

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Pisang

Pisang ialah nama umum yang diberikan pada tumbuhan terata raksasa berdaun besar memanjang dari suku *Musaceae*. Beberapa jenisnya (*Musa acuminata*, *M. balbisiana*, dan *M. paradisiaca*) menghasilkan buah konsumsi yang dinamakan sama.

Pisang (*Musa paradisiaca*) adalah tanaman buah berupa herba yang berasal dari kawasan di Asia Tenggara (termasuk Indonesia). Pisang dapat tumbuh pada iklim tropis basah, lembab dan panas dengan curah hujan optimal adalah 1.520–3.800 mm/tahun dengan dua bulan kering (Rismunandar, 1990).

Taksonomi tanaman pisang adalah sebagai berikut :

Kingdom : *Plantae*
Devisi : *Spermatophyta*
Sub. Divisi : *Angiospermae*
Kelas : *Monocotylae*
Bangsa : *Musales*
Suku : *Musaceae*
Marga : *Musa*
Jenis : *Musa paradisiaca*.

(Rismunandar, 1990).



Gambar 1. Tanaman pisang

Sumber : <http://id.wikipedia.org/wiki/Pisang>

Menurut 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*'. Di bawah kelompok masih dimungkinkan pembagian dalam anak-kelompok (*subgroup*). Lihat pula artikel *Musa* untuk pembahasan lebih mendalam.

Contoh-contoh

- a) Kelompok AA (*diploid*): pisang seribu, pisang lilin, pisang mas
- b) Kelompok AAA (*triploid, partenokarp*): pisang susu, bananito, jenis-jenis pisang ambon/embun (seperti '*Ambon Putih*', '*Ambon Hijau*', '*Gros Michel*' dan '*Cavendish*'), pisang barangan
- c) Kelompok AAB (*triploid, partenokarp*): jenis-jenis pisang raja, *true plantain* seperti kultivar '*Silk*' dari Amerika Selatan, pisang tanduk
- d) Kelompok ABB (*triploid, partenokarp*): pisang kepok, pisang siam
- e) Kelompok AAAB (*tetraploid, partenokarp*):
- f) Kelompok BB (*diploid*):
- g) Kelompok BBB:
- h) Kelompok AABB:

Pisang secara tradisional tidak dibudidayakan secara intensif. Hanya sedikit yang dibudidayakan secara intensif dan besar-besaran dalam perkebunan monokultur, seperti '*Gros Michel*' dan '*Cavendish*'. Jenis-jenis lain biasanya ditanam berkelompok di pekarangan, tepi-tepi lahan tanaman lain, serta tepi sungai. Serat pisang digunakan dalam produksi kertas pisang. Pisang kertas digunakan dalam dua pengertian yang berbeda: untuk merujuk ke kertas yang dibuat dari kulit kayu dari tanaman pisang, terutama digunakan untuk tujuan artistik, atau kertas dibuat dari serat pisang, diperoleh dengan proses industri dari batang dan buah non-bermanfaat. Kertas itu sendiri bisa berupa buatan tangan atau dalam proses industri.

2.2. Batang Pelelah Pisang

Pada batang pelelah 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.

Dan juga 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 batang pelelah pisang bersifat mendinginkan. Zat tanin pada getah batang pisang bersifat antiseptik, sedangkan zat saponin berkhasiat mengencerkan dahak.

Batang pelelah 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.

Batang pelelah pisang merupakan limbah pertanian yang belum dimanfaatkan secara maksimal untuk menghasilkan produk yang bernilai ekonomi tinggi, hingga kini hanya sebagian kecil yang dimanfaatkan untuk industri kerajinan. Menurut Hobir (1997) setiap pohon pisang berpotensi menghasilkan pelelah kering sebanyak 6,15 kg, lebih lanjut Sukundayanto (2004) menambahkan bahwa pelelah pisang mempunyai kandungan selulosa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan *pulp*

Batang pelelah pisang memiliki manfaat yakni dijadikan serat untuk bahan baku kertas uang, kertas *chaque* dan berbagai kertas yang termasuk *security papers* lainnya, kertas sigaret, kantong teh celup, dan lain-lain.

Batang pelelah pisang memiliki serat putih yang sangat kuat sehingga tidak diperlukan pemutihan, dan dapat diproduksi setebal 20 gsm. Batang pelelah pisang terdiri dari 2 lapisan yang dapat menghasilkan bermacam produk sekaligus. Lapisan luar berstruktur kasar, kekuatan basah tinggi, sifat *barrier*, dan tidak mudah terbakar. Lapisan dalam mempunyai sifat yang sama namun

berstruktur serat lebih halus. (Bulletin Berita Industri *Pulp & Kertas* Indonesia, edisi Agustus 2008. dalam Yunifath, 2012)

Setiap dilakukan panen pisang selalu terdapat limbah dari batang pelepah pisang. Batang pelepah pisang ini dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan *pulp* yang dapat dilihat dari segi komposisinya yang terdapat kandungan lignin yang rendah dan kandungan selulosa yang tinggi.

Sifat mekanik dari serat pelepah pisang mempunyai densitas 1,35 gr/cm³, kandungan selulosanya 63-64%, hemiselulosa (20%), kandungan lignin 5%, kekuatan tarik rata-rata 600 Mpa, modulus tarik rata-rata 17,85 Gpa dan pertambahan panjang 3,36 % (Lokantara, 2007). Diameter serat pelepah pisang adalah 5,8 μm , sedangkan panjang seratnya sekitar 30,92- 40,92 cm

2.3. *Pulp*

Pulp adalah hasil pemisahan serat dari bahan baku berserat. *Pulp* dapat dibuat dari bahan kayu, non kayu, dan kertas bekas (*waste paper*). *Pulp* merupakan bubur kayu sebagai bahan dasar dalam pembuatan kertas. Bahan baku *pulp* biasanya mengandung tiga komponen utama, yaitu: selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Secara umum prinsip pembuatan *pulp* merupakan proses pemisahan selulosa terhadap *impurities* bahan-bahan dari senyawa yang dikandung oleh kayu di antaranya lignin.

