

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Baku

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 *et al* (2013), secara umum bahan baku untuk pembuatan *pulp* dipisahkan atas dua kelompok :

2.1.1 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.

Tabel 1. 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

2.1.2 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.

2.2 Kayu Sengon (*Albazia falcataria*)

Kayu sengon (*Albazia falcataria*) merupakan salah satu jenis kayu khas dari daerah tropis. Pohon peneduh dan penghasil kayu ini tersebar secara alami di India, Asia Tenggara, Cina Selatan dan Indonesia, khususnya Jawa, Bali dan Nusa Tenggara dan dibawa masuk serta dibudidayakan di Sumatera dan Kalimantan. Tanaman ini biasa dibudidayakan baik secara individu maupun kelompok karena merupakan salah satu jenis kayu tropis yang memiliki nilai komersial yang sangat baik dalam pasar komoditas. Budidaya tanaman sengon dianggap sebagai investasi yang menjanjikan sebab tanaman ini memiliki masa panen yang cepat (*fast growing species*) karena sudah bisa dipanen pada usia pohon 4-6 tahun, bukan tanaman lindung, budidaya lebih mudah, mudah dirawat, dapat ditanam di berbagai kondisi tanah, kayunya cenderung lebih lurus dan kontur warna yang putih, produktivitas tinggi, selain itu banyaknya permintaan

pasokan kayu dari industri triplek atau kayu lapis, namun dapat menjadi alternatif sebagai bahan baku *pulp*, serta kayu sengon pun tidak sulit untuk dijual.

Kayu sengon adalah jenis kayu lunak, kayu ini jika dipegang terasa empuk hampir menyerupai randu atau kayu kapuk. Sengon tergolong dalam famili *Mimosaceae*, yaitu keluarga petai-petaian. Menurut Tjitrosoepomo (2000), klasifikasi ilmiah tanaman sengon adalah sebagai berikut :

Divisi	: Spermatophyta	Sub Divisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae	Bangsa	: Fabales
Famili	: Fabaceae	Ordo	: Rosales
Sub Famili	: Mimosoidae	Genus	: Albizia
Jenis	: <i>Paraserianthes falcataria</i>		
Sinonim	: <i>Albizia moluccana</i> Miq. <i>Albizia falcata</i> Backer ; <i>Albizia Falcataria</i> (L.) Fosberg.		



Sumber: Kebun Usaha Budidaya Sengon, 2013 Sumber : dok_pribadi

Gambar 1. Pohon Sengon (*Albizia falcataria*)

2.2.1 Karakteristik Fisik Kayu Sengon (*Albizia falcataria*)

a. Kayu

Tinggi pohon bisa mencapai 18 m dengan diameter 10-15 cm pada umur 3 tahun, diameter >25cm pada umur 5 tahun dan bahkan dapat mencapai 30 m dengan diameter 70-80cm pada umur 9-10 tahun. Bentuk bulat dan tidak berbanir, tidak beralur, tidak mengelupas, mudah digergaji, memiliki permukaan sedikit agak licin dan mengkilap. Kebanyakan kayu sengon bertekstur kasar. Kayu sengon ini bebas dari hama rayap karena

adanya zat ekstraktif yaitu mengandung saponin yang bersifat beracun. Kayu tergolong kayu ringan namun kuat dengan densitas 320/640 kg/m³ pada kadar air 15% dan panjang serat 1,242 μ , termasuk kelas keras III-IV serta kelas awet IV-V.

b. Warna

Teras kayu atau bagian tengah kayu berwarna agak putih dan ada juga sebagian dari kayu sengon yang teras kayunya berwarna coklat muda pucat. Bagian gubal atau tepi kayu juga memiliki warna yang sama dengan warna bagian tengah yaitu berwarna putih. Jadi batas-batas antara gubal dan teras kayu sulit dibedakan atau tidak terlihat seperti jenis kayu tropis lainnya misal kayu jati.

c. Bau atau aroma

Dalam kondisi baru ditebang atau kondisi basah, kayu sengon memiliki bau mirip dengan petai. Tetapi bau tersebut akan hilang dengan sendirinya ketika kayu dalam kondisi kering

d. Daun

Daun sengon tersusun majemuk menyirip ganda panjang dapat mencapai 40 cm, terdiri dari 8-15 pasang anak tangkai daun yang berisi 15-25 helai dan, dengan anak daun kecil dan mudah rontok. Warna daun hijau pupus berfungsi untuk memasak makanan dan penyerap nitrogen dan karbon dioksida. Daun sengon mengandung protein tinggi yang baik digunakan sebagai pakan ternak, seperti sapi, kerbau dan kambing (Nasution, 2008:1).



