

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian *Pulp*

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 (wordpress, 2009).

Selulosa dari bahan kayu atau non kayu masih tercampur dengan bahan lainnya seperti lignin dan selulosa. Tujuan dari pembuatan *pulp* adalah mengambil sebanyak-banyaknya serat selulosa (*fiber*) yang ada dalam kayu dan menghilangkan kandungan lignin dan ekstraktif. *Pulp* dibedakan menjadi 2 macam yaitu *pulp* berserat pendek dan *pulp* berserat panjang. *Pulp* berserat pendek umumnya dihasilkan dari jenis rumput-rumputan dan sisa hasil pertanian, sedangkan *pulp* berserat panjang dihasilkan dari tumbuhan kayu.

2.2 Syarat Tanaman Bahan Baku Pembuat *Pulp*

Hampir semua tanaman berserat dapat dibuat menjadi *pulp* tergantung kepada komponen kimia yang terkandung dan sifat fisik serat bahan bakunya.

Tabel 1. 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 dalam Wardany (2002)

Pulp terdiri dari serat selulosa yang berasal dari tumbuh-tumbuhan. Serat mempunyai panjang, lebar dan dinding yang bervariasi, tergantung pada jenis dan posisinya dalam suatu pohon serta lokasi tumbuhnya. Di Indonesia banyak

terdapat berbagai jenis tumbuh-tumbuhan yang bisa dijadikan bahan baku pembuatan *pulp* seperti jabor, sungkai, mangium, karet, dan sengon (Martawijaya et. al. IPB, 2009). Dalam hal ini kandungan selulosa dan lignin dalam suatu tanaman sangat berpengaruh besar terhadap bahan baku *pulp*.

Menurut uraian Smook (1982), secara umum bahan baku untuk pembuatan pulp dipisahkan atas dua kelompok :

2.2.1 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 ciri-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*, *Peronema Canescens* dan lain-lain.

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

Komponen	Golongan Kayu	
	Kayu Daun Lebar (%)	Kayu Daun Jarum (%)
Selulosa	45	42
Lignin	20	28
Pentosan	21-24	8-13
Zat Ekstraktif	5	3
Abu	0,22	0,89

(Sumber : Deswanti, 2008 : 18)

2.2.2 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.

Adapun kadar selulosa dan lignin dari beberapa tanaman bahan baku *pulp* dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Kadar Selulosa dan Lignin dari Beberapa Tumbuhan

No	Tanaman	Selulosa (%)	Lignin (%)
1	Kayu Jabon	52,4	25,4
2	Kayu Sungkai	48,6	24,02
3	Kayu Mangium	43,85	24,89
4	Kayu Karet	39-45	19-24
5	Kayu Sengon	46	27

Sumber: Martawijaya *et. al.* IPB, 2009)

Dilihat dari data diatas, kayu sungkai termasuk salah satu tanaman yang sangat memungkinkan untuk diproduksi menjadi *pulp* dan kertas karena memiliki selulosa yang baik dengan kandungan lignin yang tidak terlalu banyak. Dan dilihat dari penyebaran di Indonesia, kayu sungkai ini mudah ditanam dan banyak ditemukan di Sumatera Selatan, Jawa Barat, Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah sehingga bisa digunakan sebagai bahan baku pembuatan *pulp and paper*.

2.3 Pohon Sungkai (*Peronema Canescens*)

Sungkai adalah jenis pohon yang tumbuh pada daerah tropis. Jenis ini termasuk kedalam suku Verbenaceae dengan berbagai nama daerah seperti Jati

sebrang atau ki sebrang (Sunda), Jati Sumatra (Sumatra Selatan), Sungkai atau kayu lurus (Kalimantan Selatan). Daerah penyebaran adalah Bagian Barat Kepulauan Indonesia yaitu Jawa Barat, Sumatera Selatan, Kalimantan Selatan, Kalimantan Timur dan Kalimantan Tengah (Anonim, 1980).

Taksonomi sungkai yaitu (Welly 2009) :

<i>Kingdom</i>	: <i>Plantae (Tumbuhan)</i>
<i>Divisi</i>	: <i>Magnoliophyta (Berbunga)</i>
<i>Kelas</i>	: <i>Dicotyledoneae (Berkeping dua/dikotil)</i>
<i>Ordo</i>	: <i>Lamiales</i>
<i>Familia</i>	: <i>Verbenaceae</i>
<i>Genus</i>	: <i>Peronema</i>
<i>Spesies</i>	: <i>Peronema Canescens Jack.</i>



