

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pandan Duri (*Pandanus tectorius*)

Pandan duri merupakan segolongan tumbuhan monokotil dari genus *Pandanus*. Sebagian besar anggotanya merupakan tumbuh tersebar di daerah tropika, di tepi-tepi pantai dan sungai-sungai, tetapi tidak terdapat di Amerika. Anggota tumbuhan ini dicirikan dengan daun yang memanjang (seperti daun palem atau rumput), seringkali tepinya bergerigi. Akarnya besar dan memiliki serabut yang menopang tumbuhan ini. Ukuran tumbuhan ini bervariasi, mulai dari 50 cm hingga 5 meter.

Alam Indonesia cukup banyak tersedia keanekaragaman tumbuhan yang dapat digunakan sebagai bahan baku untuk industri kerajinan, antara lain anyaman. Untuk menghasilkan produk anyaman dari bahan tumbuhan diperlukan pengetahuan dan pengalaman dalam mengenal tumbuhan yang memiliki serat yang panjang dan kuat. Salah satu ragam tumbuhan yang memenuhi kedua persyaratan tersebut adalah pandan, yaitu salah satu anggota suku pandan-pandan (*Pandanaceae*), terutama dari marga *Pandanus*.

Jenis-jenis dari marga *Pandanus* merupakan anggota *Pandanaceae* yang paling luas persebarannya dan kisaran habitat yang ditempatinya. Tumbuhan tersebut dapat ditemukan mulai dari pantai berpasir hingga hutan dataran tinggi dengan ketinggian sekitar 3500 m dari permukaan laut dan mulai dari hutan sekunder dan padang rumput dengan corak ragam tanah mulai dari tanah basah subur berhumus, kapur, rawa gambut hingga tanah berpasir yang relatif kering dan miskin zat-zat hara (Stone, 1982). Beberapa jenis pandan yaitu *Pandanus tectorius*, *P. bidur*, *P. furcatus*, daunnya penghasil bahan anyam-anyaman, tikar pandan, tas, atau bahan pembungkus; *P. amaryllifolius* (pandan wangi), sebagai pewangi minyak rambut, pemberi aroma masak-masakan (kue-kue) tertentu; *P. edulis*, buah dapat dimakan.



Gambar 1. Pandan Duri

Sumber : Firka Fentalia,2015

Budidaya pandan samak atau pandan duri tidak memerlukan persyaratan yang khusus. Anakan atau tunas-tunas yang keluar dari batang dan dikenal dengan sebutan “sengket” dapat dijadikan bibit. Bibit ditanam pada lahan yang agak basah dengan kedalaman 20-30 cm dengan jarak tanam 80-100 cm. Penyiangan atau pembersihan gulma tidak diperlukan setelah 1 tahun masa tanam. Pengambilan daun pertama dapat dilakukan setelah tanaman berumur 2 tahun atau setelah keluar daun 19-15 lembar. Pemanenan dapat dilakukan setiap 2 bulan sekali selama lebih dari 20 tahun.

Salah satu jenis pandan yang hidup tersebar luas di daerah-daerah terbuka di dataran rendah adalah pandan duri. Ukuran tinggi batang mencapai 4-14 m dan biasanya tumbuh pada ketinggian 20-600 mdpl dan menghasilkan daun 10-300 lembar per batang per tahun (Thomson dkk, 2006). Pandan ini memiliki banyak cabang, daunnya berwarna hijau dengan panjang 90-150 cm dan lebarnya mencapai 4 cm (Pursegllove 1972). Di daerah jawa, jenis ini dikenal ada empat macam yaitu jenis samak, litoralis, laevis, dan variegates (Widjaja dkk, 1989). Widjaja dkk (1989) menyatakan jenis pandan yang termasuk jenis samak adalah pandan betook, pandan jaksi, pandan jaraim, pandan kapur, pandan duri, pandan

tikar, pandan cucuk, pandan semak dan panjang ijo yang masing-masing terdapat di Pulau Bawean, Tasikmalaya dan Tangerang.

