-kandungan tersebut dapat membunuh bakteri agar tidak dapat masuk pada bagian tubuh kita yang sedang mengalami luka. Getah gedebong pisang bersifat mendinginkan. Zat tanin pada getah batang pisang bersifat antiseptik, sedangkan zat saponin berkhasiat mengencerkan dahak.

Batang pisang banyak dimanfaatkan masyarakat, terutama bagian yang mengandung serat. Setelah dikelupas tiap lembar sering dimanfaatkan sebagai pembungkus untuk bibit tanaman sayuran, dan setelah dikeringkan digunakan untuk tali pada pengolahan tembakau, dan dapat pula digunakan untuk kompos.

Menurut *Building Material and Technology Promotion Council*, komposisi kimia serat pisang ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Komposisi Kimia Serat Batang Pisang

Komposisi Kimia	Kandungan (%)
Lignin	5-10
Selulosa	60-65
Hemiselulosa	6-8
Air	10-15

(sumber : *Building Material and Technology Promotion Council*)

2.3 Metode Pembuatan *Pulp*

Pada prinsipnya proses pembuatan *pulp* dapat dibedakan menjadi 3 proses, yaitu:

1. Proses Mekanik

Proses ini mengikis menggunakan alat seperti gerinda. Proses mekanis yang biasanya dikenal diantaranya PGW (*Pine Groundwood*), SGW (*Semi Groundwood*).

2. Proses Semi Kimia

Merupakan kombinasi antara mekanis dan kimia. Yang termasuk kedalam proses ini adalah CTMP (*Cemi Thermo Mechanical Pulping*), NSSC (*Neutral Sulfite Semichemical*). Dengan memanfaatkan suhu untuk mendegradasi lignin sehingga diperoleh *pulp* yang memiliki rendemen lebih rendah dengan kualitas yang lebih baik daripada *pulp* proses mekanis

3. Proses Kimia

Proses ini dilakukan dengan menggunakan bahan kimia sebagai bahan utama untuk melarutkan bagian-bagian bahan baku yang tidak diinginkan. Selulosa dipisahkan dari bahan baku dengan jalan merebus atau memasak bahan baku menggunakan bahan kimia pada suhu tertentu. Proses ini menghasilkan *pulp* dengan rendemen yang rendah. Ada beberapa macam proses pembuatan *pulp* yaitu:

a. Proses Soda (Alkali)

Proses ini merupakan proses kimia pertama kali digunakan untuk memperoleh *pulp* selulosa. Dalam prosesnya, digunakan bahan soda api (soda kaustik atau NaOH) sebagai larutan pemasaknya. Hal yang mempengaruhi proses ini adalah konsentrasi larutan pemasak, waktu pemasakan, dan temperatur pemasakan.

b. Proses Sulfit

Pada proses ini, larutan pemasak yang digunakan adalah larutan natrium biosulfit (NaHSO_3)

c. Proses Sulfat (Kraft)

Proses ini menggunakan natrium sulfide (Na_2S) dan natrium hidroksida (NaOH) sebagai larutan pemasak. *Pulp* yang dihasilkan sangat kuat seratnya namun susah diputihkan.

d. Proses *Organosolv*

Proses ini memisahkan serat dengan bahan kimia organik seperti metanol, etanol, aseton, asam asetat, dll. Pada proses ini, penguraian lignin terutama disebabkan oleh pemutusan ikatan eter.

2.4 Zat Pembuat *Pulp*

Proses pembuatan kertas di Indonesia biasanya dilakukan dengan proses asam maupun basa. Dari proses tersebut limbah yang dihasilkan oleh pabrik kertas adalah klorin (Cl), sulfur (S), sodium (Na), dan Silika (SiO_2). Limbah yang dihasilkan tersebut sangat berbahaya karena klorin (Cl) akan menurunkan pH tanah sehingga akan mengurangi tingkat penyerapan mineral pada tanaman. Sulfur (S) akan mempengaruhi rasa dan bau dalam air, selain itu kandungan sulfur yang terlalu tinggi dalam air dapat menimbulkan diare. Silika harus dihilangkan dari pemanas air untuk mencegah terjadinya pembentukan zat padat dalam pemanas, sedangkan sodium akan mengganggu permeabilitas tanah.