Sumber : Hasanzainuddin, 2010

Gambar 1. Pohon Sungkai



Sumber: Udsmart, 2010

Gambar 2. Log Kayu Sungkai

Tanaman sungkai merupakan tanaman kayu-kayuan yang bisa mencapai tinggi 20-30 meter, dengan diameter batang mencapai 60 cm atau lebih. Tinggi batang bebas cabang bisa mencapai 15 meter. Bentuk batang lurus dengan lekuk kecil, tapi kadang-kadang bentuk batangnya tidak baik akibat serangan hama pucuk. Kulit berwarna abu-abu atau sawo muda, beralur dangkal mengelupas kecil-kecil dan tipis. Penampang kulit luar berwarna coklat, kuning atau merah muda. Kayunya berteras dengan warna sawo muda. Rantingnya penuh dengan bulu-bulu halus. Tajuk tanaman berbentuk bulat telur dan pada umumnya kurang rimbun. Daun mejemuk bersirip ganjil, letak berpasangan dan anak-anak daun letaknya berpasangan atau berselang-selang, lancip, melancip pada ujungnya, anak daun dibagian bawahnya tertutup rapat dengan bulu-bulu halus. Bentuk buah kecil-kecil dan letak bunga berpasangan serta berkedudukan malai. Perakaran menyebar dangkal, tidak tahan terhadap kekurangan zat asam lebih dari 10 hari.

Kayu sungkai termasuk kayu kelas awet III dan kelas kuat II – III, serta berat jenis 0,52-0,59. Kayu gubalnya berwarna putih, kayu terasnya mempunyai warna hampir menyerupai bagian gubal, dan kayu ini mempunyai sifat pengeringan yang mudah. Kayu sungkai termasuk jenis kayu keras karena memiliki tingkat kekerasan yang tinggi. Pada umumnya kayu lunak akan menghasilkan *pulp* yang lebih kuat dari pada kayu keras. Hal ini disebabkan karena serat kayu lunak lebih panjang dan lebih fleksibel dibandingkan dengan serat kayu yang lebih keras. Kayu lunak juga biasanya menghasilkan *yield* yang rendah dibandingkan kayu keras dikarenakan hemiselulosa kayu lunak lebih susah larut dibandingkan dengan kayu keras sehingga kertas yang dihasilkan dari kayu keras memiliki kualitas cetak yang lebih baik, membentuk permukaan kertas halus karena seratnya kecil

Dimensi serat kayu sungkai dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Dimensi Serat Kayu Sungkai (*Peronema Canescens* Jack.)

Dimensi	Nilai (μ)
Panjang Serat	1093
Diameter Serat	19
Diameter Lumen	12
Tebal Dinding Serat	3,5

Sumber : Martawijaya *et. al.* IPB, 2009

Komposisi kimia yang terdapat pada kayu sungkai dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Komposisi Kimia Kayu Sungkai

Komponen Kimia	Nilai (%)
Selulosa	48,6
Lignin	25 ,02
Pentosa	16,5
Abu	1,6
Silika	0,4
Kelarutan :	
a. Alkohol - Benzena	4,0
b. Air dingin	1,1
c. Air panas	5,3
d. NaOH	11,3

Sumber : Martawijaya *et. al.* IPB, 2009

Di Indonesia sejak dicanangkan pembangunan HTI pada tahun 1984, kayu *Acacia Mangium* telah dipilih sebagai salah satu jenis favorit untuk ditanam di areal HTI. Pada mulanya jenis ini dikelompokkan ke dalam jenis-jenis kayu HTI untuk memenuhi kebutuhan kayu serat terutama untuk bahan baku industri *pulp* dan kertas.

Maka pada Tabel 6. akan dijelaskan komposisi kimia kayu *Acacia Mangium* sebagai bahan pembanding dengan kandungan kimia kayu sungkai untuk dijadikan bahan baku alternatif pembuatan *pulp*.

Tabel 6. Komposisi Kimia *Acacia Mangium*

Komponen Kimia	Asal Kayu	
	Alam (%)	Tanaman (%)
Selulosa	46,39	43,85
Lignin	24,00	24,89
Silika	0,24	0,99
Pentosan	16,83	17,87
Abu	0,99	0,25
Kelarutan dalam :		
- Air dingin	3,65	5,75
- Air Panas	7,64	7,28
- NaOH 1%	24,59	20,17

Sumber: Pasaribu & Roliadi (1990)

2.4 Proses Pembuatan *Pulp*

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 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).

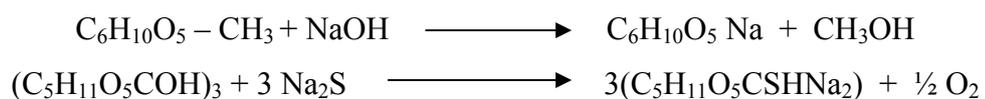
2). Proses sulfit

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.