Tabel 1. Klasifikasi Pandan Duri Secara Botanis

Kerajaan	<i>Plantae</i>
Divisi	<i>Magnoliophyta</i>
Kelas	<i>Liliopsida</i>
Ordo	<i>Pandanales</i>
Famili	<i>Pandanaceae</i>
Genus	<i>Pandanus</i>
Spesies	<i>Pandanus tectorius</i>

Sumber : http://id.wikipedia.org/wiki/Pandan_duri/

2.2 Komposisi Kimia Pandan Duri

Analisis terhadap sifat dasar tanaman yaitu komponen kimia sangat penting untuk menentukan potensi tanaman sebagai sumber penghasil serat untuk *pulp* dan kertas Muller (1960) dan Clark (1965) dalam Pahkala (2001). Secara umum, tanaman terdiri dari empat komponen kimia penting, yaitu ekstraktif, lignin, holoselulosa dan alpha selulosa.

Komponen kimia tersebut akan mempengaruhi proses pemasakan dan kualitas *pulp* yang akan dihasilkan. Serat yang berasal dari tanaman non kayu memiliki variasi yang lebih besar terhadap kimia jika dibandingkan dengan serat yang berasal dari kayu (Han, 1998) sama dengan pernyataan tersebut, Panshin dan de Zeeuw (1980) mengemukakan bahwa adanya perbedaan waktu pada saat pembentukan batang menyebabkan variasi pada sifat- sifat dasar yang terdapat pada batang tanaman.

a. Kandungan Air

Menurut Haygeen dan Bowyer (1996) banyaknya air di dalam struktur dinding sel suatu pohon hidup pada dasarnya tetap konstan dari musim ke musim, meskipun banyaknya air dalam rongga sel daun mungkin berubah-ubah. Air di dalam rongga sel pada daun digunakan sebagai bahan untuk fotosintesis. Kandungan air daun pandan duri yang telah mengalami perlakuan berkisar antara 7,88- 9,14% (Sumber: Ina Winarni dan Totok K. Waluyo, 2006).

b. Kandungan Lignin

Lignin adalah suatu polimer yang kompleks dengan berat molekul yang tinggi. Lignin terdapat di antara sel-sel dan di dalam dinding sel. Di antara sel-sel, lignin berfungsi sebagai perekat untuk mengikat sel bersama-sama. Dalam dinding sel, lignin sangat erat hubungannya dengan selulosa dan berfungsi memberikan ketegaran pada sel. Kandungan lignin daun pandan duri berkisar antara 18-22% (Sumber: Ina Winarni dan Totok K. Waluyo, 2006).

c. Kandungan Selulosa

Selulosa adalah bentuk polisakarida sebagai hasil fotosintesis dalam tumbuh-tumbuhan. Struktur selulosa terdiri dari unit-unit anhidro glukosa yang terikat satu sama lain pada atom C ke satu dan atom C ke empat dengan beta konfigurasi (Browning, 1963). Selulosa mempunyai fungsi untuk memberikan kekuatan tarik pada suatu sel, karena adanya ikatan kovalen yang kuat pada cincin piranosa dan antar unit gula penyusun selulosa, semakin tinggi kadar selulosa maka kelenturan juga semakin tinggi. Kandungan selulosa pada daun pandan duri berkisar antara 83-88 % (Sumber: Ina Winarni dan Totok K. Waluyo, 2006).

d. Sifat Fisik dan Ketahanan Sinar Pandan

Selain menganalisis sifat kimia, daun pandan juga diuji sifat fisiknya yaitu gaya tarik dan ketahanan pandan terhadap sinar. Kekuatan merupakan salah satu sifat serat yang sangat penting supaya serat-serat tersebut tahan terhadap tarikan-tarikan pada waktu pengolahan selanjutnya. Kekuatan dalam keadaan basah yang diperlukan lebih rendah dari keadaan kering karena pengerjaan atau pengolahan.