Dalam proses pembuatan *pulp* digunakan pelarut yang berfungsi sebagai larutan pemasak. Larutan pemasak akan mengikat lignin secara selektif dan membuatnya lebih larut dalam cairan pemasak sehingga diharapkan tidak terjadi kerusakan pada selulosa (Velliana, 2013).

Dalam pemilihan pelarut pada umumnya dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut ini:

a. Selektivitas

Pelarut yang digunakan hanya boleh melarutkan ekstrak yang diinginkan, bukan komponen lain dari bahan ekstraksi. Dalam praktek, terutama pada ekstraksi bahan alami, sering juga bahan lain seperti lemak dan resin ikut terbebas bersama ekstrak yang diinginkan. Dalam hal ini larutan ekstrak tercemar harus dibersihkan dengan jalan ekstraksi dengan pelarut kedua.

b. Kelarutan

Pelarut harus semaksimal mungkin untuk memiliki kemampuan melarutkan ekstrak yang besar (membutuhkan pelarut yang sedikit).

c. Kemampuan tidak saling bercampur

Pada ekstraksi, pelarut tidak boleh (atau hanya terbatas) terlarut dalam bahan yang diekstraksi.

d. Kerapatan

Pelarut yang digunakan diharapkan memiliki kerapatan yang berbeda cukup besar antara pelarut dan bahan ekstraksi dengan tujuan agar dapat dipisahkan dengan mudah setelah proses ekstraksi. Sering kali pemisahan dilakukan dengan gaya sentrifugal dilakukan jika kerapatan antar pelarut dan bahan ekstraksi tidak berbeda jauh.

e. Reaktivitas

Pada umumnya pelarut tidak boleh menyebabkan perubahan kimiawi terhadap komponen-komponen bahan ekstraksi. Namun dalam hal tertentu terkadang dibutuhkan pelarut yang sebaliknya. Dan dalam hal ini bahan yang dipisahkan mutlak dalam bentuk larutan.

f. Titik didih

Karena sering kali pelarut dan ekstrak dipisahkan menggunakan proses penguapan, distilasi, atau rektifikasi, maka titik didih kedua bahan tidak boleh terlalu dekat.

g. Kriteria lain

Pelarut sedapat mungkin harus murah, tersedia dalam jumlah besar, tidak beracun, tidak mudah terbakar, tidak eksplosif jika terpapar udara, tidak korosif, tidak menyebabkan timbulnya emulsi, berviskositas rendah, dan stabil secara kimia dan termis (Beaswan, 2012).

Pada proses pembuatan *pulp* dengan metoda soda digunakan pelarut natrium hidroksida (NaOH). Natrium Hidroksida terbentuk dari oksida basa Natrium Oksida dilarutkan dalam air. Natrium hidroksida membentuk larutan alkalin yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air. Ia digunakan di berbagai macam bidang

industri, kebanyakan digunakan sebagai basa dalam proses produksi bubur kayu dan kertas, tekstil, air minum, sabun dan deterjen. Natrium hidroksida adalah basa yang paling umum digunakan dalam laboratorium kimia.

Natrium hidroksida murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk pelet, serpihan, butiran ataupun larutan jenuh 50% yang biasa disebut larutan Sorensen. Ia bersifat lembap cair dan secara spontan menyerap karbon dioksida dari udara bebas. Ia sangat larut dalam air dan akan melepaskan panas ketika dilarutkan, karena pada proses pelarutannya dalam air bereaksi secara eksotermis. Ia juga larut dalam etanol dan metanol, walaupun kelarutan NaOH dalam kedua cairan ini lebih kecil daripada kelarutan KOH. Ia tidak larut dalam dietil eter dan pelarut non-polar lainnya. Larutan natrium hidroksida akan meninggalkan noda kuning pada kain dan kertas.

