

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pulp

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

Pulp adalah bahan berupa serat berwarna putih yang diperoleh melalui proses penyisihan lignin dari biomassa (delignifikasi). Pulp digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan kertas dan dapat juga dikonversi menjadi senyawa turunan selulosa termasuk selulosa asetat. Penyisihan lignin dari biomassa dapat dilakukan dengan berbagai proses yaitu mekani, semikimia dan kimia.

Pulp diproduksi dari bahan baku yang mengandung selulosa. Proses pembuatan pulp pada umumnya menggunakan proses kimia, yaitu proses soda, sulfat (kraft), sulfit, dan organosolv. Hasil penelitian mengenai pembuatan pulp dengan proses soda-antraquinon dengan bahan baku serbuk menunjukkan reaksi yang baik dalam rendemen maupun sifat lain dari pulp yang dihasilkan. Namun produksi pulp secara kimia menimbulkan pencemaran yang cukup serius karena hasil samping yang diproduksi. Polutan atau limbah utama yang dihasilkan adalah komponen gas yang mengandung senyawa sulfur dan klor yang dihasilkan dari proses kraft atau sulfit dengan larutan pemasak Na_2S atau NaHSO_2 (Simanjutak, 1994).

Casey (1980), menyatakan bahwa *pulp* merupakan hasil pemisahan serat kayu atau bahkan berserat lain yang mengandung legnoselulosa. Pembuatan *pulp* didefinisikan sebagai proses mengubah bahan baku berselulosa menjadi berserat. *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*, yang mengandung selulosa dan hemiselulosa.

2.2 Proses Pembuatan Pulp

Proses pembuatan *pulp* pada dasarnya adalah proses pemisahan serat dari bahan baku yang mengandung serat dengan cara mekanis, kimia atau gabungan dari keduanya. Dalam proses kimia, bahan baku dimasak dalam bejana pemasak

(digester) dan ditambahkan dengan bahan kimia untuk melarutkan komponen dalam bahan baku yang tidak diinginkan sehingga diperoleh *pulp* dengan kandungan selulosa yang tinggi.

Tujuan utama dari pembuatan *pulp* adalah memisahkan selulosa (serat-serat) dari bahan-bahan lainnya. *Pulp* secara kimia bertujuan memisahkan serat selulosa dari bahan baku melalui delignifikasi (penghilang lignin) tanpa terdegradasi karbohidrat.

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

2.2.1 Proses *Pulp* Mekanik

Proses ini dikembangkan oleh E.G. Kellen (Jerman). Pada proses ini, kayu dihancurkan menjadi lumpur di dalam *rotary grind mill stone* dengan menambahkan air, kemudian ditarik-tarik sambil berjalan di dalam *rotary scrubber* sehingga secara fisik serat rusak. Hal ini menyebabkan *pulp* yang dihasilkan dari proses ini mempunyai kekuatan yang rendah (mudah sobek). Pada tahun 1970-an, *grind stone* dimodifikasi sehingga dapat berputar dengan kecepatan dan tekanan tinggi, tidak merusak serat, sehingga *pulp* yang dihasilkan mempunyai kekuatan yang lebih baik.

2.2.2 Proses *Pulp* Thermomekanik

Merupakan perbaikan dari proses mekanik dimana sebelum dilakukan penggilingan kayu terlebih dahulu dimasak/dikukus pada temperatur dan tekanan tinggi. *Pulp* yang dihasilkan telah mempunyai kekuatan yang lebih baik tapi membutuhkan energi yang lebih banyak.

2.2.3 Proses *Pulp* Semikimia

Proses ini merupakan perbaikan dari proses sebelumnya dimana setelah dihancurkan dengan penggiling, potongan-potongan serat proses pada tahap

impregnasi (penyerapan) dengan larutan encer (sulfit, natrium sulfat, soda abu) terlebih dahulu. *Pulp* yang dihasilkan disaring. Salah satu proses semikimia yang dipakai adalah memasak serpihan/potongan kayu dengan larutan natrium sulfat, bisulfit, sebelum de-defiberasi secara mekanik di dalam penggiling.

2.2.4 Proses *Pulp* Kimia

Pada proses ini lignin dihilangkan sama sekali sehingga serat-serat kayu mudah dihilangkan oleh larutan pemasak. Proses ini dibagi menjadi tiga tahap, yaitu :

1). Proses soda

Proses ini dikenalkan oleh C. Watt dan H. Burges pada tahun 1850. pada proses ini sistem pemasakan menggunakan senyawa alkali yaitu natrium hidroksida (NaOH) sebagai larutan pemasak di kolom bertekanan, dengan perbandingan 4 : 1 dari jumlah kayu yang digunakan. Kemudian larutan pemasak bekas dipisahkan dengan proses penguapan (evaporasi).