Kekuatan tarik serat adalah beban maksimal yang dapat ditahan oleh suatu contoh uji hingga putus. Kekuatan tarik pandan berkisar antara 2,3–6,0 kg. Sedangkan pandan masyarakat memiliki kekuatan tarik 5 kg. Kekuatan tarik merupakan salah satu sifat serat yang sangat penting supaya serat-serat tersebut tahan terhadap tarikan-tarikan pada waktu pengolahan selanjutnya. Kekuatan dalam keadaan basah yang diperlukan lebih rendah dari keadaan kering karena pengerjaan atau pengolahan selanjutnya dilakukan pada keadaan kering (Sumber: Ina Winarni dan Totok K. Waluyo, 2006).

Tabel 2. Komposisi Kimia Serat Pandan Duri

Komposisi Kimia	Kandungan (%)
Lignin	18-22
Selulosa	83-88
Holoseulosa	37-76
Air	7,88- 9,14

Sumber : Ina Winarni dan Totok K. Waluyo, 2006

2.3 Metode Pembuatan *Pulp*

Pada dasarnya proses pembuatan *pulp* adalah proses pemisahan serat selulosa dari pengotor-pengotor yang terdapat pada bahan baku. Proses tersebut lalu diikuti dengan pengubahan bentuk bagian terbesar menjadi serat kecil yang terpisah. Proses pemasakan *pulp* merupakan proses pengubahan bahan baku menjadi bentuk serat, serta pelepasan ikatan selulosa sebagai bahan yang diinginkan dari bahan pengotor lain lignin, silika, abu dan lain-lain.

Pada proses pemasakan digunakan bahan kimia tertentu yang berlangsung pada tekanan, temperatur dan komposisi lindi dalam sebuah reaktor yang dikenal dengan nama Digester. Sedangkan untuk proses pemurnian terdiri dari proses *bleaching* atau pemutihan dan penambahan zat adiktif sesuai dengan karakteristik *pulp* yang diinginkan.

Prinsip pembuatan *pulp* dari serat tanaman adalah proses ekstraksi selulosa serat. Proses *Pulping* yang optimal untuk serat tanaman non kayu adalah proses alkali menggunakan NaOH. Selulosa bersifat tidak larut dalam alkali NaOH, sedangkan lignin, hemiselulosa, pektin dan komponen serat lainnya bersifat larut. Dari proses *Pulping* akan diperoleh *Pulp* atau bubur kertas. Pandan duri setelah kering berwarna kuning kecoklatan. Perubahan warna serat juga dapat disebabkan oleh proses *browning* sehingga warna serat menjadi kecoklatan. Proses *browning* antara lain disebabkan oleh reaksi oksidasi senyawa fenolik oleh udara.

Reaksi Pembentukan *pulp* dari pandan duri untuk pembentukan *pulp*, maka dilakukan terlebih dahulu reaksi delignifikasi, yaitu pembuangan zat lignin yang terkandung di dalam Pandan duri. Zat lignin ini tidak diinginkan dalam

pembentukan *pulp* sehingga harus dilakukan delignifikasi terlebih dahulu. Berikut adalah reaksi delignifikasi dari pandan duri :



Dari reaksi di atas, produk yang di dapat berupa *pulp* yaitu kandungan selulosa. Ada juga zat lain berupa senyawa – senyawa alkohol dan asam dan zat – zat lainnya. Berikut metode pembuatan *pulp* :

1. Proses Mekanik

Proses pengasahan kayu dimana kayu gelondongan yang dikuliti diperlakukan dalam batu asah yang berputar dengan diberi semprotan air merupakan dasar pembuatan *pulp* secara mekanis. Bahan kayu dirobek-robek dalam bentuk bagian-bagian serat yang kurang lebih rusak. Kerusakan serat secara fisik ini tidak dapat dihindari dan karena itu kekuatan kertas yang dibuat dari *pulp-pulp* mekanik agak rendah. Kelemahan-kelemahan lain dari pembuatan *pulp* mekanik adalah pemakaian energi yang tinggi dan hanya kayu-kayu lunak, terutama yang berguna sebagai bahan baku.