Sifat Fisik Natrium Hidroksida (NaOH)

Rumus molekul	: NaOH
Massa molar	: 39,9971 g/mol
Penampilan	: zat padat putih
Densitas	: 2,1 g/cm ³ , padat
Titik lebur	: 318 °C (591 K)
Titik didih	: 1390 °C (1663 K)
Kelarutan dalam air	: 111 g/100 ml (20 °C)



Gambar 2. Natrium Hidroksida

2.5 *Pulp*

Pulp merupakan hasil pemisahan serat dari bahan baku berserat melalui berbagai proses. *Pulp* terdiri dari serat-serat dan digunakan sebagai bahan baku kertas. Unsur utama yang ada pada *pulp* adalah selulosa.

Kriteria *pulp* menurut James (1952), yaitu:

1. Ketahanan sobek

Didefinisikan sebagai gaya dalam satuan newton untuk menyobek lembaran *pulp* dalam kondisi standar (SII-0435-81). Dalam hal ini kekuatannya dipengaruhi beberapa faktor antara lain:

a. Panjang serat

Secara umum ketahanan sobek meningkat seiring dengan peningkatan panjang serat. Hal ini terjadi karena serat-serat panjang dapat menyebar ke daerah perusakan ikatan yang lebih besar daripada serat pendek saat penyobekan.

b. Jumlah serat yang berperan saat penyobekan

Masing-masing serat yang menyusun lembaran *pulp* pada gramatur tertentu (massa lembaran *pulp* dalam gram per satuan luasnya dalam meter persegi) yang diukur pada kondisi standar (SII-0439-81) turut menyumbangkan energy terhadap keseluruhan energi penyobekan. Sehingga lembaran *pulp* memiliki ketahanan sobek yang lebih tinggi.

c. Ikatan antar serat

Dalam hal ini, kekuatan katannya bergantung pada proses *fibrilasi* (penguraian serat mikrofibril) yang terjadi saat *pulping* yang kemudian disempurnakan proses *refining*. Didalam *refiner* sebagian serat mengalami pemipihan dan penguraian sehingga luas permukaan yang berpotensi membentuk ikatan hydrogen bertambah dan mengakibatkan ikatan antar serat yang makin kuat. Namun jika sudah terlalu kuat maka ikatan antar keduanya akan mudah putus.

2. Ketahanan tarik

Didefinisikan sebagai ketahanan dari lembaran *pulp* terhadap gaya tarik yang diukur pada kondisi standar (SII-0436-81). Kkuatannya dipengaruhi beberapa faktor seperti menurut Saranah (2007) berikut ini:

a. Arah serat dalam lembaran *pulp*

Nilai ketahanan tarik akan semakin besar jika arah tarikan sejajar dengan arah serat dalam lembaran *pulp*.

b. Ikatan antar serat

Makin besar kekuatan ikatan antar serat maka akan semakin besar pula ketahanan tarik lembaran *pulp*.

3. Ketahanan retak

Didefinisikan sebagai tekanan hidrostatis untuk meretakan bahan saat tekanan ditingkatkan pada kecepatan konstan karet diafragma bundar. Dalam hal ini menurut Nurrani (2004) kekuatannya dipengaruhi oleh:

a. Panjang serat

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

b. Ikatan antar serat

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

2.6 Proses Pemutihan

Bleaching merupakan proses yang bertujuan untuk menghilangkan zat warna pada *pulp* yang berasal dari residu lignin dan bahan pengotor yang menimbulkan warna. Parameter kualitas *bleaching* itu sendiri di namakan dengan pengukuran tingkat kecerahan (*brightness*). Proses ini sudah mempunyai standarisasi ISO *brightness* yang mempunyai skala absolut. Untuk tingkat kecerahan rendah 0 % dan tingkat kecerahan tinggi 100%. Sedangkan tingkat kecerahan *pulp* itu sendiri berada pada batasan 20% ISO dan 95% ISO (Asparani, 2013).

Proses *bleaching* terbagi atas dua bagian yaitu *bleaching* kimia yang menggunakan bahan kimia pemutih dan *bleaching* biologis yang menggunakan mikroorganisme seperti jamur yang mengandung bahan pemutih. Reaksi *bleaching* dalam *pulp* kimia setara dengan reaksi oksidasi. Sebagai contoh molekul klorin dioksida menerima lima elektron dan membentuk satu ion klorida.