2). Proses sulfit

Proses ini ditemukan oleh Benyamin Tilghman pada tahun 1866, dimana pembuatan *pulp* dilakukan di dalam kolom bertekanan menggunakan larutan kalsium sulfat dan belerang dioksida. Pada tahun 1950-an, penggunaan kalsium diganti dengan magnesium/natrium dan ammonium sulfat yang lebih banyak keuntungannya.

3). Proses sulfat

Proses ini disebut juga proses *pulp kraft*. Pada proses ini digunakan larutan NaOH ditambah bubuk Na_2SO_4 yang ditambahkan direduksi di dalam tungku pemutih menjadi Na_2S , yang diperlukan untuk delignifikasi. Pada proses ini juga digunakan bahan penggumpal seperti klorida sehingga *pulp kraft* mempunyai derajat putih yang berkualitas.

4). Proses 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. Beberapa senyawa organik yang dapat digunakan antara lain adalah asam asetat, etanol dan metanol. Proses organosolv tidak menggunakan unsur sulfur sehingga lebih aman terhadap lingkungan dan daur ulang lindi hitam dapat dilakukan dengan mudah.

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

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

5). Proses Acetosolv

Proses pemisahan serat dengan menggunakan asam asetat sebagai pelarut organik disebut acetosolv. Kekuatan tarik pulp acetosolv setara dengan kekuatan tarik pulp kraft. Proses acetosolv dalam pengolahan pulp memiliki beberapa keunggulan antara lain bebas senyawa sulfur, daur ulang limbah dapat dilakukan dengan metode penguapan dengan tingkat kemurnian cukup tinggi, yaitu dengan destilasi saja daur ulang pemakaian asam asetat sebagai bahan pemasaknya, dan nilai hasil daur ulangnya lebih mahal dibanding dengan hasil daur ulang limbah kraft.

Keuntungan lain dari acetosolv adalah bahwa bahan pemasak yang digunakan dapat diambil kembali tanpa adanya proses pembakaran bahan bekas pemasak. Tidak seperti proses pemasakan pulp dengan metode kraft, yang limbah larutan pemasaknya atau black liquor harus dimasukkan kedalam furnish yang panas, dan bertekanan tinggi untuk mendapatkan sisa larutan pemasak yang mengandung senyawa sulfur dalam bentuk abu, yang kemudian abu ini harus dicampur dengan lime atau CaO untuk menghilangkan bahan kimia asal seperti NaOH, Na₂S, dan Na₂CO₃ membentuk green liquor.

Proses asetoslv lebih menguntungkan karena tidak perlu menggunakan dapur untuk pembakaran daur ulang black liquor, karena hanya dengan pemisahan secara destilasi saja sudah bias, tidak terlalu memahan biaya untuk bahan bakar pada pembakaran didapur. Adapun dibawah ini merupakan tabel perbandingan roses pembuatan pulp.

Tabel 1. Perbandingan Proses Pembuatan *Pulp*

Mekanis	Semikimia	Kimia
<i>Pulping</i> dengan energi mekanik (sedikit tanpa perlakuan awal dengan bahan kimia atau panas)	<i>Pulping</i> dengan perlakuan kombinasi kimia dan mekanik	<i>Pulping</i> dengan bahan kimia (sedikit atau tidak ada energi mekanik)
Rendemen tinggi (90% - 95%)	Rendemen sedang (55% - 90%)	Rendemen rendah (40% - 55%)
Serat pendek, tidak utuh, tidak murni, dan tidak stabil	Sifat <i>pulp</i> sedang (<i>intermediate</i>)	Serat <i>pulp</i> utuh, panjang, kuat, dan stabil
Kualitas cetak baik, tapi sulit diputihkan		Kualitas cetak kurang baik, tapi mudah diputihkan

2.2.5 Proses Kombinasi

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 Proses Sulfit Netral dan Proses Soda Dingin.

a. 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. Proses ini memanfaatkan cairan

pemasak Sodium Sulfit dengan penambahan Sodium Karbonat untuk menetralkan asam-asam organik yang dilepas dari kayu selama pemasakan.

b. 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 alkalis (NaOH) pada temperatur 20-30°C, hingga terjadi penetrasi yang cepat tapi menyeluruh pada serpih-serpih kayu. Proses ini dilakukan dengan konsentrasi NaOH rendah, yaitu 0,25-2,5% dan dengan waktu antara 15-120 menit, kemudian dilakukan tahap penggilingan pada serpih-serpih.