2. Proses Semi Kimia

Proses-proses pembuatan *pulp* secara semi kimia pada dasarnya ditandai dengan perlakuan kimia didahului dengan tahap penggilingan secara mekanik. Proses ini menggabungkan proses kimia dan proses mekanis. Hasil yang diperoleh dengan proses ini lebih rendah dibandingkan dengan proses mekanis.

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 hingga menjadi *pulp*. Warna *pulp* yang dihasilkan lebih pucat.

3. Proses Kimia

Dalam metode ini, serpihan kayu dimasak dengan bahan kimia yang tepat dalam larutan berair dengan menaikkan suhu dan tekanan. Tujuannya adalah mendegradasi dan melarutkan lignin dan meninggalkan sebagian besar selulosa dan hemiselulosa dalam bentuk serat utuh. Ada empat metode pembuatan *pulp* secara kimia yaitu proses kraft (basa), proses sulfit (asam), proses soda dan proses nitrat. Pembuatan *pulp* proses kimia terbagi menjadi empat proses yaitu :

a. Proses kraft

Saat ini proses sulfat tidak hanya merupakan proses pembuatan *pulp* alkalis yang utama untuk kayu, tetapi sekaligus juga merupakan proses *pulp* yang paling penting. Proses sulfat melibatkan pemasakan chip dengan larutan NaOH dan Na₂S. Pada proses sulfat menghasilkan kertas yang kuat tetapi *pulp* yang belum diputihkan berwarna coklat tua.

Proses sulfat atau proses kraft menggunakan natrium hidroksida dan natrium sulfat. Dalam proses ini natrium sulfat yang ditambahkan, direduksi di dalam tungku pemulihan menjadi natrium sulfida yang dibutuhkan untuk delignifikasi. Pada proses ini digunakan bahan pemutih sehingga *pulp* yang dihasilkan mempunyai derajat putih yang berkualitas tinggi. Proses ini banyak digunakan dalam pembuatan *pulp* karena proses pemutihan bahan kimianya lebih sederhana dan sifat-sifat *pulp* yang lebih baik. Walaupun proses ini sering digunakan, namun proses mempunyai kelemahan yang sukar diatasi seperti bau gas (SO₂ dan Cl₂) yang tidak enak dan kebutuhan bahan kimia pemutih yang tinggi untuk *pulp* dari kayu lunak (Clark, 1978).

b. Proses sulfit

Proses sulfit menggunakan campuran asam sulfit dan magnesium, natrium ammonium atau kalsium bisulfit. Bahan baku yang diolah umumnya berupa kayu lunak yang berwarna putih seperti pinus merkuri. proses sulfit digunakan campuran asam sulfit dan bisulfit untuk melarutkan lignin. Proses ini memisahkan lignin sebagai garam-garam asam lingo-sulfonat tetapi sebagian besar struktur molekul lignin tetap utuh. Bahan kimia basa (kation) dari bisulfit dapat berupa ion kalsium, magnesium, sodium, atau ammonium.

Pembuatan *pulp* proses sulfit berlangsung dalam rentang pH yang lebar. Asam sulfit memberikan kondisi yang lebih asam (pH 1-2), sedangkan bisulfit memberikan kondisi yang kurang asam (pH 3-5). *Pulp* hasil proses sulfit lebih cerah dan mudah diputihkan, tetapi lembaran kertasnya lebih lemah dibandingkan *pulp* hasil proses sulfat (kraft).

c. Proses Soda

Dalam proses ini, kayu dimasak dengan NaOH. Cairan pemasak yang tersisa diuapkan dan dibakar menghasilkan Na_2CO_3 dan ketika ditambahkan dengan kapur menghasilkan NaOH. Keuntungan proses soda adalah mudah mendapatkan kembali bahan kimia hasil pemasakan (*recovery*) NaOH dari lindi hitam dan bahan baku yang dipakai dapat bermacam- macam.