Reaksi yang terjadi pada saat pemasakan :



Pada reaksi di atas Na berfungsi untuk mengikat lignin sehingga terbentuk *black liquor* dan terjadi pelarutan lignin oleh *white liquor* dari serat kayu tanpa merusak serat kayu tersebut, pemasakan akan dilanjutkan pada tahap pendinginan pada dasar digester yang dilakukan pada suhu 65°C , tahap pendinginan ini bertujuan untuk memperkuat serat kayu setelah proses pemanasan agar tidak larut bersama *black liquor*. Di dalam digester, kedua jenis bahan pemasak kimia tersebut (NaOH dan Na_2S) berubah menjadi ion. Ion hidrogen sulfida (SH^-) dan ion hidroksida adalah ion aktif yang bereaksi dengan komponen-komponen kimia yang terdapat di dalam kayu seperti lignin dan selulosa. Ion SH^- menyerang lignin

membentuk fregulant-lignin, hidrogen sulfida (H_2S), dan *methyl mercaptan* (CH_3SH) yang merupakan sumber bau dalam proses *pulping*. Sedangkan ion hidroksida (OH^-) sebagian menyerang lignin dan sebagian lagi menyerang karbohidrat. Dari proses pemasakan ini akan diperoleh *unbleached pulp* (*pulp* yang belum diputihkan) dan juga pada proses ini akan dihasilkan limbah cair yang berupa bahan kimia pemasak bekas atau lindi hitam (*black liquor*). Larutan lindi hitam merupakan campuran air, lignin, Na_2CO_3 , Na_2SO_4 , dan sisa $Na_2S/NaOH$.

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

- 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 $NaOH$.

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

- Serat *pulp* yang dihasilkan lebih utuh, kuat, dan panjang
- Produk *pulp* lebih stabil pada derajat putih yang sama

- Produk *pulp* dapat digunakan sebagai bahan baku kertas *grade* rendah (*unbleach*) seperti : *bag paper*, *lineboard*, dan *wrapper*. Sedangkan untuk *unbleach pulp* dapat dibuat sebagai kertas *fotocopy*.

2.4.5 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 Soda Dingin

Proses ini pada dasarnya ditandai dengan tahapan penggilingan secara mekanik. Proses semi kimia yang paling penting adalah Proses *Natural Sulfite Semi Chemical* (NSSC), yang telah digunakan secara luas di Amerika Serikat sejak 1926. Dalam 20 tahun terakhir proses NSSC juga telah digunakan di Eropa dan dibanyak negara lain di seluruh dunia (Cronert 1966; Marney 1980). Proses ini memanfaatkan cairan pemasak sodium sulfit dengan penambahan sodium karbonat untuk 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

Sumber : Pasaribu & Roliadi (1990)

2.5 Pemasakan Proses *Kraft*

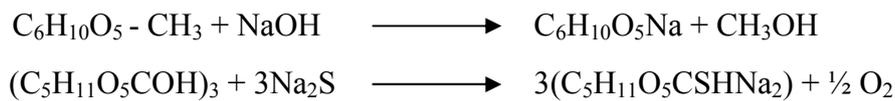
Pada proses ini digunakan proses *kraft*, yang bertujuan untuk memisahkan serat-serat dalam kayu secara kimia dan melarutkan sebanyak mungkin lignin pada dinding serat. Selain itu, pemilihan proses *kraft* mempunyai banyak keuntungan bila dibandingkan dengan proses lain seperti :

- 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

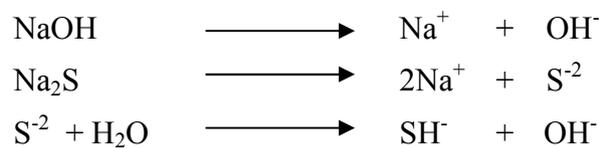
Menurut Agneta Mimms (1993), pada proses *kraft* bahan kimia aktif yang digunakan terdiri dari sodium hidroksida (NaOH) dan sodium sulfide (Na₂S) sebagai bahan kimia pemasak. Proses *kraft* disebut juga proses sulfat karena pemakaian Na₂SO₄ sebagai *make up* pada proses perolehan kembali bahan kimia pemasak (*chemical recovery*) yang menggantikan Na₂CO₃ pada proses soda.

Perubahan bahan kimia ini dinyatakan sebagai berat dari bahan kimia dan berat dari kayu, itu merupakan rasio perkiraan dari lindi terhadap kayu. Konsentrasi bahan kimia dan bahan kimia sisa terdapat kunci dari variable lindi.