Pada tahun 1960-an, produk *kraft* lebih banyak dipakai dibanding *pulp* sulfit, karena telah memiliki sifat-sifat *pulp* yang lebih baik dan bahan kimia yang lebih sederhana. Meskipun saat ini lebih dari 80% *pulp* kimia, yang dihasilkan adalah *pulp kraft*, tetapi kelemahan-kelemahan proses ini masih susah untuk diatasi, misalnya : bau dari gas.

2.2.6 Pemasakan Proses *Kraft*

Pemilihan proses pemasakan ini tergantung pada hasil *pulp* yang diinginkan. Proses ini bertujuan untuk memisahkan serat-serat dalam kayu secara kimia dan melarutkan sebanyak mungkin lignin pada dinding serat. Selain itu, pemilihan proses *kraft* mempunyai banyak keuntungan bila dibandingkan dengan proses lain.

Keuntungannya antara lain :

- a. Dapat digunakan untuk berbagai jenis kayu
- b. Dapat meningkatkan kekuatan *pulp*
- c. Waktu pemasakan cukup pendek
- d. *Pulp* yang dihasilkan dapat diputihkan dengan tingkat keputihan (*brightness*) yang lebih tinggi

Lignin lebih mudah larut dalam proses sulfat (*kraft*), karena adanya ion-ion hidroksil dan hidrogen sulfida. Seperti yang dikemukakan oleh Sjostrom (1995), adanya ion hidrogen sulfida sangat membantu delignifikasi karena nukleofilisitas

mereka yang berat jika dibandingkan dengan ion-ion hidroksil dan hidrogen sulfida, juga akan menghasilkan kenaikan hidrofilitas lignin karena pelepasan gugus-gugus hidroksi fenol. Lignin yang terdegradasi larut dalam lindi pemasakan sebagai natrium fenolat.

2.3 Bahan Baku *Pulp*

Pada dasarnya hampir semua tanaman berserat dapat dibuat *pulp*, tetapi harga dan kualitas *pulp* yang dihasilkan belum tentu ekonomis dan baik sehingga tidak dapat bersaing di pasaran. Sumber serat utama adalah tanaman kayu, yang dapat dibagi menjadi kayu daun (*hardwood*) dan kayu jarum (*softwood*), ada juga sumber serat dari bukan kayu (*nonwood*). *Pulp* selain berasal dari serat kayu dan bukan kayu, juga dapat diperoleh dari kertas dan karton daur ulang (Susi Sugesty, 1991).

Menurut uraian Smook (1982) dalam Kurniawan dkk (2013), secara umum bahan baku untuk pembuatan *pulp* dipisahkan atas dua kelompok :

2.3.1 Tanaman Kayu (*Wood*)

Tanaman kayu adalah sumber bahan baku yang paling banyak digunakan dan tersedia cukup melimpah di alam. Menurut ilmu botani, kayu digolongkan menjadi dua bagian besar, yaitu *gymnospermae* yang biasa disebut kayu daun jarum (*softwood*) dan *angiospermae* atau kayu daun lebar (*hardwood*).

a. Kayu Daun Jarum (*Softwood*)

Tanaman kayu daun jarum berdaun tidak sempurna karena tidak memiliki tangkai, helai dan urat daun, daunnya berbentuk jarum dan serat yang dihasilkan adalah serat panjang. Contohnya Pinus, Cemara, Aghatis dan lain-lain.

b. Kayu Daun Lebar (*Hardwood*)

Kayu daun lebar biasanya mempunyai cirri-ciri tanaman berdaun sempurna yaitu memiliki tangkai, helai dan urat. Umumnya berdaun lebar dan bentuk daun bulat sampai lonjong. Serat yang dihasilkan adalah serat

pendek. Contohnya *Acacia Mangium*, *Eucalyptus sp*, *Albazia sp* dan lain-lain.

Berikut merupakan tabel komponen kimia dari *Hardwood* dan *Softwood*.