Syarat – syarat bahan baku yang digunakan dalam *pulp*, yakni :

- a. Berserat
- b. Kadar alpha selulosa lebih dari 40 %
- c. Kadar ligninnya kurang dari 25 %
- d. Kadar air maksimal 10 %
- e. Memiliki kadar abu yang kecil

(Stephenson, 1950)

Arita, 2005, menyatakan bahwa faktor yang berpengaruh dalam pembuatan *pulp* sebagai berikut :

1) Konsentrasi Pelarut

Semakin tinggi konsentrasi larutan alkali, akan semakin banyak selulosa yang larut. Menurut Casey, J.P., 1961, larutan NaOH dapat berpengaruh dalam pemisahan dan penguraian serat selulosa dan non selulosa.

2) 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 lignin sehingga dapat meningkatkan bilangan *kappa* (kualitas *pulp* menurun). Perbandingan yang dianjurkan lebih dari 8 : 1.

3) Temperatur Pemasakan

Temperatur pemasakan berhubungan dengan laju reaksi. Temperatur yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya pemecahan makromolekul yang semakin banyak, sehingga produk yang larut dalam alkali pun akan semakin banyak.

4) Lama Pemasakan

Lama pemasakan yang optimum pada proses *delignifikasi* adalah sekitar 60-120 menit dengan kandungan lignin konstan setelah rentang waktu tersebut. Semakin lama waktu pemasakan, maka kandungan lignin di dalam *pulp* tinggi, karena lignin yang tadi telah terpisah dari bahan baku *pulp* dengan berkurangnya konsentrasi larutan pemasak akan kembali menyatu dengan bahan baku *pulp* dan sulit untuk memisahkannya lagi (Paskawati, 2010).

2.3.1 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*)

Pada saat ini *pulp* non kayu yang dihasilkan digunakan untuk memproduksi kertas meliputi : percetakan dan kertas tulis, *linerboard*, medium berkerut, kertas koran, tisu, dan dokumen khusus. *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 limbah kelapa sawit.
- b. Tanaman yang tumbuh alami seperti alang – alang, dan rumput – rumputan.
- c. Tanaman yang diolah, seperti serat daun, dan serat dari batang.

3. *Pulp* Kertas Bekas

2.3.2 Pembuatan *Pulp*

Ada 3 (tiga) macam proses pembuatan *pulp*, yaitu proses mekanis, proses semi-kimia dan proses kimia. Pada proses mekanis tidak digunakan bahan-bahan kimia. Bahan baku digiling dengan mesin sehingga selulosa terpisah dari zat-zat lain. Pada proses semi-kimia dilakukan seperti proses mekanis tetapi dibantu dengan bahan kimia untuk lebih melunakkan sehingga serat-serat selulosa mudah terpisah dan tidak rusak. Pada proses kimia bahan baku dimasak dengan bahan kimia tertentu untuk menghilangkan zat lain yang tidak perlu dari serat-serat selulosa. Dengan proses ini, dapat diperoleh selulosa yang murni dan tidak rusak.

Ada beberapa metoda pembuatan *pulp* dengan proses kimia, yaitu:

- a. Metoda proses basa : proses soda dan proses sulfat
- b. Metoda proses asam : proses sulfit

Beberapa proses pembuatan kimia antara lain:

a. Proses Sulfat (proses *Kraft*)

Merupakan proses pemasakan dengan metode proses basa. Larutan perebusan yang digunakan adalah 5,86 % NaOH, 17,1 % Na₂S dan 14,3 % Na₂CO₃. Disebut kraft karena *pulp* yang dihasilkan dari proses ini memiliki kekuatan lebih tinggi daripada proses mekanis dan semikimia, akan tetapi rendemen yang dihasilkan lebih kecil di antara keduanya karena komponen yang terdegradasi lebih banyak (lignin, ekstraktif, dan mineral) (Anonim, 2012). Proses ini disebut juga dengan proses Kraft. Hasil *pulp* relatif baik daya tariknya, tetapi warna kurang baik sehingga sulit untuk diputihkan (Austin G. 1988).

Proses ini adalah proses yang paling banyak digunakan oleh pabrik kertas di dunia. Kelebihan proses *kraft* terletak pada kemampuannya mengolah sernua jenis kayu, mampu menghasilkan sifat kekuatan *pulp* yang tinggi, dan sistem pendauran bahan kimianya yang sudah sangat baik. Namun ada sejumlah kelemahan mendasar pada proses ini, yaitu antara lain bau busuk yang bahkan tetap dimiliki oleh pabrik termmodern sekalipun.

b. Proses Soda

Proses soda umumnya digunakan untuk bahan baku dari limbah pertanian seperti merang, katebon, bagase serta kayu lunak. Merupakan proses pemasakan dengan metode proses basa. Larutan pemasak yang digunakan adalah NaOH. Proses ini sangat cocok digunakan untuk bahan baku non – kayu. Pada proses Soda proses lebih menguntungkan dari segi teknis dan ekonomis dibandingkan dengan menggunakan proses lain, karena tidak membuat limbah yang begitu berbahaya di lingkungan sekitar (Sugesty dan Tjahjono, 1997 dalam Harsini dan Susilowati, 2010).

c. Proses Sulfit

Merupakan proses pemasakan dengan metode asam. Bahan baku dalam proses ini adalah kayu lunak. *Pulp* yang dihasilkan berwarna keruh, tetapi mudah dipucatkan. Kerugian yang timbul adalah larutan pemasak menggunakan bahan dasar kation Calcium, yang akan mempersulit dalam mengambilnya. Calcium akan menyebabkan kerak pada alat – alat pemasak (Harsini dan Susilowati, 2010).

d. Proses Nitrat

Penggunaan asam nitrat sebagai larutan pemasak telah mendapatkan perhatian dalam beberapa tahun dan terus dikembangkan. Pada proses ini bahan baku direbus dengan HNO_3 dalam pemanas air. Bahan yang sudah diolah direbus lagi dengan NaOH 2 % berat selama 45 menit untuk melarutkan lignin yang rusak.