Dalam proses ini, kayu dimasak dengan NaOH. Cairan pemasak yang tersisa diuapkan dan dibakar menghasilkan Na_2CO_3 dan ketika ditambahkan dengan kapur menghasilkan NaOH. Kayu yang digunakan bisa dari berbagai macam jenis kayu dan bisa juga bahan baku non-kayu seperti jerami, alang, serat nanas, tebu dan lain-lain.

Proses soda adalah sistem pemasakan alkali yang menggunakan tekanan tinggi dan menambahkan NaOH yang berfungsi sebagai larutan pemasak dengan perbandingan 4:1 terhadap kayu yang digunakan. Larutan yang dihasilkan dipekatkan dengan cara penguapan. Pada proses soda proses lebih menguntungkan dari segi teknis dan ekonomis dibandingkan dengan menggunakan proses lain karena tidak membuat limbah yang begitu berbahaya di lingkungan sekitar.

Pada proses soda digunakan larutan soda kaustik (NaOH) encer sebagai “*cooking liquor*” atau larutan pemasak. *Pulp* yang dihasilkan pada proses ini berwarna coklat dan dapat diputihkan.

- Larutan Pemasak NaOH (Natrium Hidroksida)



Gambar 2. Natrium Hidroksida (NaOH)

Sumber : <http://khoirulazam89.blogspot.com/2012/03/msds-natrium-hidroksida.html/>

Natrium hidroksida (NaOH), juga dikenal sebagai soda kaustik atau *sodium* hidroksida, adalah sejenis basa logam kaustik. Natrium hidroksida

terbentuk dari oksida basa natrium oksida dilarutkan dalam air. Natrium hidroksida membentuk larutan alkalin yang kuat ketika dilarutkan kedalam air dan digunakan di berbagai macam bidang industri, kebanyakan digunakan sebagai basa dalam proses produksi bubur kayu dan kertas, tekstil, air minum, sabun dan deterjen. Natrium hidroksida adalah basa yang paling umum digunakan dalam laboratorium kimia.

Natrium Hidroksida murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk pellet, serpihan, butiran ataupun larutan jenuh 50%. Ia bersifat lembab cair dan secara spontan menyerap karbon dioksida dari udara bebas. Ia juga larut dalam etanol dan methanol, walaupun kelarutan NaOH dalam kedua cairan ini lebih kecil daripada kelarutan KOH. Ia tidak larut dalam dietil eter dan pelarut non polar lainnya. Larutan natrium hidroksida akan meninggalkan noda kuning pada kain dan kertas. Istilah yang paling sering digunakan dalam industri yaitu soda kaustik. Soda kaustik apabila dilarutkan dalam air akan menimbulkan reaksi eksotermis.

- **Sifat Fisika dan Sifat Kimia NaOH (Natrium Hidroksida)**

Tabel 3. Sifat Fisika NaOH

NaOH	Nilai
Berat molekul	39,998 gr/mol
Spesific Gravity	2,130
Titik leleh	318°C
Titik didih	1390°C
Bentuk	Solid (Padatan)
Warna	Putih

Sumber : <http://khoirulazam89.blogspot.com/2012/03/msds-natrium-hidroksida.html/>

Larutan NaOH sangat basa dan biasanya digunakan untuk reaksi dengan asam lemah, dimana asam lemah seperti natrium karbonat tidak efektif. NaOH tidak bisa terbakar meskipun reaksinya dengan metal amfoter seperti aluminium, timah, seng menghasilkan gas nitrogen yang bisa menimbulkan ledakan. NaOH biasanya digunakan untuk memproduksi garam natrium. NaOH juga digunakan

untuk mengendapkan logam-logam berat seperti hidroksinya dan dalam mengontrol keasaman air.