Tabel 2. Komponen Kimia Kayu Daun Lebar (*Hardwood*) dan Kayu Daun Jarum (*Softwood*)

Komponen	Golongan Kayu	
	Kayu Daun Lebar (%)	Kayu Daun Jarum (%)
Selulosa	40-45	41-44
Lignin	18-33	28-32
Pentosan	21-24	8-13
Zat Ekstraktif	1-2	2,03
Abu	0,22	0,89

Sumber : Dumanauw, 2001:30

2.3.2 Tanaman Bukan Kayu (*Nonwood*)

Jenis tanaman lain yang dapat digunakan untuk bahan baku pembuatan *pulp* adalah tanaman bukan kayu. Tanaman ini banyak jenis dan ragamnya seperti jenis rumput-rumputan, perdu berbatang basah dan tanaman berkayu lunak. Tanaman ini dapat berasal dari hasil pertanian, hasil perkebunan atau limbah industri. Tanaman non kayu ini pada umumnya banyak mengandung sel gabus (*pith*) atau bukan serat. Seratnya dapat berasal dari kulit, batang, dan bahkan biji atau buahnya. Contohnya jerami, ampas tebu, nanas, tandan kosong kelapa sawit dan lain-lain.

2.3.3 Sabut Kelapa

Kelapa (*Cocos nucifera*) merupakan salah satu anggota tanaman palma yang paling dikenal dan banyak tersebar di daerah tropis. Pohon kelapa merupakan jenis tanaman berumah satu dengan batang tanaman tumbuh lurus ke atas dan tidak bercabang. Tinggi pohon kelapa dapat mencapai 10-14 meter lebih, daunnya berpelepah dengan panjang dapat mencapai 3-4 meter lebih dengan sirip-sirip lidi yang menopang tiap helaian. Dalam taksonomi tumbuh-tumbuhan, tanaman kelapa dimasukkan ke dalam klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae (tumbuh-tumbuhan)
Divisio	: Spermatophyta (tumbuhan berbiji)
Sub-divisio	: Angiospermae (berbiji tertutup)
Ordo	: Palmales
Familia	: Palmae
Genus	: Cocos
Spesies	: Cocos nucifera L

Adapun bagian-bagian dari kelapa, diantaranya :

a. Buah kelapa

Buah kelapa terdiri dari kulit luar, sabut, tempurung, kulit daging (testa), dagingbuah, air kelapa dan lembaga.

b. Kulit luar

Kulit luar merupakan lapisan tipis (0,14 mm) yang mempunyai permukaan licin dengan warna bervariasi dari hijau, kuning sampai jingga, tergantung kepada kematangan buah.

c. Sabut kelapa

Sabut kelapa merupakan bagian terbesar ($\pm 35\%$) dari bobot buah kelapa. Jika produksi buah kelapa di Indonesia mencapai 3.250.000 ton/tahun maka akan dihasilkan sabut kelapa sebanyak 1.137.500 ton/tahun. Sabut kelapa mengandung beberapa unsur dan senyawa antara lain K, P, Ca, Mg dan N. Selain itu, kaya bahan organik, abu, pektin, selulosa, hemiselulosa, pentosa dan lignin. Selulosa dan hemiselulosa merupakan penyusun utama dinding sel yang berfungsi untuk memperkuat sel-sel kayu. Lignin berfungsi untuk mengeraskan dinding sel. Kalsium selain berfungsi menguatkan dinding sel, juga mengaktifkan pembelahan sel-sel meristem sedangkan magnesium sangat penting dalam pembentukan klorofil. Sabut kelapa terdiri dari serat dan gabus. Serat sabut kelapa muda termasuk golongan serat non kayu yang merupakan serat kasar. Serat kelapa yang terdapat pada sabut kelapa terdiri atas 3 jenis, yaitu:

- Yam fibre yaitu serat-serat panjang dan halus

- Bristet fibre yaitu serat-serat panjang dan halus
- Matres fibre yaitu serat yang ukurannya pendek-pendek dan halus

Adapun komposisi kimia sabut kelapa secara umum dapat dilihat pada tabel berikut.

Table 3. Komposisi Kimia Sabut Kelapa

Komponen	Komposisi (%)
Air terlarut	5,25
Pektin	3,00
Hemiselulosa	0,25
Lignin	45,84
Selulosa	43,44
Abu	2,22

Sumber : [www.hayleys-export.com/about coir fibre](http://www.hayleys-export.com/about-coir-fibre)

Sifat-sifat fisis sabut kelapa antara lain :

- Densitas : 1,4 gram/cc
- Kadar *swelling* dalam air : 68,5%

d. Tempurung

Tempurung merupakan lapisan keras yang terdiri dari lignin, selulosa, metoksil dan berbagai mineral. Kandungan bahan-bahan tersebut beragam sesuai dengan jenis kelapanya. Struktur yang keras disebabkan oleh silikat (SiO_2) yang cukup tinggi kadarnya pada tempurung. Berat tempurung sekitar 15-19 % dari berat keseluruhan buah kelapa.

e. Kulit daging buah.