Sumber : Mangyono, 2013

Gambar 2. Daun Kayu Sengon

e. Akar

Sengon memiliki akar tunggang yang cukup kuat menembus kedalam tanah, akar rambutnya tidak terlalu besar, tidak rimbun dan tidak menonjol ke permukaan tanah. Selain itu, akar sengon banyak mengandung nodul akar sebagai hasil simbiosis dengan bakteri *Rhizobium*. Hal ini menyebabkan membantu prioritas tanah dan penyediaan unsure nitrogen dalam tanah, sehingga membuat tanah disekitar pohon sengon menjadi subur.

f. Bunga

Bunga sengon tersusun dalam bentuk malai berukuran sekitar 0,5-1 cm, berwarna putih kekuning-kuningan dan sedikit berbulu

g. Buah

Buah sengon berbentuk polong, pipih, tipis, tidak bersekat-sekat, dan panjangnya 6-12 cm. Setiap polong buah berisi 15-30 biji berbentuk mirip perisai kecil, sewaktu muda berwarna hijau dan jika sudah tua berwarna kuning hingga coklat kehitaman, agak keras dan berlilin.

h. Habitat

Tanaman sengon dapat tumbuh baik pada tanah rengosol, alluvial, dan latosol yang bertekstur lempung berpasir atau lempung berdebu dengan keasamaan tanah sekitar pH 6-7. Ketinggian tempat yang optimal untuk tanaman sengon antara 0-1000 m dpl. Walaupun demikian tanaman sengon ini masih dapat tumbuh sampai ketinggian 1500 m di atas permukaan laut, Sengon termasuk jenis tanaman tropis, sehingga untuk tumbuh memerlukan suhu sekitar 18-27°C. Tanaman sengon membutuhkan batas curah hujan minimum yang sesuai, yaitu 15 hari hujan dalam 4 bulan terkering, namun juga tidak terlalu basah dan memiliki curah hujan tahunan yang berkisar antara 2000-4000 mm. Tanaman sengon membutuhkan kelembaban sekitar 50-70%. Oleh karena itu, tanaman sengon ini sangat baik dibudidayakan di Indonesia.

Tabel 2. Perbedaan Karakteristik Fisik Kayu Sengon dan *Acacia Mangium*

Karakteristik Fisik	Acacia Mangium	Sengon
a. Umur panen	≥ 4 tahun	≥ 4 tahun
b. Diameter pohon pada umur panen	±20 cm	20-25 cm
c. Tinggi pohon	Bisa mencapai 30 m, diameter 1 m pada umur 7 tahun	Bisa mencapai 40 m, diameter 80 cm pada umur 8 tahun
d. Warna	Coklat muda hingga coklat tua kehijauan	Putih hingga coklat muda pucat
e. Kelas keras kayu	II-III	III-IV
f. Kelas awet	III	IV
g. Tempat tumbuh	Ketinggian 30-300 m dpl dengan curah hujan 1000-4500 mm per tahun	Ketinggian 0-1000 m dpl dengan curah hujan 2000-4000 mm per tahun

Sumber : Iwan Risnasari, 2008

2.2.2 Karakteristik Kimia Kayu Sengon (*Albizia falcataria*)

Di Indonesia sejak dicanangkan pembangunan HTI pada tahun 1984, kayu *Acacia mangium* telah dipilih sebagai salah satu jenis favorit untuk ditanam di areal HTI untuk memenuhi kebutuhan kayu serat terutama untuk bahan baku industri *pulp* dan kertas. Maka pada Tabel 3 dijelaskan perbedaan komposisi kimia kayu Sengon dan *Acacia mangium* sebagai bahan pembanding untuk dijadikan bahan baku alternatif pembuatan *pulp*.

Tabel 3. Perbandingan Komponen Kimia Kayu Sengon (*Albizia falcataria*) dan *Acacia mangium*

Komponen	Kadar (%)		
	Kayu Sengon	<i>Acacia mangium</i>	
	Hutan Alam	Hutan Alam	Hutan Tanaman
Selulosa	46,0	46,39	43,85
Lignin	25,7	24,00	24,89
Pentosan	16,4	16,83	17,87
Abu	0,86	0,99	0,25
Kelarutan :			
- Alkana benzene	5,3	5,67	5,00
- Air panas	9,7	7,64	7,28
- NaOH 1%	14,19	24,59	20,17

Sumber : Anonim (2000), Pasaribu & Roliadi (1990)

Tabel 4. Standar Kualitas *Pulp*

Kualitas Pulp	Standar	Range Standar Pulp Tanpa Bleaching (Acacia Mangium) PT.TelPP
Kappa Number	T 236 om-99	12- 18
Brightness (% ISO)	T 452 om-02	20 – 40
Viskositas (mPa.s)	T 230 om-99	≥ 18
Dirt in Pulp (%)	T 213 om-01	2.4 – 10

Sumber : *Technical Association Pulp and Paper Industry (TAPPI)* dan *Company Profile PT. Tanjungenim Lestari Pulp and Paper*

2.3 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 :

2.3.1 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 *et al* (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.