Reaksi yang terjadi adalah :

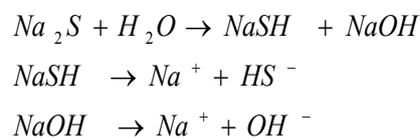


Komponen aktif di dalam lindi pemasakan adalah ion hidroksil dan ion hidrosulfida, hasil tersebut murni berasal dari NaOH dan Na₂S, reaksinya seperti dibawah ini :

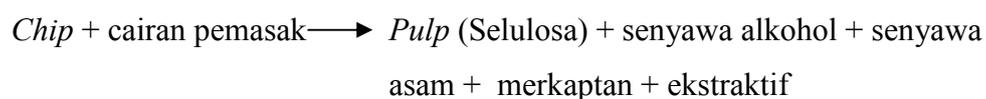


Pada proses ini bahan-bahan kimia dan cairan pemasak sebagai penetrasi ke dinding-dinding serat dan melarutkan lignin adalah ion OH⁻ dan HS⁻.

Reaksi yang terjadi pada proses pemasakan adalah :



Secara sederhana dapat digambarkan sebagai berikut :



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. 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).

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 40%-55% (Fengel & Wegener, 1984).

Seperti yang diuraikan oleh Johan Gullichsen dan Carl-Johan Fogelholm (1999), 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 temperatur 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 temperatur (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 (Johan G and Carl J.F., 1999).

2.4 Beberapa Variabel yang Mempengaruhi Proses Pembuatan *Pulp*

Variable proses yang mempengaruhi pembuatan *pulp* yaitu komposisi pelarut, temperatur pemasakan, waktu pemasakan dan perbandingan cairan pemasak terhadap bahan baku.

a. Konsentrasi pelarut

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

b. Temperatur pemasakan

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

c. Waktu pemasakan

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

d. Perbandingan cairan pemasak terhadap bahan baku

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

2.6 Faktor yang Mempengaruhi Mutu *Pulp*

Dalam proses pembuatan *pulp* secara garis besar ada hal-hal yang harus diperhatikan yang dapat mempengaruhi mutu *pulp* diantaranya adalah :

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. 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. 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*.

2. 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 atau zat kayu adalah salah satu zat komponen penyusun tumbuhan. Komposisi bahan penyusun ini berbeda-beda bergantung jenisnya. Lignin terutama terakumulasi pada batang tumbuhan berbentuk pohon dan semak. Pada batang, lignin berfungsi sebagai bahan pengikat komponen penyusun lainnya, sehingga suatu pohon biasa berdiri tegak (seperti semen pada sebuah batang beton). Berbeda dengan selulosa yang terbentuk dari gugus karbohidrat, struktur kimia lignin sangat kompleks dan tidak berpola sama. Gugus aromatik ditemukan pada lignin, yang saling dihubungkan dengan rantai alifatik, yang terdiri dari 2-3 karbon. Proses pirolisis lignin menghasilkan senyawa kimia aromatis berupa fenol, terutama kresol. Lignin terdapat diantara sel-sel agar tetap bersama. 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.

Dalam hal ini dapat dilihat perbedaan antara selulosa dan lignin pada tabel 8.

Tabel 8. Perbedaan antara Selulosa dan Lignin

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

Sumber: Balai Besar Litbang Industri Selulosa (2002)

3. 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. Hemiselulosa adalah polimer dari senyawa gula yang berbeda seperti :

- a. Hexoses : Glukosa, Mannosa, Galaktosa
- b. Pentose : Xylose dan Arabinosa

Hemiselulosa (bersama selulosa yang terdegradasi) berdasarkan DP dapat dibedakan :

- a. Beta selulosa : DP antara 15 – 90
- b. Gamma selulosa : DP < 15

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.

4. 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, 1990).

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.

a. Klasifikasi Kelas Kualitas Serat Kayu untuk Bahan Baku *Pulp* dan Kertas

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. (Aprysilverfox, 2010)

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

Tabel 9. Standar Sifat-sifat Kimia *Pulp*

Parameter	Parameter Kimia	
	Unit	Standar
<i>Ash</i>	%	0.3
Ekstraktif	%	0.5
AOX	Ppm	100-150

Sumber: company profile PT. Tanjungenim Lestari Pulp and Paper

2.7. Analisa Kualitas *Pulp*

2.7.1 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.

2.7.2 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). 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.

2.7.3. 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).

2.8. 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 (Sjostrom, 1995).

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 105⁰C.

Menurut Sjostrom (1995), 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 aldolat, 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 10. 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)

Menurut Rudatin (1991), 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. Menurut Fengel (1995), 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), 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 (Sjostrom, 1995).