Pada kenyataannya proses *pulping* secara konvensional tersebut memiliki beberapa kelemahan, terutama terhadap rendemen pemasakan yang rendah, biaya produksi tinggi, laju *delignifikasi* rendah dan pencemaran lingkungan karena adanya limbah larutan pemasak.

e. Proses Organosolv

Proses *organosolv* adalah proses pemisahan serat dengan menggunakan bahan kimia organik seperti misalnya metanol, etanol, aseton, asam asetat, dan lain-lain. Proses ini telah terbukti memberikan dampak yang baik bagi lingkungan dan sangat efisien dalam pemanfaatan sumber daya hutan. Dengan menggunakan proses *organosolv* diharapkan permasalahan lingkungan yang dihadapi oleh industri pulp dan kertas akan dapat diatasi. Hal ini karena proses *organosolv* memberikan beberapa keuntungan, antara lain yaitu rendemen pulp yang dihasilkan tinggi, daur ulang lindi hitam dapat dilakukan dengan mudah, tidak menggunakan unsur sulfur sehingga lebih aman terhadap lingkungan, dapat menghasilkan *by-products* (hasil sampingan) berupa lignin dan hemiselulosa dengan tingkat kemurnian tinggi.

2.3.3 Faktor yang Mempengaruhi Mutu *Pulp*

Mutu *pulp* dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

1. Panjang Serat

Panjang serat akan mempengaruhi kekuatan kertas, dimana kekuatan kertas tak begitu penting, misalnya untuk kertas tulis sehingga dapat terdiri dari sebagian besar serat pendek. Namun demikian perlu pencampurannya dengan serat panjang, hal ini penting agar lembaran yang terbentuk dapat lancar berjalan diatas mesin kertas tanpa terputus-putus. Klasifikasi panjang serat menurut Klemm sebagai berikut :

- Serat panjang : 2,0 – 3,0 mm
- Serat sedang : 1,0 – 2,0 mm
- Serat pendek : 0,1 – 1,0 mm

2. Kadar Selulosa

Selulosa merupakan komponen kayu yang terbesar, yang dalam kayu jumlahnya mencapai hampir setengahnya. Selulosa merupakan polimer linier dengan berat molekul tinggi yang tersusun seluruhnya atas D glukosa sampai sebanyak 14.000 satuan yang terdapat sebagai berkas-berkas terpuntir mirip tali, yang terikat satu sama lain oleh ikatan hidrogen (*Fessenden, 1986*).

3. Kadar Abu

Adanya abu dalam *pulp* akan menyebabkan menurunnya kualitas *pulp*, sedangkan adanya silikat dalam abu yang tinggi akan mengakibatkan pergerakan di dalam digester. Kadar abu pada *pulp* diperkirakan sebesar 8 – 12% untuk bahan baku non-kayu.

4. Kadar Lignin

Lignin merupakan produk massa tumbuh-tumbuhan yang secara biologis paling lambat dirusak. 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 di dalam tanah. Lignin memiliki spektrum serapan absorpsi ultraviolet (UV) yang khas dan memberikan reaksi warna yang khas dengan banyak fenol dan amino aromatik (*Fengel, D. And Wegener, G., 1995*).

Kadar kandungan lignin pada tumbuhan sangat bervariasi. Pada spesies kayu kandungan lignin berkisar antara 20-40%. Apabila dipanaskan dengan Ca-bisulfit dalam NaOH dengan suatu tekanan tinggi, maka lignin ini akan larut dan tertinggal hanya selulosanya saja.

2.4 Larutan Pemasak

Dalam penelitian ini digunakan larutan pemasak berupa campuran dari Metanol dan NaOH

2.4.1 Metanol

Metanol, juga dikenal sebagai metil alkohol, *wood alcohol* atau spiritus, adalah senyawa kimia dengan rumus kimia CH_3OH . Metanol merupakan bentuk alkohol paling sederhana. Pada "keadaan atmosfer" Metanol berbentuk cairan yang ringan, mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar, dan beracun dengan bau yang khas (berbau lebih ringan daripada etanol). Metanol digunakan sebagai bahan pendingin anti beku, pelarut, bahan bakar dan sebagai bahan additif bagi etanol industri.

Penggunaan metanol sebagai bahan bakar mulai mendapat perhatian ketika krisis minyak bumi terjadi pada tahun 1970-an karena mudah tersedia dan murah. Masalah timbul pada pengembangan awalnya untuk campuran metanol-bensin. Untuk menghasilkan harga yang lebih murah, beberapa produsen cenderung mencampur metanol lebih banyak. Produsen lainnya menggunakan teknik pencampuran dan penanganan yang tidak tepat. Akibatnya, hal ini menurunkan mutu bahan bakar yang dihasilkan. Akan tetapi, metanol masih menarik untuk digunakan sebagai bahan bakar bersih. Mobil-mobil dengan bahan bakar fleksibel yang dikeluarkan oleh General Motors, Ford dan Chrysler dapat beroperasi dengan setiap kombinasi etanol, metanol dan/atau bensin

Penggunaan metanol terbanyak adalah sebagai bahan pembuat bahan kimia lainnya. Sekitar 40% metanol yang ada diubah menjadi formaldehid, dan dari sana akan dihasilkan berbagai macam produk seperti plastik, *plywood*, cat, peledak, dan tekstil. Sifat fisika metanol dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Sifat Fisika Metanol

Metanol	Nilai
Rumus molekul	CH ₃ OH
Berat molekul	42,04 gr/mol
Densitas	0,7918 g/cm ³
Titik leleh	-114,3 ^o C
Titik didih	64,7 ^o C
Kelarutan dalam air	Tercampur penuh

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

2.4.2 NaOH

Menurut Fengel dan Wegener (1995) bahwa *pulp* dapat dihasilkan dengan proses semikimia dengan larutan NaOH dan pembuatan serat dengan pengilingan. Sifat-sifat fisika dari Natrium Hidroksida (NaOH) yang digunakan sebagai larutan pemasak pada proses soda ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Sifat Fisika NaOH

NaOH	Nilai
Berat molekul	39,998 gr/mol
<i>Spesific Gravity</i>	2,130
Titik leleh	318 ^o C
Titik didih	1390 ^o C
Kelarutan pada 20 ^o C, gr/100gr air	299,6

(Sumber : Azhary H.S dan Dodi Satriawan,2010)

Natrium hidroksida (NaOH), juga dikenal sebagai soda kaustik, soda api, atau sodium hidroksida, adalah sejenis basa logam kaustik. Natrium hidroksida terbentuk dari oksida basa Natrium oksida dilarutkan dalam air. Natrium hidroksida membentuk larutan alkalin yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air, yang 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. NaOH bersifat lembab cair dan secara spontan menyerap karbon dioksida dari udara bebas. NaOH 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.