2.3.1 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 serat 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.

Tabel 5. 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)

2.3.1 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, terpenin, 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 (J.F.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.

Tabel 6. Persyaratan Sifat Kayu untuk Bahan Baku *Pulp*

Sifat Kayu	Kualitas <i>Pulp</i>		
	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 Proses Pembuatan *Pulp*

Pulp adalah hasil pemisahan serat dari tanaman berserat yang melalui bermacam-macam proses pembuatannya. 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.

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.

2.4.1 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.

2.4.2 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.

2.4.3 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.

2.4.4 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 dipekatkan 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.

2.4.1 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.

Tabel 7. 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

2.5 Pemasakan Proses *Kraft*

Pemilihan proses pemasakan ini tergantung pada hasil *pulp* yang diinginkan. Pada proses ini digunakan proses *kraft*, yang 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 :

- Dapat digunakan untuk berbagai jenis kayu
- Dapat meningkatkan kekuatan *pulp*
- Waktu pemasakan cukup pendek
- 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

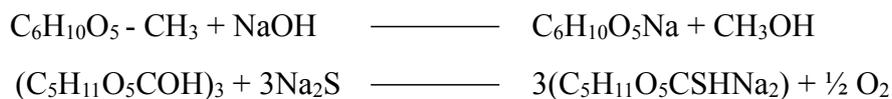
mereka yang berat jika dibandingkan dengan ion-ion hidroksil dan hidrogen sulfida, juga akan menghasilkan kenaikan hidrofilitas lignin karena pelepasan gugus-gugus hidroksi fenol. Lignin yang terdegradasi larut dalam lindi pemasakan sebagai natrium fenolat.

Tujuan perlakuan kimia dalam proses pemasakan *pulp* adalah untuk memperoleh serat-serat selulosa sebanyak mungkin dengan cara melarutkan atau menghilangkan semaksimal mungkin komponen lignin yang mengikat serat. Menurut Bahar (1983) dalam Lubis (2007), pada proses soda terjadi delignifikasi yang tidak sempurna karena ada bagian lignin yang tidak dapat dipecahkan, akibatnya sifat fisik kurang baik dan rendemen yang dihasilkan rendah. Sedangkan pada proses *kraft*, proses delignifikasi sempurna karena terdapat sulfida yang akan melarutkan lignin dan *pulp* yang dihasilkan berkualitas baik.

Faktor terpenting dalam proses alkali adalah konsentrasi larutan pemasak. Peningkatan konsentrasi menyebabkan peningkatan laju delignifikasi dan mengakibatkan efek peningkatan larutan selulosa. Konsentrasi alkali aktif terhadap berat kayu yang sering dipakai sebesar 15-18%. Peningkatan konsentrasi alkali aktif yang terlalu tinggi menyebabkan kerusakan selulosa lebih besar dibandingkan lignin sehingga menurunkan rendemen dan kekuatan *pulp* serta kebutuhan pemutihan akan meningkat

Menurut Agneta Mimms (1993) dalam Kurniawan *et al* (2013), pada proses *kraft* bahan kimia aktif yang digunakan terdiri dari sodium hidroksida (NaOH) dan sodium sulfide (Na₂S) sebagai bahan kimia pemasak. Proses *Kraft* disebut juga proses sulfat karena pemakaian Na₂SO₄ sebagai *make up* pada proses perolehan kembali bahan kimia pemasak (*chemical recovery*) yang menggantikan Na₂CO₃ pada proses soda. Perubahan bahan kimia ini dinyatakan sebagai berat dari bahan kimia dan berat dari kayu, itulah rasio perkiraan dari lindi terhadap kayu. Konsentrasi bahan kimia dan bahan kimia sisa terdapat kunci dari variable lindi.