Berat ekuivalen sesuai dengan berat sebuah oksida yang ditanser oleh satu mol elektron selama oksidasi *bleaching* (Renta, 2011).

Proses pemutihan (*bleaching*) dapat dianggap sebagai suatu lanjutan proses pemasakan yang dimaksudkan untuk memperbaiki *brightness* dan kemurnian dari *pulp*. Hal ini dicapai dengan cara menghilangkan atau mengelantang bahan pewarna yang tersisa pada *pulp*. Metoda pemutihan dipilih berdasarkan atas sifat-sifat yang dikehendaki, salah satu dari pengelantangan secara *delignify*. Pengelantangan secara *delignify* dilakukan dengan menggunakan bahan kimia klorin (klorin, hipoklorit, dan klorin dioksida) serta alkali. Proses *bleaching* kimia biasanya menggunakan klorin, klorin dioksida, hypoklorit, hidrogen peroksida dan asam parasetik. Penggunaan bahan kimia ini biasanya menghasilkan *pulp* dengan tingkat kecerahan > 88 % ISO *Brightness*. Namun kerugiannya yaitu bahwa bahan kimia ini tidak dapat didegradasi oleh mikroorganisme sehingga dapat mencemari lingkungan dan berbahaya bagi kehidupan makhluk hidup. Namun terdapat bahan kimia seperti oksigen dan ozon yang dapat digunakan dalam proses *bleaching*. Penggunaan bahan kimia ini menghasilkan *pulp* dengan tingkat kecerahan yang tidak kalah dari pemakaian senyawa klorin. Namun diperlukan biaya yang cukup mahal dalam penyediaannya (Renta, 2011).

Pada proses *bleaching* biologis, menggunakan mikroorganisme seperti bakteri pendegradasi lignin seperti *Cytopaga sp.*, *Trichoderma sp.*, *Trametes sp.*, *Phanerochaeta sp.* dan menggunakan jamur pelapuk putih seperti *Phellinus nigrolimitatu*, *C. subvermispora CZ-3*, *Dichomitus squalens*, *P. chrysosporium ME446*, *Myceliophthorat Thermophilia Laccase*, dan masih banyak lagi. Penggunaan mikroorganisme ini cenderung aman bagi lingkungan dan tidak memerlukan biaya yang terlalu mahal (Velliana, 2013). Tujuan utama proses pengelantangan secara umum adalah sebagai berikut:

1. Memperbaiki *brightness*
2. Memperbaiki kemurnian
3. Degradasi serat selulosa seminimum mungkin

Prinsip proses pemutihan adalah mereaksikan lignin dengan bahan pemutih. Lignin sangat reaktif yang berarti bahwa lignin mudah dipengaruhi oleh bahan pemutih yang digunakan. Kemudian molekul lignin terurai menjadi partikel - partikel yang lebih kecil, yang larut dalam air, dan dapat dihilangkan dari *pulp* (Saranah, 2007). Bahan kimia proses pemutihan menurut Saranah (2007) adalah sebagai berikut:

1. Klorin (Cl_2)

Klorin merupakan bahan kimia yang paling cocok untuk mengubah banyak lignin dan bahan - bahan yang bukan selulosa di dalam *pulp* yang larut, di samping klorin yang sangat murah. Klorin merupakan gas yang berwarna kuning kehijauan, bersifat racun serta klorin yang lembab (basah) sangat korosif terhadap kebanyakan logam. Klorinasi mengubah warna dan sifat - sifat dasar yang dimiliki oleh *pulp* dan membuat lignin serta resin makin larut di dalam air dan kaustik encer. Pada tahap klorinasi, lignin diklorinasi menjadi klorolignin sehingga terjadi proses delignifikasi. Klorin bereaksi dengan lignin secara oksidasi dan substitusi kebanyakan lignin yang terklorinasi dan teroksidasi akan larut di dalam tahap ekstraksi selanjutnya setelah hidrolisa dengan pembentukan *Natrium Phenolat*.