2.5 Proses Pemutihan (*Bleaching*)

Pemutihan (*bleaching*) merupakan proses yang bertujuan untuk menghilangkan kandungan lignin (*delignifikasi*) di dalam *pulp* atau serat sehingga diperoleh tingkat kecerahan warna yang tinggi dan stabil. Proses pemutihan serat harus menggunakan bahan kimia yang reaktif untuk melarutkan kandungan lignin yang ada di dalam serat agar diperoleh derajat kecerahan yang tinggi. Namun demikian, harus dijaga agar penggunaan bahan kimia tersebut tidak menyebabkan pencemaran lingkungan yang berbahaya.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pemutihan antara lain:

1. Konsentrasi
 - a. Reaksi dapat ditingkatkan dengan memperbesar konsentrasi bahan pemutih.
 - b. Penggunaan bahan kimia pemutih yang berlebih tidak akan meningkatkan derajat kecerahan karena derajat kecerahan yang dicapai telah maksimal.
 - c. Konsentrasi hidrogen peroksida yang dipakai untuk proses pemutihan antara 1% hingga 10% b/v
2. Waktu reaksi

Pada umumnya, perlakuan bahan kimia pemutih terhadap serat akan menjadi lebih reaktif dengan memperpanjang waktu reaksi. Namun, waktu reaksi

yang terlalu lama akan merusak rantai selulosa dan hemiselulosa pada serat tersebut.

3. Suhu

- a. Peningkatan suhu dapat menyebabkan peningkatan kecepatan reaksi pada reaksi pemutihan.
- b. Pemilihan suhu ditentukan pada penggunaan bahan kimia pemutih.
- c. Suhu pemutihan biasanya diatur berkisar antara 40-100 °C.

4. pH

- a. Nilai pH bergantung pada jenis penggunaan bahan pemutih (*bleaching agent*).
- b. Pada proses pemutihan dengan hidrogen peroksida diperlukan suasana basa antara pH 8 hingga 12.

5. Rasio bahan dan zat *bleaching*

- a. Semakin kecil perbandingan rasio bahan yang akan diputihkan dengan bahan pemutih akan meningkatkan reaksi pemutihan. Tetapi dengan rasio yang semakin kecil akan mengurangi efisiensi penggunaan zat pemutih.
- b. Pada proses pemutihan (*bleaching*) umumnya dipakai rasio bahan dengan zat *bleaching* antara 8 : 1 hingga 20 : 1.

Kelima faktor tersebut berpengaruh terhadap kualitas produk serat yang dihasilkan seperti :

- a) Kecerahan (*brightness*),
- b) Kuat tarik (*tensile strenght*),
- c) Kelunakan (*softness*)
- d) Daya mulur (*elongation*)

Pada dasarnya proses pemutihan (*bleaching*) dibagi menjadi dua, yaitu proses pemutihan secara kimia dan proses pemutihan secara biologi (disebut juga dengan proses *bio-bleaching*). Berikut ini adalah berbagai macam proses pemutihan, antara lain :

2.5.1 Proses Pemutihan (*Bleaching*) secara Kimia.

a. Pemutihan dengan Gas Ozon

Merupakan gas yang tidak stabil dan dapat berubah secara perlahan-lahan pada temperatur ruangan dan tekanan atmosfer. Selektifitas gas ozon lebih tinggi apabila dilarutkan dalam asam asetat jika dibandingkan dengan air (Beltran, 2005). Keuntungan pemilihan dengan gas ozon di dalam air antara lain, bahan pemutih yang lebih baik, waktu reaksi yang lebih pendek, temperatur pemutihan yang rendah dan tanpa tekanan, serta tidak terjadi pencemaran lingkungan. Dan kerugian pemutihan dengan menggunakan gas ozon adalah kerusakan karbohidrat di dalam pelarut air relatif lebih besar, biaya produksi untuk pembuatan generator ozon relatif mahal, mudah terurai menjadi oksigen di dalam air.

b. Pemutihan dengan Asam Perasetat

Pemutihan *pulp* dengan asam perasetat dapat dilakukan pada semua jenis *pulp* yang dimasak menggunakan metode yang berbeda seperti metode sulfit, sulfat, *acetosolv* dan lain-lain. Tujuan pemutihan *pulp* menggunakan asam perasetat adalah *delignifikasi* dan peningkatan nilai derajat putih kertas pada media asam atau netral sampai alkali/basa lemah.

Semakin tinggi konsentrasi asam perasetat, maka semakin rendah sisa lignin didalam *pulp* dan derajat putih kertas akan semakin meningkat. Lignin, rendemen dan derajat polimerisasi selulosa akan semakin menurun seiring dengan meningkatnya waktu pemutihan, dan sebaliknya derajat putih kertas akan semakin meningkat.

c. Pemutihan dengan Klorin

Merupakan gas berwarna hijau yang bersifat sangat beracun bagi manusia dan bersifat iritasi terhadap pernapasan serta membakar kulit. Pada konsentrasi 3,53 dapat dideteksi sebagai bau dan pada konsentrasi 1000 ppm akan berakibat fatal jika terhirup. Akibat bahaya tersebut maka sekarang gas klorin dilarang sebagai bahan pemutih.