Reaksi yang terjadi adalah :

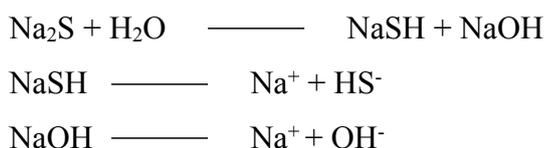


Komponen aktif di dalam lindi pemasakan adalah ion hidroksil dan ion hidrosulfida, hasil tersebut murni berasal dari NaOH dan Na₂S, reaksinya seperti dibawah ini :



Pada proses ini bahan-bahan kimia dan cairan pemasak sebagai penetrasi ke dinding-dinding serat dan melarutkan lignin adalah ion OH⁻ dan HS⁻.

Reaksi yang terjadi pada proses pemasakan adalah :



Secara sederhana dapat digambarkan sebagai berikut :

Chip + cairan pemasak \longrightarrow *Pulp* (Selulosa) + senyawa alkohol + senyawa asam + merkaptan + ekstraktif

Penambahan NaOH berfungsi untuk mendegradasi dan melarutkan lignin sehingga mudah dipisahkan dari selulosa dan hemiselulosa. Sedangkan Na₂S selain berfungsi untuk mempercepat delignifikasi juga melindungi karbohidrat dari degradasi sehingga dihasilkan rendemen yang tinggi dari kekuatan fisik yang baik (Mac Donald, 1969 dalam Gunawan *et al*, 2012).

Ion sulfide murni berasal dari Na₂S yang bereaksi dengan suatu molekul air, hasilnya adalah suatu ion hidrosulfida dan satu ion hidroksil. Konsentrasi dan total *charge* dari ion SH⁻ dan OH⁻ adalah kunci elemen di dalam semua reaksi yang berlangsung selama proses *pulping*, baik itu pemutusan lignin dan juga reaksi yang tidak diharapkan seperti degradasi selulosa. Total OH⁻ yang ada yang berasal dari kaustik murni dan bagian dari sulfide murni yang disebut efektif alkali (Agneta Mimms, 1993 dalam Kurniawan *et al*, 2013).

Permasalahan yang timbul pada proses *kraft* adalah bau tidak sedap yang

ditimbulkan dari senyawa sulfur yang terbentuk pada proses pemasakan juga sistem *chemical recovery* sehingga perlu penanganan gas yang lebih baik sebelum dilepas ke udara. Selain waktu pemasakannya yang singkat, *pulp* yang dihasilkan pada proses ini mempunyai berbagai kelebihan dibandingkan proses kimia lainnya yaitu masalah *pitch* yang dapat ditekan, kekuatan *pulp* yang tinggi, proses pemulihan kembali bahan kimia bisa ditentukan dengan baik dan pemanfaatan hasil samping berupa *tall oil*. Rendemen yang dihasilkan proses kraft antara 45%-55%.

Seperti yang diuraikan oleh Johan Gullichsen dan Carl-Johan Fogelholm (1999) dalam Kurniawan *et al* (2013), reaksi penghilangan lignin saat pemasakan *pulp* dapat dikelompokkan atas tiga tahap, yaitu :

1. *Initial delignifikasi*, yaitu reaksi awal lignin dengan bahan kimia terutama pada fase impregnasi (masuknya bahan kimia ke dalam *chip*), terjadi pada temperature dibawah 140°C dan menghasilkan lignin terlarut 20-25%
2. *Bulk delignifikasi*, yaitu reaksi utama lignin dengan bahan kimia dimana kecepatan reaksi delignifikasi akan meningkat dengan kenaikan temperature (diatas 140°C), menghasilkan lignin terlarut 70-80%
3. *Residual delignifikasi*, yaitu reaksi sisa lignin dengan bahan kimia. Reaksi ini berlangsung lambat dan pada tahap ini lignin sudah terlarut 90-95%

Dalam proses pembuatan *pulp* putih, kadar lignin yang tinggi dapat menyebabkan tingginya pemakaian bahan kimia pemutih. Selain itu kandungan lignin yang tinggi dapat menyebabkan kekuatan fisik menjadi rendah.

2.5.1 Lindi Putih (*White Liquor*)

Cairan pemasak (*white liquor*) dihasilkan dari proses *recausticizing* yang merupakan suatu proses daur ulang (*recovery*) cairan bekas pemasak kayu (*green liquor*) menjadi cairan yang dapat digunakan kembali dengan adanya penambahan kapur. *Green liquor* dihasilkan dari *black liquor* yang terkonsentrasi dibakar dalam *chemical recovery boiler* kemudian akan dihasilkan produk berupa *smelt*

yang berbentuk *liquor* sehingga terjadi peningkatan kadar Na_2CO_3 dan Na_2S serta penurunan kadar NaOH .