d. Proses Nitrat

Penggunaan asam nitrat sebagai larutan pemasak telah mendapatkan perhatian dalam beberapa tahun dan terus dikembangkan. Pada proses ini bahan baku direbus dengan HNO_3 dalam pemanas air. Bahan yang sudah diolah direbus lagi dengan NaOH 2 % berat selama 45 menit untuk melarutkan lignin yang rusak. Pada kenyataannya proses *Pulping* secara konvensional tersebut memiliki beberapa kelemahan, terutama terhadap rendemen pemasakan yang rendah, biaya produksi tinggi, laju delignifikasi rendah dan pencemaran lingkungan karena adanya limbah larutan pemasak.

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.

Pemanfaatan biomassa secara efisien dapat dilakukan dengan menerapkan konsep *biomass refining*, yaitu pemrosesan dengan menggunakan pelarut organik (*organosolv processes*), yang dilanjutkan dengan melakukan fraksinasi biomassa menjadi komponen-komponen utama penyusunnya, ialah selulosa, hemiselulosa dan lignin, tanpa banyak merusak ataupun mengubahnya.

2.4 Pulp

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

senyawa yang dikandung oleh kayu di antaranya lignin. *Pulp* dapat diolah dengan lebih lanjut menjadi kertas, rayon, selulosa asetat dan turunan selulosa yang lain. Bahan baku *pulp* sebagai sumber serat dapat berasal dari kayu dan bukan kayu (bambu, limbah pertanian, dan lain-lain).

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

1. Berserat
2. Kadar alpha sellulosa lebih dari 40 %
3. Kadar ligninnya kurang dari 25 %
4. Kadar air maksimal 10 %
5. Memiliki kadar abu yang kecil (Harsini dan Susilowati, 2010).

Komposisi	Nilai (%)
Selulosa	45-60
Lignin	4-16
Hemiselulosa	35-40
Holonselulosa	60-64

Sumber : PT. Tanjung Enim Lestari,2009

Proses pembuatan *pulp* dipengaruhi beberapa faktor , antara lain :

1. Konsentrasi larutan pemasak

Dengan konsentrasi larutan pemasak yang makin besar, maka jumlah larutan pemasak yang bereaksi dengan lignin semakin banyak. Akan tetapi, pemakaian larutan pemasak yang berlebihan tidak terlalu baik karena akan menyebabkan selulosa terdegradasi.

2. Suhu

Dengan meningkatnya suhu, maka akan meningkatkan laju delignifikasi (penghilangan lignin). Namun, Jika suhu di atas 160°C menyebabkan terjadinya degradasi selulosa. Temperatur pemasakan berhubungan dengan laju reaksi. Temperatur yang tinggi juga dapat menyebabkan terjadinya pemecahan makromolekul yang semakin banyak, sehingga produk yang larut dalam alkali pun akan semakin banyak.

3. Waktu pemasakan

Dengan semakin lamanya waktu pemasakan akan menyebabkan reaksi hidrolisis lignin makin meningkat. Namun, waktu pemasakan yang terlalu lama akan menyebabkan selulosa terhidrolisis, sehingga hal ini akan menurunkan kualitas *pulp*. Waktu pemasakan yang dilakukan sebelum 1 jam *pulp* belum terbentuk. Untuk waktu pemasakan di atas 5 jam selulosa akan terdegradasi.

Lama pemasakan yang optimum pada proses delignifikasi adalah sekitar 60-120 menit. Kandungan lignin tidak berubah lagi setelah rentang waktu tersebut. Semakin lama waktu pemasakan, maka kandungan lignin di dalam *pulp* semakin tinggi karena lignin yang semula telah terpisah dari *raw pulp* dengan berkurangnya konsentrasi NaOH akan kembali menyatu dengan *raw pulp* dan sulit untuk dipisahkan lagi.