Kulit daging buah adalah lapisan tipis coklat pada bagian terluar daging buah.

f. Daging buah

Daging buah merupakan lapisan tebal (8~15 mm) berwarna putih. Bagian ini mengandung berbagai zat gizi. Kandungan zat gizi tersebut beragam sesuai dengan tingkat kematangan buah. Daging buah tua merupakan bahan sumber minyak nabati (kandungan minyak 35 %).

g. Air kelapa.

Air kelapa mengandung sedikit karbohidrat, protein, lemak dan beberapa mineral. Kandungan zat gizi ini tergantung kepada umur buah. Air kelapa dapat digunakan sebagai media pertumbuhan mikroba, misalnya *Acetobacter xylinum* untuk produksi nata de coco.

2.3.4 Komponen Kimia Kayu

Pengetahuan tentang komponen kimia di dalam kayu mempunyai arti penting karena dapat menentukan sifat dan kegunaan sesuatu jenis kayu. Dari sifat kimia dapat diduga ketahanan kayu terhadap serangan makhluk perusak kayu. Selain itu dengan menyimak komponen kimia dan serat kayu, kita dapat merencanakan tindakan-tindakan teknologi dalam rangka memperbaiki sifat-sifat dan kualitas produk, dapat pula menentukan sifat pengerjaan dan pengolahan kayu, sehingga didapat hasil maksimal. Komponen kimia kayu sangat bervariasi karena dipengaruhi oleh faktor tempat tumbuh, iklim dan letaknya didalam batang atau cabang (Dumanauw, 2001).

Komponen kimia kayu dibedakan antara komponen-komponen makromolekul sebagai penyusun sel selulosa, poliosa (hemiselilosa), lignin dan komponen-komponen minor dengan berat molekul rendah (ekstraktif dan zat-zat mineral) yang terletak pada rongga sel. Perbandingan dan komposisi kimia lignin dan hemiselulosa berbeda antara kayu lunak dengan kayu keras, sedangkan selulosa merupakan komponen seragam pada semua kayu.

Komponen kimia kayu sangat berperan dalam proses pembuatan *pulp*. Pada proses pembuatan *pulp* diinginkan sebanyak mungkin selulosa dan hemiselulosa

yang tertinggal, sebaliknya lignin dan bahan ekstraktif lainnya yang seoptimal mungkin dipisahkan dari serat *pulp* yang dihasilkan sebagai produk.

Pada umumnya komponen kimia kayu terdiri dari tiga unsur :

1). Karbohidrat

1. Selulosa

Selulosa merupakan bagian utama susunan jaringan tanaman berkayu, bahan tersebut terdapat juga pada tumbuhan perdu seperti paku, lumut, ganggang dan jamur. Penggunaan terbesar selulosa yang berupa serat kayu dalam industri kertas dan produk turunan kertas lainnya. Selulosa merupakan polimer yang ditemukan di dalam dinding sel tumbuhan seperti kayu, dahan, dan daun. Selulosa itulah yang menyebabkan struktur-struktur kayu, dahan, dan daun menjadi kuat. Selulosa merupakan komponen penting dari kayu yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan kertas.

Dalam Kurniawan dkk (2013), Selulosa oleh Casey (1960) didefinisikan sebagai karbohidrat yang dalam porsi besar mengandung lapisan dinding sebagian besar sel tumbuhan. Winarno (1997) menyebutkan bahwa selulosa merupakan serat-serat panjang yang bersama hemiselulosa, pektin, dan protein membentuk struktur jaringan yang memperkuat dinding sel tanaman. Macdonald dan Franklin (1969) menyebutkan bahwa selulosa adalah senyawa organik yang terdapat paling banyak di dunia dan merupakan bagian dari kayu dan tumbuhan tingkat tinggi lainnya. Fengel dan Wegener menyatakan bahwa selulosa terdapat pada semua tanaman dari pohon bertingkat tinggi hingga organisme primitif seperti rumput laut, flagelata, dan bakteri.