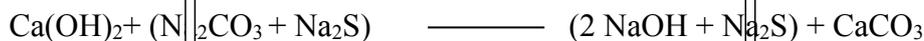
Di dalam *lime kiln* terjadi reaksi :



Dengan penambahan steam reaksi yang terjadi dalam slaker :



Reaksi diatas disempurnakan dalam ketiga *causticizer*, dengan reaksi :



Reaksi diatas disempurnakan dalam ketiga *causticizer*, dengan reaksi :
 mengandung senyawa Na_2S dan dilakukan pemisahan antara larutan NaOH dan padatan CaCO_3 sehingga terjadi peningkatan kadar NaOH .

3.6 Variabel yang Mempengaruhi Proses Pembuatan *Pulp*

Adapun variabel proses yang mempengaruhi dalam proses pemasakan kraft adalah sebagai berikut :

a. Alkali *Charge*

Variabel penting dari alkali yang digunakan adalah alkali aktif dan efektif alkali. Alkali aktif adalah jumlah penggunaan kandungan NaOH dan Na_2S yang terdapat dalam larutan bahan kimia pemasak dan dinyatakan sebagai Na_2O (TAPPI). Alkali efektif : $\text{NaOH} + \frac{1}{2}\text{Na}_2\text{S}$, dinyatakan sebagai Na_2O (TAPPI). Normalnya range dari efektif alkali yaitu 10%-16% sebagai Na_2O terhadap kayu kering.

Nimz dalam Sukaton (2004) menyatakan bahwa peningkatan alkali aktif akan mengakibatkan terjadinya pemutusan rantai lignin dari rantai phenil propan dan ikatan antar karbon (C-C), akibatnya kayu akan menjadi lunak dan mudah dipisahkan seratnya. Fungsi utama dari campuran NaOH dan Na_2S pada pemasakan adalah untuk melarutkan lignin secara selektif dan membuatnya lebih larut dalam cairan pemasak sehingga diharapkan tidak terjadi kerusakan selulosanya (Anonim, 2000). Namun, dalam proses pemasakan diperlukan modifikasi konsentrasi alkali aktif karena apabila konsentrasinya terlalu tinggi akan terjadi pelarutan lignin yang sangat cepat bahkan bisa merusak selulosanya.

Biasanya kayu lunak membutuhkan jumlah dan konsentrasi alkali yang lebih tinggi dari pada kayu keras untuk mencapai derajat delignifikasi yang sebanding. Suatu alkali *charge* yang lebih tinggi akan meningkatkan tingkatan delignifikasi, oleh karena itu dengan meningkatkan efektif alkali, suatu pemasakan bisa dilakukan pada faktor H yang lebih rendah dan masih menghasilkan *kappa number* yang sama (Agneta Mimms, 1993 dalam Kurniawan *et al*, 2013).

b. Sulfiditas

Sulfiditas adalah persentase jumlah Na_2S terhadap jumlah alkali aktif dalam cairan pemasak Na_2O . Penambahan sulfur kedalam larutan pemasak dapat memperbaiki sifat *pulp* hasil pemasakan karena ion-ion SH^- yang berasal dari Na_2S bereaksi dengan lignin dan dapat melindungi karbohidrat dari degradasi oleh ion OH^- sehingga karbohidrat dapat dipertahankan (Michael Kocurek, 1989 dalam Kurniawan *et al*, 2013).

c. Faktor H

Swart dan Mac Donald dalam Gunawan *et al* (2012) menyatakan bahwa faktor jenis dan kualitas kayu, waktu pemasakan, suhu pemasakanm sulfiditas, perbandingan larutan pemasak terhadap kayu akan mempengaruhi kualitas *pulp*. Keragaman berat jenis kayu menyebabkan perbedaan kualitas *pulp* yang dihasilkan. Sebagai contoh, kayu yang berat jenisnya tinggi umumnya memerlukan waktu pemasakan yang lebih lama dari pada kayu yang berat jenisnya lebih rendah.

Faktor H merupakan suatu variabel yang menyatakan fungsi suhu dan waktu pemasakan. Faktor H digunakan sebagai penyesuaian waktu pada berbagai suhu pemasakan dan juga untuk memperkirakan kondisi pemasakan bila terjadi penyimpangan dari standar operasi. Bray dalam Silitonga dan Pasaribu (1974) mengemukakan bahwa waktu penetrasi dalam proses sulfat adalah 1,5 jam dan waktu pemasakan pada suhu pemasakan maksimum memerlukan waktu 2-2,5 jam. Hal ini sesuai dengan pendapat Casey (1952) dalam Gunawan *et al* (2012) menyatakan bahwa jumlah waktu pemasakan tersebut yaitu 3,5-4 jam. Waktu

pemasakan yang terlalu lama dari waktu pemasakan optimum akan menyebabkan terjadinya degradasi selulosa yang semakin besar dan waktu pemasakan untuk kayu daun jarum adalah 3 jam.