Penggunaan klorin dapat menghasilkan organoklorin seperti dioxin yang sangat berbahaya karena beracun dan bersifat karsinogen, namun sekarang klorin dioksida digunakan sebagai pengganti klorin pada proses pemutihan *pulp* dapat

mengurangi terbentuknya dioksin. Proses pemutihan dengan klorin dapat diringkas dengan reaksi kimia sebagai berikut :



Ion H^+ dari asam hipoklorit terlarut dalam larutan sehingga reaksi menjadi :



Ion hipoklorit cenderung terdekomposisi menjadi klorida dan oksigen reaktif



Oksigen akan bereaksi sebagai bahan pemutih (*bleaching agent*).

Bubuk *bleaching* seperti $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ atau dalam bentuk cairan seperti sodium hypochlorite (NaClO) umum digunakan.

d. Pemutihan dengan Sulfit

Pada kondisi basah, sulfur dioksida adalah bahan pemutihan (*bleaching agent*). Sulfur dioksida digunakan untuk memutihkan wol dan katun. Garam dari sulfur dioksida juga digunakan sebagai bahan pemutih seperti kalsium hidrogen sulfit $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ yang digunakan sebagai pemutih pada proses *pulp* di industri kertas. Proses pemutihan dengan sulfur dioksida tidak permanen, lama kelamaan dengan adanya udara dan cahaya maka warna akan kembali semula

2.5.2 Proses *Bleaching* Secara Biologi (*Bio-Bleaching*)

Proses *bio-bleaching* meniru proses pembusukan kayu oleh jamur *white rot*. Dalam proses ini menggunakan *fungus treatment* dengan menggunakan 2 enzim yaitu enzim hemiselulosa (xylanase dan mannanase) yang dapat meningkatkan *bleachability* secara tidak langsung dan enzim lignase yang dapat mendegradasi lignin secara langsung. Sedikitnya ada dua penjelasan mengenai bagaimana xylanase mampu meningkatkan akses dari bahan kimia *bleaching* ke serat dengan menghilangkan xylanase yang terendapkan. Serat yang terbuka ternyata lebih rentan terhadap bahan kimia pemutih dan ekstraksi lignin.

Tujuan utama penggunaan enzim dalam proses pemutihan adalah tidak menghilangkan xylanase secara keseluruhan, hanya melepaskan lignin. Proses *bio-bleaching* berjalan lambat pada suhu dan tekanan operasinya sehingga proses ini belum dapat diaplikasikan pada skala industri.

a. Hidrogen Peroksida (H₂O₂)

Hidrogen peroksida berbentuk cairan tidak berwarna, sedikit lebih kental dari air dan dapat bercampur dengan air dalam berbagai komposisi. Hidrogen peroksida bersifat asam yang sangat lemah dan mempunyai kemampuan sifat oksidator yang sangat kuat. Hidrogen peroksida (H₂O₂) merupakan bahan pemutih yang bisa digunakan untuk proses pemutihan dengan konsep *Totally Chlorine Free* (TCF).

Hidrogen peroksida ini memiliki suhu optimum yaitu 80-85 °C. Bila suhu pada saat proses kurang dari 80 °C maka proses akan berjalan lambat, sedangkan kalau lebih dari 85 °C hasil proses tidak sempurna. Bila dipanaskan mudah terurai dan melepaskan gas oksigen. Karena kemampuannya melepaskan oksigen maka sangat efektif dipakai sebagai bahan pemutih.



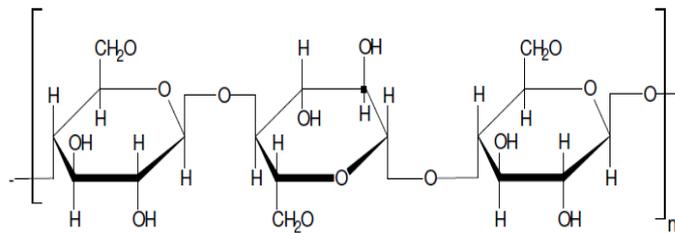
O₂ yang terjadi akan bekerja sebagai oksidator untuk memutihkan bahan.

Pemutihan dengan H₂O₂ ini memiliki beberapa keuntungan, yaitu :

- a) 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.
- b) 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.
- c) 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 (Karmayn, 1978).
- d) Sifatnya lebih ramah lingkungan dibandingkan oksidator lain karena proses peruraiannya hanya menghasilkan air dan oksigen.

2.6. Kandungan *Pulp*

2.6.1 Selulosa



Gambar 2. Struktur Molekul Selulosa

Sumber : <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-NonDegree-30106-2310030064-Chapter1.pdf>

Selulosa merupakan polimer dengan rumus kimia $(C_6H_{10}O_5)_n$. Dalam hal ini n adalah jumlah pengulangan unit gula atau derajat polimerisasi yang harganya bervariasi berdasarkan sumber selulosa dan perlakuan yang diterimanya. Kebanyakan serat untuk pembuat *pulp* mempunyai harga derajat polimerisasi 600 – 1500.

Selulosa terdapat pada sebagian besar dalam dinding sel dan bagian-bagian berkayu dari tumbuh-tumbuhan. Selulosa mempunyai peran yang menentukan karakter serat dan memungkinkan penggunaannya dalam pembuatan kertas. Dalam pembuatan *pulp* diharapkan serat-serat mempunyai kadar selulosa yang tinggi.

Sifat-sifat bahan yang mengandung selulosa berhubungan dengan derajat polimerisasi molekul selulosa. Berkurangnya berat molekul dibawah tingkat tertentu akan menyebabkan berkurangnya ketangguhan. Serat selulosa menunjukkan sejumlah sifat yang memenuhi kebutuhan pembuatan kertas. Kesetimbangan terbaik sifat-sifat pembuatan kertas terjadi ketika kebanyakan lignin tersisih dari serat. Ketangguhan serat terutama ditentukan oleh bahan mentah dan proses yang digunakan dalam pembuatan *pulp*.