Selulosa adalah bagian utama dinding sel kayu, yang berupa polimer karbohidrat glukosa dan memiliki komposisi yang sama dengan pati. Beberapa molekul glukosa membentuk suatu rantai selulosa. Selulosa juga termasuk polisakarida yang mengidentifikasi bahwa didalamnya terdapat berbagai senyawa gula. Rumus kimia selulosa adalah $(C_6H_{10}O_5)_n$, dimana : n adalah derajat polimerisasi, jumlah senyawa monomer didalam polimer yang dipengaruhi oleh sumber selulosa dari zat penambah pertumbuhan (untuk derajat polimerisasi dari

kayu merupakan suatu polimer raksasa yang berkisar antara 600 – 1500). Selulosa berantai panjang dan tidak bercabang. Selama pembuatan *pulp* dalam digester. Penurunan DP (derajat polimerisasi) tidak boleh terlalu banyak, sebab akan memendekkan rantai selulosa dan membuat *pulp* menjadi tidak kuat. 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*. Selulosa dalam kayu memiliki DP sekitar 3500, sedangkan selulosa dalam *pulp* mempunyai DP sekitar 600-1500. Sedangkan secara fisik selulosa merupakan material berwarna putih dan tersusun dengan gugus kristalin dan gugus amorf.

2. Hemiselulosa

Hemiselulosa juga merupakan polimer yang dibentuk dari gula sebagai komponen utamanya. Berbeda dengan selulosa, yang hanya merupakan polimer dari lima jenis polimer yang berbeda yaitu glukosa, manosa, galaktosa, xylosa dan arabinosa.

Ada berbagai jenis hemiselulosa spesies kayu yang berbeda memiliki hemiselulosa dengan komposisi yang berbeda. *Hard wood* lebih banyak memiliki *xylan*, *soft wood* lebih banyak memiliki glukosa. Tipe selulosa juga bervariasi tergantung letak hemiselulosa dan struktur kayu.

Rantai hemiselulosa lebih pendek dari rantai selulosa. Hemiselulosa memiliki DP lebih kecil yaitu 300. Hemiselulosa adalah polimer bercabang, atau tidak linear. Selama pembuatan *pulp*, hemiselulosa bereaksi lebih cepat dibandingkan selulosa.

2). Non-karbohidrat (lignin)

Lignin atau lignen adalah kompleks senyawa kimia yang paling sering berasal dari kayu, dan merupakan bagian integral dari sekunder dinding sel dari tanaman dan beberapa alga. Istilah ini diperkenalkan tahun 1819 oleh de Candolle dan berasal dari bahasa latin kata *Lignum*, yang berarti kayu. Ini adalah salah satu yang paling berlimpah polimer organik di Bumi, melebihi hanya dengan selulosa, menggunakan 30% dari non-fosil karbon organik dan merupakan dari seperempat

hingga sepertiga dari berat kering kayu. Lignin merupakan bagian terbesar dari selulosa dan merupakan senyawa aromatik. Penyerapan sinar (warna) oleh *pulp* terutama berkaitan dengan komponen ligninnya. Untuk mencapai derajat keputihan yang tinggi, lignin tersisa harus dihilangkan dari *pulp*, dibebaskan dari gugus yang menyerap sinar kuat sesempurna mungkin. Lignin akan mengikat seras selulosa yang kecil menjadi serat-serat panjang. Lignin tidak akan larut dalam larutan asam tetapi mudah larut dalam alkali encer dan mudah diserang oleh zat-zat oksida lainnya.

Lignin merupakan polimer rantai panjang bercabang yang terdapat bersama-sama dengan selulosa didalam dinding sel kayu. Lignin berfungsi sebagai penyusun sel kayu. Lignin merupakan komponen kompleks yang tersusun dari unit-unit *phenil propane, amorf*, bersifat aromatis dengan densitas 1,3 dan indeks bias 1,6. Berat molekulnya 2000 – 15000 yang bervariasi menurut spesiesnya. Kadarnya dalam kayu sekitar 20 – 30 %. Lignin sendiri merupakan zat yang tidak dapat mempunyai struktur yang tetap (*amorphouse substance*) yang bersama-sama selulosa membentuk dinding sel kayu pada pohon.

Keberadaan lignin dalam dinding sel sangat erat hubungannya dengan selulosa yang berfungsi untuk memberikan ketegaran pada sel, berpengaruh dalam memperkecil perubahan dimensi sehubungan dengan perubahan air kayu dan mengurangi degradasi terhadap selulosa. *Pulp* akan mempunyai sifat fisik yang baik apabila kandungan lignin sedikit mungkin karena sifat lignin yang kaku, rapuh, dan hidrofobik. Lignin dapat mengurangi aktifitas selulosa atau hemiselulosa dalam pembentukan ikatan antar serat dan dapat menurunkan derajat putih pada *pulp*. Sebenarnya sifat lignin sendiri tidak berwarna. Namun, pada proses pemasakan lignin bereaksi dengan senyawa kimia lain membentuk ikatan kromofor sehingga menghasilkan warna. Perbedaan antara Lignin dan selulosa dijelaskan pada tabel 4.