Proses delignifikasi terjadi melalui 3 tahap, yaitu pada pemasakan standar, tahap awal delignifikasi (*initial delignification*) terjadi sebelum suhu mencapai 140°C dan sekitar 5% lignin larut dalam total lignin. Pada tahap delignifikasi curah (*bulk delignification*) yang terjadi pada suhu diatas 140°C dan sekitar 89% lignin terlarut dalam total lignin. Pada tahap akhir delignifikasi (*residual delignification*) hanya 1% lignin yang larut dalam total lignin (Guimaraes, 2003 dalam Kurniawan *et al*, 2013).

d. Rasio

Merupakan perbandingan antara berat total cairan pemasak terhadap berat bahan baku kering. Rasio penting untuk penyebaran *white liquor* yang merata ke seluruh *digester* untuk efek pencampuran terhadap *chip* dan untuk sirkulasi *white liquor*. Total lindi yang ditambahkan lebih banyak yang diberikan terhadap jumlah *chip*, perbandingan (rasio) antara lindi terhadap kayu. Normalnya *range* dari rasio antara tiga hingga lima.

3.7. 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.

3.7. Analisis Kualitas *Pulp*

2.8.1 Kappa Number

Kappa number merupakan pengujian kimia yang diperlakukan terhadap *pulp* untuk menentukan tingkat delignifikasi, kekuatan relatif dari *pulp* dan kesanggupan untuk diputihkan. Kappa Number didefinisikan sebagai jumlah konsumsi permanganat dalam sampel *pulp* yang mengandung lignin yang belum bereaksi. Setelah beberapa waktu, permanganat bereaksi dengan *pulp* yang ditentukan dengan metode titrasi. Kappa number kemudian ditentukan dengan jumlah 0,1 N larutan KMnO_4 yang dikonsumsi oleh 1 gr *pulp* dalam waktu 10 menit dengan suhu 25°C . Kappa number ini sangat berguna untuk menentukan kadar lignin dalam *pulp*. Larutan kimia yang digunakan, diantaranya KMnO_4 berfungsi untuk mengoksidasi lignin dalam *pulp*, Kalium Iodida (KI) berfungsi sebagai reduktor, H_2SO_4 berfungsi membuat suasana asam, karena proses oksidasi-reduksi berjalan optimum dalam suasana asam, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ berfungsi sebagai larutan pentiter (larutan standar) dan indikator starch 1% berfungsi sebagai indikasi berakhirnya proses titrasi.

Pengukuran lignin (Kappa Number) *pulp slurry* pada proses *pulp making* merupakan kunci sukses dalam mengoptimalkan proses pembuatan *pulp*. Informasi kappa number ini sangat berguna untuk mengontrol parameter selama proses pemasakan berlangsung seperti H-Faktor, *Liquor to wood Ratio*, jumlah konsumsi WL, kadar air kayu, efisiensi pencucian, temperatur dan lain-lain. Di

skala industri, telah dipasang sensor kappa *number* untuk melihat nilai kappa *number*. Sebenarnya kappa *number on-line* mengukur sampel dengan menggunakan teknik optik berdasarkan absorpsi sinar UV. Kemampuan lainnya adalah mengukur parameter lain seperti konsistensi, temperatur dan pH yang dikenali oleh alat dan akan menyalakan alarm jika hasil yang diinginkan menyimpang dari standar.

Kunci untuk memonitor dan kontrol pemasakan dengan menggunakan kappa *number* sangat penting untuk mengontrol proses delignifikasi, juga sangat berguna untuk mengontrol beberapa parameter untuk *bleaching*. Untuk digester, semakin sering analisa kappa *number* dilakukan dapat meningkatkan variasi kappa *number* hingga level 20 dan menjaga kappa *number* tetap dalam target. Ketelitian dari analisa kappa *number* ini akan membantu operator digester untuk mengontrol jalannya digester, mulai dari *start up*, proses berjalan, penukar material dan sebagainya.