Molekul selulosa seluruhnya berbentuk linier dan mempunyai kecenderungan kuat membentuk ikatan-ikatan hidrogen, baik dalam satu rantai polimer selulosa maupun antar rantai polimer yang berdampingan. Ikatan

hidrogen ini menyebabkan selulosa bisa terdapat dalam ukuran besar, dan memiliki sifat kekuatan tarik yang tinggi.

Selulosa merupakan unsur yang penting dalam proses pembuatan *pulp*. Semakin banyak selulosa yang terkandung dalam *pulp*, maka semakin baik kualitas *pulp* tersebut. Berdasarkan derajat polimerisasi (DP), maka selulosa dapat dibedakan atas tiga jenis yaitu:

- a. Selulosa α (*Alpha Cellulose*) adalah selulosa berantai panjang, tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% atau larutan basa kuat dengan DP (derajat polimerisasi) berkisar 600-1500. Selulosa α dipakai sebagai penduga dan atau penentu tingkat kemurnian selulosa.
- b. Selulosa β (*Betha Cellulose*) adalah selulosa berantai pendek, larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan DP berkisar 15-90, dapat mengendap bila dinetralkan.
- c. Selulosa γ (*Gamma cellulose*) adalah selulosa berantai pendek, larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan DP kurang daripada 15 (Paskawati dkk, 2010)

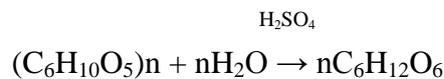
Sifat-sifat Selulosa terdiri dari sifat fisika dan sifat kimia. Selulosa dengan rantai panjang mempunyai sifat fisik yang lebih kuat, lebih tahan lama terhadap degradasi yang disebabkan oleh pengaruh panas, bahan kimia maupun pengaruh biologis. Sifat-sifat fisika selulosa (*Fengel dan Wenger, 1995*) :

1. Berwarna putih
2. Berat molekul berkisar antara 300.000 – 500.000 gr/mol
3. Tidak larut dalam air, asam dan basa.
4. Larut dalam $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4(\text{OH})_2$ atau NaOH + CS_2
5. Terikat satu sama lain.
6. Dapat terdegradasi oleh hidrolisa, oksidasi, fotokimia maupun secara mekanis sehingga berat molekulnya menurun.
7. Tidak larut dalam air maupun pelarut organik, tetapi sebagian larut dalam larutan alkali.

8. Dalam keadaan kering, selulosa bersifat higroskopis, keras dan rapuh. Bila selulosa cukup banyak mengandung air, maka akan bersifat lunak. Jadi fungsi air disini adalah sebagai pelunak.
9. Selulosa dalam kristal mempunyai kekuatan lebih baik jika dibandingkan dengan bentuk *amorf*-nya.

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 berlebih menghasilkan asam oksalat



4. Hidrolisa lengkap dengan HCl 40% dalam air hanya menghasilkan D-glukosa. 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 klorin 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:

- 1) NO_2 mengoksidasi hidroksil primer dari selulosa menjadi karboksil. Oksidasi ini tidak akan memecah rantai selulosa kecuali jika terdapat alkali.
- 2) Chlorin mengoksidasi gugus karboksil dan aldehyd. Oksidasi karboksil menjadi CO_2 dan H_2O , sedangkan oksidasi aldehyd menjadi karboksil dan bila oksidasi diteruskan akan menjadi CO_2 dan H_2O .
- 3) Hipoklorit akan menghasilkan oksidasi selulosa yang mengandung presentase gugus hidroksil tinggi pada kondisi netral atau alkali.

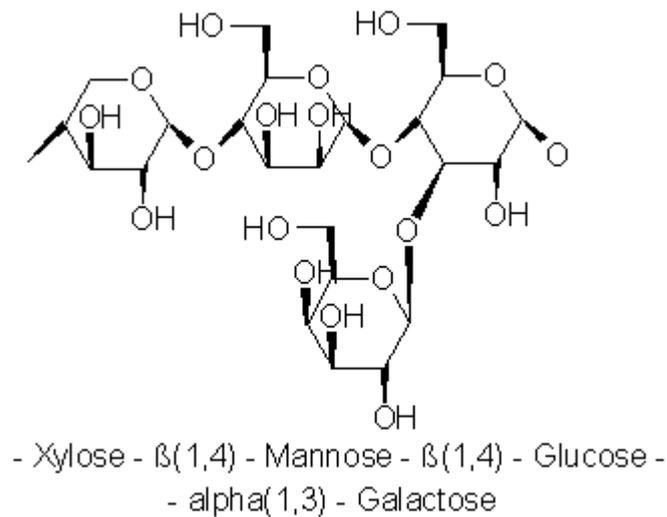
c. Degradasi oleh panas

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

- 1) Bertambahnya ikatan hidrogen antara molekul-molekul selulosa yang berdekatan.
- 2) Terbentuknya ikatan rantai kimia diantara molekul-molekul selulosa yang berdekatan.
- 3) Pemanasan serat-serat *pulp* pada temperatur kurang lebih 100°C akan menghilangkan kemampuan mengembang sekitar 50% dan pemanasan diatas 20°C dan dalam waktu lama akan mengakibatkan serat-serat selulosa kehilangan strukturnya secara total.

2.6.2 Hemiselulosa

Komponen penyusun utama kayu lainnya, yaitu hemiselulosa. Hemiselulosa adalah polisakarida non selulosa yang pokok, terdapat dalam kayu dengan berat molekul 4000–15.000 (Soenardi, 1976), sedangkan Sjostorm (1981) menyatakan bahwa hemiselulosa merupakan heteropolisakarida yang tergolong polimer organik dan relatif mudah dioksidasi oleh asam menjadi komponen - komponen monomer yang terdiri dari D-glukosa, D-manosa, D-xylosa, L-arabinosa, dan sejumlah kecil L-ramnosa disertai oleh asam D-glukoronat, asam 4-O-metil-D-glukoronat dan asam D-galakturonat.