Tabel 4. Perbedaan antara Selulosa dan Lignin

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

Sumber: Balai Besar Litbang Industri Selulosa (2002)

3). Ekstraktif

Kayu juga mengandung sejumlah kecil substansi lain yang disebut ekstraktif. Substansi ini dapat diekstraksi dari kayu baik oleh air atau pelarut organik lain, misalnya alkohol atau eter. Asam-asam lemak, asam resin, lilin, terpentin, dan senyawa-senyawa fenol adalah beberapa kelompok yang termasuk dalam ekstraktif. Kebanyakan ekstraktif ini dapat dihilangkan pada proses pembuatan *pulp* secara *kraft*. Pada proses *kraft* digunakan NaOH dan Na₂S sebagai pemasak dengan temperatur 165-170° C. Tujuan pemasakan secara *kraft* adalah pemisahan serat dari serpih kayu secara kimia dan melarutkan lignin semaksimal mungkin yang terdapat pada dinding serat. Jika hanya sedikit ekstraktif yang dapat diekstraksi, maka hal ini akan dapat menyebabkan masalah *pitch* dalam pembuatan *pulp* dan kertas. *Pitch* ini dapat menyebabkan endapan yang dapat lengket pada peralatan, seperti pada penyaring dan lembaran pembuatan kertas.

Prinsip dasar pembuatan *pulp* adalah mengambil sebanyak-banyaknya serat selulosa (*fiber*) yang ada dalam kayu dan menghilangkan kandungan lignin dan ekstraktif. Distribusi komponen kimia tersebut dalam dinding sel kayu merata dan kadar selulosa, hemiselulosanya banyak terdapat dalam dinding primer dan lamella tengah. Zat ekstraktif terdapat di luar dinding sel kayu. Komponen unsur-unsur kimia dalam kayu adalah :

- a. Karbohidrat 50%
- b. Hidrogen 6%

- c. Nitrogen 0,04 – 0,1%
- d. Abu 0,2 – 0,5%
- e. Sisanya oksigen

Selain komponen–komponen diatas kayu juga mengandung zat – zat mineral, diantaranya ; Ca, Mg, Si, Fe dan K (Dumanauw, 2001).

Pada umumnya kayu lunak menghasilkan *pulp* yang lebih kuat dari pada kayu keras. Ini disebabkan serat kayu lebih panjang dan lebih fleksibel dibandingkan dengan serat kayu yang lebih keras. Pada kondisi reaksi kayu yang sama, kayu lunak biasanya memberi *yield* yang lebih rendah dibandingkan kayu keras. Ini dikarenakan hemiselulosa kayu lunak lebih susah larut dibandingkan dengan kayu keras. Kertas dari kayu keras memiliki kualitas cetak yang lebih baik, membentuk permukaan kertas halus karena seratnya kecil. Adapun persyaratan sifat kayu untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan pulp dijelaskan pada tabel 5.

Tabel 5. Persyaratan Sifat Kayu untuk Bahan Baku Pulp

Sifat Kayu	Kualitas Pulp		
	Baik	Cukup	Kurang
Warna Kayu	Putih-kuning	Coklat-hitam	Hitam
Massa Jenis	< 0,501	0,501-0,600	> 0,600
Panjang Serat (mm)	>1,600	0,900-1,600	< 0,900
Hemiselulosa (%)	> 65	60-65	< 60
Lignin (%)	< 25	25-30	> 30
Zat Ekstraktif (%)	<5	5-7	> 7

Sumber : FAO (1980) dalam Syafei dan Siregar (2006)

2.4 Asam Asetat

Larutan pemasak yang digunakan dalam proses Acetosolve dalam penelitian ini yaitu Asam asetat, asam etanoat atau asam cuka adalah senyawa kimia asam organik yang dikenal sebagai pemberi rasa asam dan aroma dalam makanan. Asam cuka memiliki rumus empiris $C_2H_4O_2$. Rumus ini seringkali ditulis

dalam bentuk $\text{CH}_3\text{-COOH}$, CH_3COOH , atau $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$. Asam asetat murni (disebut asam asetat glasial) adalah cairan higroskopis tak berwarna, dan memiliki titik beku 16.7°C .