2.8.2 Brightness

Brightness adalah sifat lembaran *pulp* untuk memantulkan cahaya yang diukur pada suatu kondisi yang baku, digunakan sebagai indikasi tingkat keputihan. Keputihan *pulp* diukur dengan kemampuannya memantulkan cahaya monokromatik dan diperbandingkan dengan standar yang telah diketahui yang dinyatakan dalam %ISO atau %GE (Sirait, 2003 dalam Deswenti, 2008). Tingkat kecerahan (*brightness*) *pulp* tergantung pada jenis dan jumlah bahan kimia pemutih yang digunakan pada tahap *bleaching*. Bilangan kappa yang kecil akan diikuti dengan tingkat kecerahan yang meningkat.

Semua *pulp* akan mengalami perubahan *brightness* (kecerahan) seiring dengan lama waktu penyimpanan. *Pulp* biasanya akan berubah menjadi kuning. Laju penurunan *brightness* dengan waktu bervariasi dalam *range* yang cukup luas. Sebagian *pulp* akan stabil biasanya bertahun-tahun kemudian baru akan berubah menjadi kuning, sebagian lagi hanya dalam hitungan bulan akan berubah menjadi kuning dan bahkan yang dalam hitungan hari sudah berubah. Lignin bukan merupakan penyebab utama perubahan warna *pulp* jika hanya mengandung

sedikit lignin. Tapi, bagaimanapun lignin yang terkandung dalam jumlah besar sudah pasti menjadi penyebab utama dalam perubahan warna *pulp*. Oleh karena itu, efektivitas penghilangan lignin pada tahap *bleaching* merupakan faktor yang sangat menentukan dalam proses *brightness*.

Penyebab dari perubahan warna pada *pulp* selama penyimpanan juga dipengaruhi oleh kandungan selulosa, yaitu adanya gugus karbonil dan karboksil. Penghilangan gugus karbonil dan karboksil ini dengan proses oksidasi dan reduksi akan meningkatkan kestabilan warna. Perubahan warna juga disebabkan oleh suhu, kelembaban, hemiselulosa, resin, logam-logam seperti rosin, alum, lem, dan starch.

2.8.3. Viskositas

Viskositas adalah ukuran yang menyatakan kekentalan suatu cairan atau fluida. Kekentalan merupakan sifat cairan yang berhubungan erat dengan hambatan untuk mengalir. Jadi, viskositas dilakukan untuk menentukan kecepatan mengalirnya suatu cairan. Viskositas (kekentalan) cairan akan menimbulkan gesekan antara bagian-bagian lapisan-lapisan cairan yang bergerak satu sama lain.

Dalam fluida ideal (fluida tidak kental) tidak ada kekentalan yang menghambat lapisan-lapisan cairan ketika bergeser satu di atas lainnya. Dalam suatu pipa dengan luas penampang yang sama, setiap lapisan bergerak dengan kecepatan yang sama. Pada fluida kental, antara lapisan-lapisan cairan mengalami gesekan, sehingga kecepatan aliran tidak seluruhnya sama. Pada bagian tengah di sekitar sumbu cairan mengalir lebih cepat karena lebih leluasa. Sebaliknya di sekitar dinding pipa cairan mengalir lebih lambat, bahkan yang melekat pada dinding sama sekali tidak bergerak.

Secara umum, viskositas cairan dapat ditentukan dengan dua metode, yaitu :

a. Viskometer Oswald

Metode ini ditentukan berdasarkan Hukum Poiseuille menggunakan alat Viskometer Oswald. Penetapannya dilakukan dengan jalan mengukur waktu yang diperlukan untuk mengalirnya cairan dalam pipa kapiler dari atas ke bawah.

Sejumlah cairan yang akan diukur viskositasnya dimasukkan ke dalam viskometer yang diletakkan pada termostat. Cairan kemudian diisap dengan pompa ke dalam bola sampai di atas tanda garis atas. Cairan dibiarkan mengalir kebawah dan waktu yang diperlukan dari batas atas ke batas bawah dicatat menggunakan *stopwatch*.

b. Viskositas Bola Jatuh

Viskositas cairan dapat ditentukan dengan metode bola jatuh berdasarkan Hukum Stokes. Penetapannya diperlukan bola kelereng dari logam dan alat gelas silinder berupa tabung. Bola kelereng dengan rapatan d dan jari-jari r dijatuhkan ke dalam tabung berisi cairan yang akan ditentukan viskositasnya. Waktu yang diperlukan bola untuk jatuh melalui cairan dengan tinggi tertentu kemudian dicatat dengan *stopwatch*.

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Viskositas

Setiap fluida mempunyai viskositas yang berbeda-beda yang harganya bergantung pada jenis cairan dan suhu. Cairan mempunyai viskositas lebih besar daripada gas, karena mempunyai gaya gesek untuk mengalir lebih besar. Pada kebanyakan cairan viskositasnya turun dengan naiknya suhu. Sebaliknya viskositas akan naik dengan turunnya suhu.