4. Perbandingan Cairan Pemasak terhadap Bahan Baku

Perbandingan cairan pemasak terhadap bahan baku harus memadai agar pemecahan lignin dalam proses degradasi berlangsung sempurna dan dapat larut semua dalam cairan pemasak. Perbandingan yang terlalu kecil dapat menyebabkan terjadinya redeposisi lignin sehingga dapat meningkatkan bilangan kappa yang menurunkan kualitas *pulp*. Perbandingan yang dianjurkan ialah lebih dari 8:1.

5. Ukuran bahan baku

Ukuran bahan baku yang berbeda menyebabkan luas kontak antar bahan baku dengan larutan pemasak berbeda. Semakin kecil ukuran bahan baku akan menyebabkan luas kontak antara bahan baku dengan larutan pemasak semakin luas sehingga reaksi lebih baik.

6. Kecepatan pengadukan

Pengadukan berfungsi untuk memperbesar tumbukan antara zat-zat yang bereaksi sehingga reaksi dapat berlangsung dengan baik. Sehingga dalam pembentukan *pulp* berlangsung lebih cepat.

2.4.1 Pengelompokan *Pulp*

Menurut komposisinya *pulp* dikelompokkan menjadi tiga jenis yaitu:

1. *Pulp* kayu (*Wood Pulp*)

Pulp kayu adalah *pulp* yang berbahan baku kayu, *pulp* kayu dibedakan menjadi :

a. *Pulp* kayu lunak (*Softwood Pulp*)

Jenis kayu lunak yang umum digunakan berupa jenis kayu berdaun jarum (*Needle Leaf*) seperti Pinus Merkusi, Agatis Loranthifolia, dan Albizza Folcata.

b. *Pulp* kayu keras (*Hardwood Pulp*)

Pada umumnya serat ini terdapat pada jenis kayu berdaun lebar (*Long Leaf*) seperti kayu oak.

2. *Pulp* bukan kayu (*non wood Pulp*)

Pada saat ini *Pulp* non kayu yang dihasilkan digunakan untuk memproduksi kertas meliputi : Percetakan dan kertas tulis, *linerboard*, medium berkerut, kertas koran, tisu, dan dokumen khusus. *Pulp* non kayu yang umum digunakan biasanya merupakan kombinasi antara *pulp* non kayu dengan *pulp* kayu lunak kraft atau sulfit yang ditambahkan untuk menaikkan kekuatan kertas. Karakteristik bahan non kayu mempunyai sifat fisik yang lebih baik daripada kayu lunak dan dapat digunakan didalam jumlah yang lebih rendah bila digunakan sebagai pelengkap sebagai bahan pengganti bahan kayu lunak.

Sumber serat non kayu meliputi:

Limbah pertanian dan industri hasil pertanian seperti jerami padi, gandum, batang jagung, dan limbah kelapa sawit. Tanaman yang tumbuh alami seperti alang-alang, dan rumput-rumputan.

c. Tanaman yang diolah seperti serat daun dan serat dari batang.

3. *Pulp* kertas bekas

Kertas dihasilkan dari kompresi serat yang asalnya dari *pulp*. Biasanya, serat yang digunakan adalah serat alami yang memiliki kandungan selulosa dan hemiselulosa. Kertas identik dengan media utama yang digunakan untuk menulis, namun saat ini sendiri kertas memiliki banyak manfaat dan kegunaan seperti halnya kertas tisu atau kertas pembersih.

Kertas bekas bisa diolah menjadi bubur kembali. Dalam proses tersebut tentu ditambahkan bahan-bahan lain misalnya bahan kertas dengan serat panjang sehingga *pulp* yang dihasilkan dari kertas bekas tersebut tetap akan memiliki kualitas tinggi (Harsini dan Susilowati, 2010).