Asam asetat merupakan salah satu asam karboksilat paling sederhana, setelah asam format. Larutan asam asetat dalam air merupakan sebuah asam lemah, artinya hanya terdisosiasi sebagian menjadi ion H^+ dan CH_3COO^- . Asam asetat merupakan pereaksi kimia dan bahan baku industri yang penting. Asam asetat digunakan dalam produksi polimer seperti polietilena tereftalat, selulosa asetat, dan polivinil asetat, maupun berbagai macam serat dan kain. Dalam industri makanan, asam asetat digunakan sebagai pengatur keasaman. Di rumah tangga, asam asetat encer juga sering digunakan sebagai pelunak air. Dalam setahun, kebutuhan dunia akan asam asetat mencapai 6,5 juta ton per tahun. 1.5 juta ton per tahun diperoleh dari hasil daur ulang, sisanya diperoleh dari industri petrokimia maupun dari sumber hayati.

2.5 Klasifikasi Kelas Kualitas Serat Kayu untuk Bahan Baku *Pulp*

Kualitas Keterangan

- Kelas I : Serat panjang sampai panjang sekali, dinding sel tipis sekali dan lumen lebar. Serat akan mudah digiling. Diduga akan menghasilkan lembaran dengan kekuatan sobek, retak, dan tarik yang tinggi.
- Kelas II : Serat kayu sedang sampai panjang, mempunyai dinding sel tipis dan lumen agak lebar. Serat akan mudah menggepeng waktu digiling dan ikatan seratnya baik. Serat jenis ini diduga akan menghasilkan lembaran dengan kekuatan sobek, retak dan tarik cukup tinggi.
- Kelas III : Serat kayu berukuran pendek sampai sedang, dinding sel dan lumen sedang. Dalam lembaran *pulp* kertas, serat agak menggepeng dan ikatan antar seratnya masih baik. Diduga akan menghasilkan lembaran dengan kekuatan sobek, retak dan tarik sedang.
- Kelas IV : Serat kayu pendek, dinding sel tebal dan lumen serat sempit. Serat akan sulit menggepeng waktu digiling. Jenis ini diduga akan

menghasilkan lembaran dengan kekuatan sobek, retak dan tarik yang rendah.

Suatu bahan baku *pulp* dapat dikatakan menjadi *pulp* yang baik apabila memenuhi mutu standar yang ditetapkan.

2.6 Analisis Kualitas *Pulp*

2.6.1 Selulosa

Selulosa merupakan bagian utama susunan jaringan tanaman berkayu, bahan tersebut terdapat juga pada tumbuhan perdu seperti paku, lumut, ganggang dan jamur. Penggunaan terbesar selulosa yang berupa serat kayu dalam industri kertas dan produk turunan kertas lainnya. Selulosa merupakan komponen penting dari kayu yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan kertas. Selulosa, oleh Casey (1960) dalam Kurniawan dkk (2013), didefinisikan sebagai karbohidrat yang dalam porsi besar mengandung lapisan dinding sebagian besar sel tumbuhan.

Dalam Kurniawan dkk (2013), Winarno (1997) menyebutkan bahwa selulosa merupakan serat-serat panjang yang bersama hemiselulosa, pektin, dan protein membentuk struktur jaringan yang memperkuat dinding sel tanaman. Macdonald dan Franklin (1969) menyebutkan bahwa selulosa adalah senyawa organik yang terdapat paling banyak di dunia dan merupakan bagian dari kayu dan tumbuhan tingkat tinggi lainnya. Fengel dan Wegener 1995) menyatakan bahwa selulosa terdapat pada semua tanaman dari pohon bertingkat tinggi hingga organisme primitif seperti rumput laut, flagelata, dan bakteri.

2.6.2 Lignin

Lignin adalah zat yang bersama-sama dengan selulosa yang adalah salah satu sel yang terdapat dalam kayu. Lignin berguna didalam kayu seperti lem atau semenyang mengikat sel-sel satu kesatuan, sehingga bias menambah kekuatan kayu.

Lignin memiliki unsure kimiawi yang bercabang-cabang dan berbentuk polimer tiga dimensi. Molekul dasar lignin adalah fenil propan. Molekul lignin

memiliki derajat polimerisasi tinggi. Oleh karena strukturnya yang tiga dimensi maka lignin bias berfungsi sebagai lem atau semen bagi kayu yang dapat mengikat serat.

Bagian tengah sel kayu sebagian besar terdiri dari lignin, berikatan dengan sel-sel lain dan menambah kekuatan struktur kayu. Pada dinding sel lignin bersama-sama dengan hemiselulosa membentuk matriks (semen) yang mengikat serat-serat halus selulosa. Lignin didalam kayu memiliki presentase yang berbeda sesuai jenis kayu.