Gambar 3. Struktur Molekul Hemiselulosa

Sumber : (Oktarina, I., 2009)

Menurut Erwinsyah (2008) hemiselulosa juga terbentuk melalui proses fotosintesis dan terdiri atas gula-gula sederhana, seperti galaktosa, manosa, arabinosa dan lain-lain. Ikatan unit-unit molekul polisakarida ini tidak sepanjang ikatan polimer selulosa. Hemiselulosa hanya memiliki beberapa ratus derajat polimerisasi, sedangkan menurut Anonim (2008) rantai selulosa yang lebih pendek tersebut terdapat pada hemiselulosa (glukosa, galaktosa, manosa, xylosa, arabinosa). Karena komponen hemiselulosa yang memiliki sifat seperti selulosa adalah glukosa maka hemiselulosa lebih dahulu terdegradasi dibandingkan dengan selulosa.

Hemiselulosa bersifat non-kristalin dan tidak bersifat serat, serta mudah mengembang. Sehingga hemiselulosa sangat berpengaruh terhadap terbentuknya jalinan antarserat pada saat pembentukan lembaran, lebih mudah larut dalam pelarut alkali dan lebih mudah dihidrolisis dengan asam (Casey, 1960). Perbedaan hemiselulosa dengan selulosa yaitu hemiselulosa mudah larut dalam alkali tapi sukar larut dalam asam, sedang selulosa adalah sebaliknya. Hemiselulosa juga bukan merupakan serat-serat panjang seperti selulosa. Hasil hidrolisis selulosa akan menghasilkan D-glukosa, sedangkan hasil hidrolisis hemiselulosa akan menghasilkan D-xilosa dan monosakarida lainnya. Adanya hemiselulosa

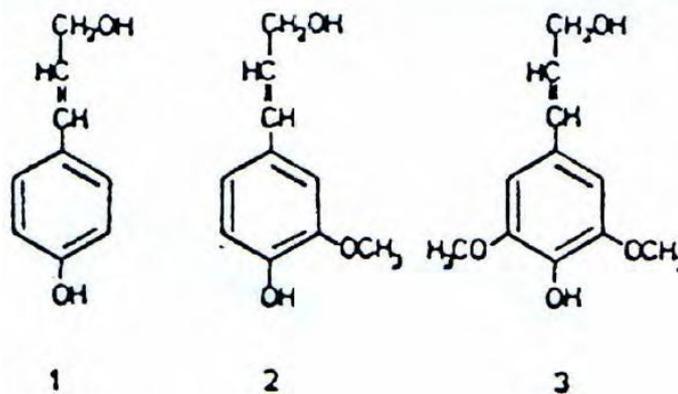
mengurangi waktu dan tenaga yang diperlukan untuk melunakkan serat selama proses mekanis dalam air.

2.6.3 Lignin

Lignin merupakan zat organik polimer yang banyak dan penting dalam dunia tumbuhan selain selulosa. Lignin adalah senyawa hemiselulosa pada jaringan tanaman. Lignin secara umum tidak ditemui dalam bentuk sederhana di antara polisakarida-polisakarida dinding sel tanaman, tetapi selalu tergabung atau berikatan dengan polisakarida tersebut.

Lignin merupakan senyawa polimer aromatik kompleks yang terbentuk melalui polimerisasi tiga dimensi dari sinamil alkohol yang merupakan turunan dari fenilpropana (Fengel, D. and Wegener, G., 1995). Lignin berfungsi sebagai pengikat antar serat. Lignin dapat dihilangkan dari bahan dinding sel yang tak larut dengan klor dioksida.

Fengel (1995) juga menyatakan bahwa p-koumaril alkohol, koniferil alkohol dan sinapil alkohol merupakan senyawa induk (*precursor*) primer dan merupakan unit pembentuk semua lignin (Gambar 4)

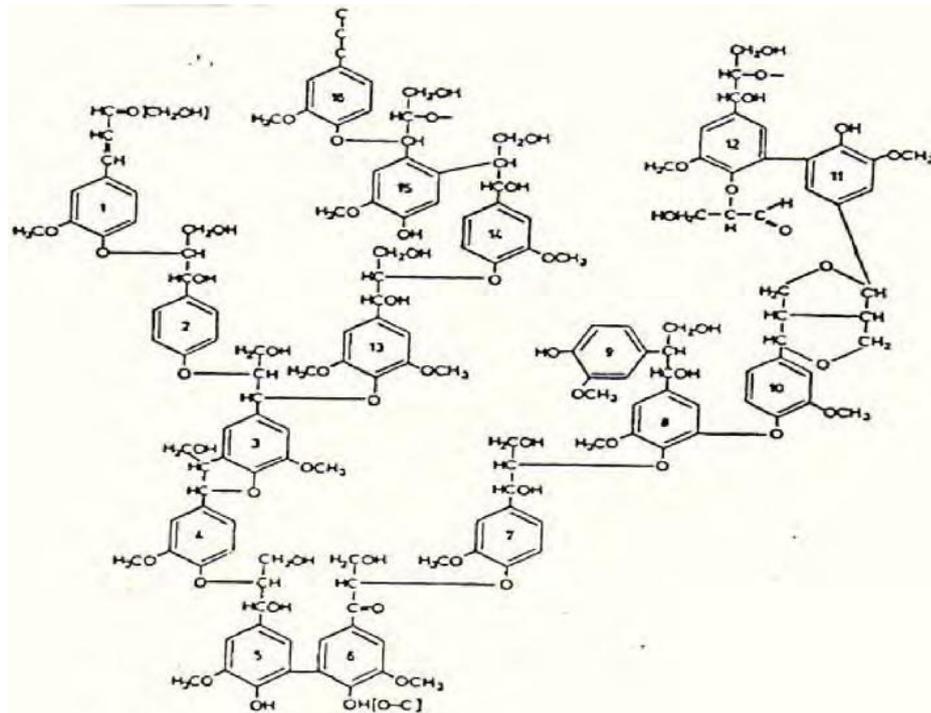


Gambar 4. Unit-unit penyusun lignin :

(1) p-koumaril alkohol, (2) koniferil alkohol, (3) sinapil alkohol

Sumber : Achmadi (1990)

Salah satu bentuk struktur kimia (rumus bangun) lignin dapat dilihat pada Gambar 5. (Achmadi, 1990).