2. Natrium Hidroksida (NaOH)

Pada saat klorin bereaksi dengan lignin, sebagian besar saja yang dihasilkan larut dengan air, karena klorinat lignin sangat mudah larut dalam larutan alkali, perlakuan alkali menyusul setelah proses klorinasi. Natrium Hidroksida merupakan salah satu alkali kuat. Pada proses pemutihan biasanya digunakan alkali encer dengan konsentrasi kira - kira 120 gram/liter.

3. Oksigen (O_2)

Gas O_2 digunakan sebagai suatu zat pemutih bersama - sama dengan alkali pada tahap ekstraksi. Gas O_2 memperkuat sifat - sifat *pulp* yang diputihkan. Hal ini mungkin membuat berkurangnya emisi yang dapat mengganggu terhadap lingkungan. Pengaruh penambahan O_2 mencerminkan terhadap penghematan klorin dioksida pada tahap selanjutnya.

4. Natrium Hipoklorit (NaOCl)

Hipoklorit adalah persenyawaan klorin yang pertama digunakan untuk proses pemutihan (biasanya disebut “*hypo*”). Senyawa ini merupakan yang sangat tidak stabil dan cenderung terurai yang meningkat dengan kenaikan konsentrasi dan temperatur serta berkurangnya sifat alkali.

Tujuan utama perlakuan dengan menggunakan hipoklorit adalah untuk meningkatkan *brightness* pada *pulp*. Ini dicapai dengan tindakan oksidasi dari hipoklorit pada lignin dan bahan - bahan berwarna yang lain yang terdapat pada *pulp* dengan cara mengubahnya menjadi tak berwarna. Bagaimanapun, reaksi ini sangat serius merusak serat selulosa kecuali bila kondisi - kondisi operasi seperti pH, temperatur, waktu tinggal dan jumlah hipoklorit yang digunakan dikendalikan secara hati - hati. Degradasi ini dikendalikan bertujuan untuk mencapai kekuatan *pulp* yang dikehendaki (kendali viskositas).

5. Klorin Dioksida (ClO₂)

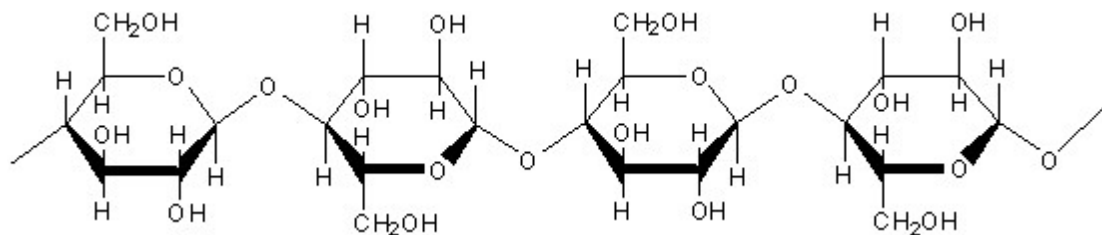
Klorin dioksida adalah salah satu bahan kimia pengoksidasi kuat, kerja dari proses pemutihan umumnya dengan cara oksidasi terhadap lignin dan bahan - bahan berwarna yang lainnya. Ini digunakan untuk memutihkan pulp yang berkualitas sebab ini memiliki keunikan yang sanggup mengoksidasi bahan yang bukan selulosa yang minimum. Pada *bleaching plant* klorin dioksida digunakan sebagai suatu larutan gas di dalam air. Larutan gas dalam air bersifat asam.

2.7 Kandungan Pulp

2.7.1 Selulosa

Biomassa adalah bahan yang dihasilkan dari hasil fotosintesis, kandungan terbesar biomasa adalah selulosa, hemiselulosa dan lignin. Selulosa ialah suatu polimer yang mengandung unit - unit glukosa jenis anomer yang membolehkan selulosa membentuk satu rantai yang sangat panjang. Selulosa merupakan konstituen utama kayu. Kira - kira 40 - 45% bahan kering dalam kebanyakan spesies kayu adalah selulosa, terutama terdapat dalam dinding sel sekunder. Berat molekul selulosa sangat bervariasi (50.000 - 2,5 juta) tergantung pada asal sampel. Selulosa merupakan polimer linier dengan unit - unit dan ikatan - ikatan yang

seragam. Ukuran rantai molekul lazim dinyatakan sebagai derajat polimerisasi, yaitu hasil bagi dari berat molekul selulosa dengan berat molekul satu unit glukosa.