Viskositas naik dengan bertambahnya tekanan. Sebaliknya viskositas cairan turun dengan berkurangnya tekanan. Untuk larutan viskositasnya bergantung pada konsentrasi atau kepekatan larutan. Umumnya larutan yang konsentrasinya tinggi, viskositasnya juga tinggi. Sebaliknya, larutan yang konsentrasinya rendah viskositasnya juga akan rendah (Yazid, E. 2005 dalam Deswenti, 2008).

3.7. Lindi Hitam (*Black Liquor*)

Lignin merupakan komponen terbesar yang terdapat dalam larutan sisi pemasak *pulp* atau lindi hitam. Lignin yang terkandung dalam lindi hitam *kraft* kayu lunak sekitar 46% dari padatan kering.

Lindi hitam merupakan larutan sisa pemasak yang dihasilkan dari proses pembuatan *pulp* (proses *pulping*). Lindi hitam sangat mencemari lingkungan jika dibuang sehingga dilakukan usaha untuk mengurangi pembuangannya. Senyawa organik dalam lindi hitam biasanya digunakan sebagai bahan bakar dan senyawa anorganiknya diambil kembali. Dengan pertimbangan kandungan Total Solid (TS) yang merupakan zat padat total / residu total setelah sampel dikeringkan pada suhu 105°C.

Menurut Sjostrom (1995) dalam Lubis (2007), lindi hitam merupakan campuran yang sangat kompleks yang mengandung sejumlah besar komponen dengan struktur dan susunan yang berbeda. Bahan organik dalam lindi hitam yang dihasilkan setelah pembuatan *pulp* pada dasarnya terdiri dari lignin dan produk-produk degradasi karbohidrat disamping bagian-bagian kecil ekstraktif dan produk-produk reaksinya. Proses isolasi dan pemisahan komponen yang terdapat dalam larutan sisa pemasak (lindi hitam) dapat dihasilkan berbagai jenis produk antara lain lignosulfonat, gula, asam aldonat, etil alkohol, protein, asam asetat, butanol, dan asam laktat. Namun, lignin merupakan komponen terbesar yang terdapat dalam larutan sisa pemasak, karena itu proses isolasi dan pemisahan lignin lebih memungkinkan.

Tabel 8. Komposisi Lindi Hitam (*Black Liquor*) Proses Kraft Kayu Lunak

Komponen	Kandungan (% Padatan Kering)
Lignin	46
Asam-asam Hidroksi	30
Asam Format	8
Asam Asetat	5
Ekstraktif	7
Senyawa lain	4

Sumber : Sjostrom (1995) dalam Lubis (2007)

Lindi hitam memiliki komponen utama air, senyawa anorganik berasal dari sisa cairan kimia pemasak serpih kayu, dan hasil reaksi yang berlangsung selama proses pemasakan, serta senyawa organik yang berasal dari serpih kayunya.

Kurang lebih setengah dari senyawa organik dari lindi hitam tersebut berupa lignin yang memiliki distribusi berat molekul sekitar 200-500000.

Salah satu komponen kimia penting yang banyak terdapat dalam lindi hitam adalah lignin. Pada industri *pulp* dan kertas, lignin harus dipisahkan dari selulosa untuk memperoleh serat yang lebih putih karena lignin menyebabkan warna kertas menjadi kuning. Di sisi lain, keberadaan lignin di lingkungan dapat menimbulkan pencemaran, walaupun daya larutnya (kelarutan) yang relatif kecil 0,2 ppm. Menurut Damris et al. (1999) dalam Lubis (2007), lindi hitam juga mengandung komponen organik yang tinggi yang dapat mengganggu organisme perairan jika dibuang langsung ke perairan.

Karakteristik dari larutan sisa pemasak *pulp* dari proses soda ataupun dari proses yang lainnya berwarna coklat kehitaman dan berbau tidak enak. Warna coklat kehitaman dari larutan pemasak *pulp* disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang larut ataupun yang tersuspensi dalam larutan setelah proses pemasakan bahan baku. Bahan organik tersebut diantaranya zat ekstraktif dan lignin yang terdegradasi. Adapun bau yang ditimbulkan oleh larutan sisa pemasak *pulp* tersebut disebabkan oleh adanya senyawa belerang bivalen diantaranya metil merkaptan, dimetil sulfide ((CH₃)₂S) dan dimetil disulfide (CH₃-S-S-CH₃) yang merupakan turunan dari hidrogen sulfide.