Gambar 5. Struktur Molekul Lignin

Sumber : Achmadi (1990)

Struktur molekul lignin sangat berbeda bila dibandingkan dengan polisakarida, karena terdiri dari sistem aromatik yang tersusun atas unit-unit fenil propane. Sifat-sifat lignin yaitu tidak larut dalam air dan asam mineral kuat, larut dalam pelarut organik, dan larutan alkali encer. Lignin yang terikat dalam produk *pulp* menurunkan kekuatan kertas dan menyebabkan kertas menguning.

Pulp akan mempunyai sifat fisik atau kekuatan yang baik apabila mengandung sedikit lignin. Hal ini karena lignin bersifat menolak air dan kaku sehingga menyulitkan dalam proses penggilingan. Kadar lignin untuk bahan baku kayu 20-35 %, sedangkan untuk bahan non-kayu lebih kecil lagi.

Lignin berbentuk non-kristal, mempunyai daya absorpsi 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 pada tanaman dapat dibagi menjadi 3 tipe:

1. Lignin dari kayu lunak (*Gymnospermae*).
2. Lignin dari kayu keras (*Angiospermaedycotyle*).
3. Lignin dari rumput-rumputan, bambu, dan *palmae* (*Angiospermae monocotyle*).

Kadar kandungan lignin pada tumbuhan sangat bervariasi. Pada spesies kayu kandungan lignin berkisar antara 20-40%. Apabila dipanaskan dengan Ca-bisulfit dalam NaOH dengan suatu tekanan tinggi, maka lignin ini akan larut dan tertinggal hanya selulosanya saja.

Sifat-sifat lignin :

1. Larut dalam larutan NaOH
2. Tidak larut dalam air
3. Sangat tahan terhadap reaksi kimia
4. Berat molekul antara 3.000-140.000 gr/mol
5. Termasuk reaktif, karena mengandung gugus karboksil, metoksil dan karbonil
6. Bila didestilasi oleh alkali akan terbentuk benzene

Secara fisis lignin berwujud *amorf* (tidak berbentuk), berwarna kuning cerah dengan bobot jenis berkisar antara 1,3 - 1,4 bergantung pada sumber ligninnya. Indeks refraksi lignin sebesar 1,6. Sifatnya yang amorf menyebabkan lignin sulit dianalisa dengan sinar-X. Lignin juga tidak larut dalam air, dalam larutan asam dan larutan hidrokarbon. Karena lignin tidak larut dalam asam sulfat 72%, maka sifat ini sering digunakan untuk uji kuantitatif lignin. Lignin tidak dapat mencair, tetapi akan melunak dan kemudian menjadi hangus bila dipanaskan. Lignin yang diperdagangkan larut dalam alkali encer dan dalam beberapa senyawa organik. Lignin terdiri dari 61-65 persen karbon, 5 sampai 6,1 persen hidrogen dengan panas pembakarannya sebesar 11.300 Btu/lb (6.280 kal/gram) (Kirk dan Othmer, 1952).

Lignin dapat dibagi menjadi beberapa kelas menurut unsur-unsur strukturnya yaitu (Achmadi, 1990) :

- a. Lignin *guaiasil* : terdapat pada kayu jarum (26-32%), dengan prazat koniferil alkohol.

- b. Lignin *guaiasil-siringil* : merupakan ciri kayu daun lebar (20-28%, pada kayu tropis > 30%), dengan prazat koniferil alkohol : sinapil alkohol, perbandingan 4:1 sampai 1:2.

Menurut Sugesty *et al.* (1986), lignin pada jenis *gymnosperms* terdiri dari unit guaiasil, lignin pada jenis *angiosperms* terdiri dari unit *guaiasil* dan *siringil*, sedangkan pada jenis rumput-rumputan terdiri dari unit guaiasil, siringil dan p-hidroksifenil.

Lignin menyebabkan *pulp* berwarna gelap. Pada proses pembuatan *pulp*, kadar lignin harus rendah. Apabila kadar lignin pada tanaman tinggi, maka zat pemutih yang ditambahkan pada proses *bleaching* akan cukup banyak. *Pulp* akan mempunyai sifat fisik yang baik apabila mengandung sedikit lignin. Hal ini dikarenakan lignin bersifat menolak air dan kaku, sehingga menyulitkan dalam proses penggilingan. Kadar lignin *pulp* pada bahan baku kayu 20-35%, sedangkan pada bahan baku non kayu kadarnya lebih kecil lagi. Lignin merupakan zat organik polimer yang banyak dan penting dalam dunia tumbuhan selain selulosa. Adanya lignin dalam sel tumbuhan dapat menyebabkan tumbuhan kokoh berdiri.

2.6.4 Ekstraktif

Istilah ekstraktif kayu meliputi sejumlah besar senyawa yang berbeda yang dapat diekstraksi dari kayu dengan menggunakan pelarut polar maupun non polar. Pada umumnya kadar ekstraktif yang terkandung dalam bahan baku bukan kayu (*non wood*) lebih tinggi dari pada kayu (*hard wood*) dan kayu jarum (*soft wood*). Zat ekstraktif terdiri dari senyawa yang mudah menguap seperti terpentin, resin, asam lemak, karbohidrat dengan berat molekul rendah dan pektin.

Komposisi ekstraktif berubah selama pengeringan kayu terutama senyawa-senyawa tak jenuh, lemak dan asam lemak terdegradasi. Ekstraktif dapat juga mempengaruhi kekuatan *pulp*, perekatan dan pengerjaan akhir kayu maupun sifat-sifat pengeringan.

2.6.5 Mineral

Mineral (senyawa anorganik) didalam kayu mempunyai kadar kurang dari 1%. Didalam *pulp* senyawa ini kadang - kadang masih terkandung yang berasal dari bahan baku, bahan kimia, air dan peralatan yang digunakan.