Gambar 3. Struktur Selulosa

Selulosa terdapat pada semua tanaman dari pohon bertingkat tinggi hingga organisme primitif seperti rumput laut. Di dalam kayu, selulosa tidak hanya disertai dengan poliosa dan lignin, tetapi juga terikat erat dengannya, dan pemisahannya memerlukan perlakuan kimia yang intensif. Perlakuan kimia secara intensif seperti pembuatan pulp dan pengelantangan, akan sangat menurunkan harga derajat polimerisasi (DP). Selulosa merupakan bahan dasar dari banyak produk teknologi (kertas, film, serat, aditif, dan sebagainya) dan karena itu diisolasi terutama dari kayu dengan proses pembuatan pulp dalam skala besar. Dengan menggunakan berbagai bahan kimia dalam pembuatan pulp, pada keadaan asam, netral atau alkalis, diperoleh pulp dengan sifat - sifat yang berbeda. Untuk beberapa tujuan pulp harus dimurnikan dengan proses tambahan pengelantangan.

Selulosa merupakan komponen kimia utama sebagai penyusun dinding sel kayu. Selulosa adalah karbohidrat yang tersusun atas unsur karbon (C), hidrogen (H) dan oksigen (O). Selulosa merupakan polimer yang memiliki rantai lurus dan tidak bercabang. Rumus molekul dari selulosa adalah $(C_6H_{10}O_5)_n$. Dimana n adalah jumlah pengulangan unit glukosa, n disebut juga derajat polimerisasi (DP), nilai n bervariasi tergantung pada sumber dan pengolahannya, diasumsikan selulosa alami mempunyai derajat polimerisasi yang seragam.

Polimer selulosa yang tidak bercabang memungkinkan selulosa untuk saling menumpuk dan terikat menjadi bentuk serat yang sangat kuat. Panjang molekul selulosa ditentukan oleh jumlah unit *glucan* didalam polimer yang disebut derajat polimerisasi. Derajat pilomerisasi selulosa tergantung pada jenis tanaman dan umumnya dalam kisaran 2000 – 27000 unit *glucan*. Selulosa dapat dihidrolisis menjadi glukosa denan menggunakan asam atau enzim. Selanjutnya gllukosa yang dihasilkan dapat difermentasikan menjadi etanol (Asparani, 2013).

Molekul-molekul selulosa berikatan secara paralel dengan jembatan hidrogen membentuk mikrofibril. Beberapa komponen mikrofibril saling berikatan membentuk komponen makrofibril (Velliana, 2013).

Ketersediaan selulosa dalam jumlah yang banyak pada *pulp* akan membentuk serat yang kuat, berwarna putih, tidak larut dalam air dan pelarut-pelarut organik netral serta tahan terhadap bahan-bahan kimia. Sekitar 33% dari semua materi tanaman adalah selulosa (isi selulosa dari kapas adalah 90% dan dari kayu adalah 40-50%). Selulosa tidak dapat dicerna oleh manusia, hanya dapat dicerna oleh hewan yang memiliki enzim selulase.

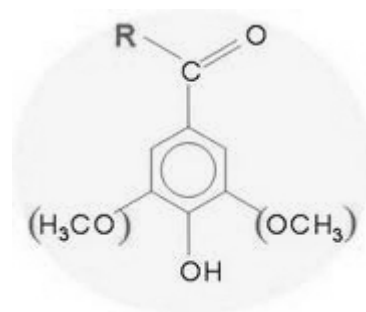
Adapun faktor yang membuat selulosa disenangi untuk produksi *pulp* dan kertas adalah (Velliana, 2013) :

1. Jumlahnya berlimpah, dapat melingkapi, dan mudah dipanen dan dipindah-pindahkan dan akibatnya bahan ini murah harganya.
2. Zat ini umumnya berbentuk serat, dan kekuatan tariknya benar-benar tinggi.
3. Zat ini bisa menarik air, yang mempermudah persiapan mekanik dari serat-serat atau ikatan-ikatan serat ketika campuaran serat tadi dikeringkan
4. Zat ini tidak dapat larut dalam air dan pelarut-pelarut organik
5. Tahan terhadap sejumlah bahan kimia yang menyebabkan dapat diisolasi dan dimurnikan dari kayu yang merupakan sumber utama selulosa.

2.7.2 Lignin

Setelah selulosa, lignin merupakan zat organik polimer yang banyak dan yang penting dalam dunia tumbuhan. Lignin adalah jaringan polimer fenolik tiga dimensi yang berfungsi merekatkan serat selulosa sehingga menjadi kaku. Jumlah

lignin yang terdapat dalam tumbuhan yang berbeda sangat bervariasi. Dalam kayu, kandungan lignin berkisar antara 20 hingga 40%. Kayu lunak normal mengandung 26 - 32% lignin, sedangkan kandungan lignin kayu keras adalah 35 - 40%. Lignin yang terdapat dalam kayu keras sebagian larut selama hidrolisis asam.



Gambar 4. Struktur Lignin

Dalam kebanyakan penggunaan kayu, lignin digunakan sebagai bagian integral kayu. Hanya dalam hal pembuatan pulp dan pengelantangan lignin dilepaskan dari kayu dalam bentuk terdegradasi dan berubah, dan merupakan sumber karbon lebih dari 35 juta ton tiap tahun di seluruh dunia yang sangat potensial untuk keperluan kimia dan energi. Pulping kimia dan proses pemutihan akan menghilangkan lignin tanpa mengurangi serat selulosa secara signifikan. (Anggraini dan Han, 2009)

Komposisi bahan penyusun ini berbeda-beda bergantung jenisnya. Lignin terutama terakumulasi pada batang tumbuhan berbentuk pohon dan semak. Pada batang, lignin berfungsi sebagai bahan pengikat komponen penyusun lainnya, sehingga suatu pohon bisa berdiri tegak (seperti semen pada sebuah batang beton).

Berbeda dengan selulosa yang terbentuk dari gugus karbohidrat, struktur kimia lignin sangat kompleks dan tidak berpola sama. Gugus aromatik ditemukan pada lignin, yang saling dihubungkan dengan rantai alifatik, yang terdiri dari 2-3 karbon. Proses pirolisis lignin menghasilkan senyawa kimia aromatis berupa fenol, terutama kresol. Lignin merupakan senyawa yang tidak diharapkan dalam pembuatan *pulp* dan kertas karena akan membuat lembaran *pulp* kaku dan

mengurangi aktivitas ikatan permukaan antarserat. Lignin merupakan tambahan total dari karbohidrat (selulosa dan hemiselulosa) yang terkandung di dalam serat, yang berfungsi sebagai pengikat antar serat dan memberikan warna kuning pada *pulp*.

Lignin merupakan zat organik polimer penting dan banyak dalam dunia tumbuhan selain selulosa. Lignin merupakan molekul kompleks yang tersusun dari unit *phenylpropane* yang terikat didalam struktur tiga dimensi. Lignin resisten terhadap degradasi baik secara biologis, enzimatik, maupun kimia. Karena kandungan karbon yang relatif tinggi dibandingkan selulosa dan hemiselulosa, lignin memiliki energi yang tinggi (Velliana, 2013).

Lignin merupakan polimer alami dan tergolong ke dalam senyawa rekalsitran karena tahan terhadap degradasi atau tidak terdegradasi dengan cepat di lingkungan. Molekul lignin adalah senyawa polimer organik kompleks yang terdapat pada dinding sel tumbuhan dan berfungsi memberi kekuatan pada tanaman. Lignin tersusun dari 3 jenis senyawa fenilpropanoid yaitu alkohol kumaril, alkohol koniferil, dan alkohol sinapil. Ketiganya tersusun secara acak dan menyebabkan proses degradasi menjadi sangat kompleks (Arifin, 2007).

Tabel 3. Perbedaan Antara Lignin dan Selulosa

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

(sumber: Angga, 2011)