2.4.2 Faktor yang Mempengaruhi Mutu *Pulp*

Mutu *pulp* dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

1. Panjang Serat

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

Klasifikasi panjang serat sebagai berikut :

- Serat Panjang : 2,0 – 3,0 mm
- Serat Sedang : 1,0 - 2,0 mm
- Serat Pendek : 0,1 – 1,0 mm

2. Kadar Selulosa

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

3. Kadar Abu dan Kadar Silika (SiO_2)

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

4. Kadar Lignin

Kadar lignin dari *pulp* menunjukkan sisa lignin yang tertinggal dari hidrolisis yang tidak sempurna. Kadar lignin dapat ditentukan dengan mengoksidasi lignin menggunakan kalium permanganat dalam suasana asam. Salah satu metode untuk menentukan jumlah lignin yang tersisa dalam *pulp* adalah dengan mengukur bilangan kappa. Bilangan Kappa adalah volume (dalam mililiter) dari larutan KMnO_4 0,1 N yang dikonsumsi oleh 1 gram *pulp* kering. Semakin tinggi bilangan kappa berarti sisa lignin dalam *pulp* juga semakin tinggi.

5. Bilangan Kappa

Bilangan kappa adalah jumlah milliliter kalium permanganat (KMnO_4) 0,1 N yang terpakai oleh 1 gram *pulp* kering tenur sesuai kondisi standar. Bilangan kappa ditentukan untuk mengetahui kandungan lignin yang terdapat didalam *pulp*. Pengukuran bilangan kappa ini dimaksudkan untuk mengetahui derajat delignifikasi yang dicapai selama proses pemasakan dan untuk mengetahui jumlah larutan pemutih yang dibutuhkan dalam proses *bleaching*.

2.5 Kandungan *Pulp*

1. Selulosa

Selulosa merupakan polimer dengan rumus kimia polimer gula, $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$. Di sini, n adalah jumlah pengulangan unit gula atau derajat polimerisasi yang harganya bervariasi bergantung sumber selulosa dan perlakuan yang diterimanya. Kebanyakan serat untuk pembuatan *pulp* mempunyai derajat polimerisasi 600–1500.

Selulosa merupakan konstituen utama kayu. Kira-kira 40–45 % bahan kering dalam kebanyakan spesies kayu adalah selulosa, terutama terdapat dalam dinding sel sekunder. Bahan dasar selulosa adalah glukosa dengan rumus $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. Molekul-molekul glukosa disambung menjadi molekul–molekul besar, panjang dan berbentuk rantai dalam susunan menjadi selulosa. Selulosa merupakan bahan dasar yang penting bagi industri–industri yang memakai selulosa sebagai bahan bakunya, misalnya pabrik kertas, pabrik sutera tiruan dan sebagainya.

Selulosa terdapat pada sebagian besar dinding sel dan bagian-bagian berkayu dari tumbuh-tumbuhan. Selulosa mempunyai peran yang menentukan sifat serat yang memungkinkannya untuk membuat kertas. Untuk membuat *pulp* diperlukan serat-serat yang mempunyai kadar selulosa yang tinggi.

Sifat-sifat bahan yang mengandung selulosa berhubungan dengan derajat polimerisasi molekul selulosa. Berkurangnya berat molekul di bawah tingkat tertentu akan menyebabkan berkurangnya ketangguhan. Ketangguhan serat terutama ditentukan oleh bahan mentah dan proses yang digunakan dalam pembuatan *pulp*. Serat selulosa memiliki sifat-sifat yang memenuhi syarat pembuatan kertas. Sifat terbaik bahan pembuat kertas adalah jika banyak lignin yang tersisih dari serat.

Molekul selulosa seluruhnya berbentuk linier dan mempunyai kecenderungan kuat untuk membentuk ikatan-ikatan hidrogen, baik dalam satu rantai polimer selulosa maupun antar rantai polimer yang berdampingan. Ikatan hidrogen ini menyebabkan selulosa bisa berada dalam ukuran molekul yang besar dan memiliki sifat kekuatan tarik yang tinggi. Selulosa merupakan unsur yang penting dalam proses pembuatan *pulp*. Semakin banyak selulosa yang terkandung dalam *pulp*, maka semakin baik kualitas *ulp* tersebut.

Sifat serat selulosa adalah :

- Memiliki kekuatan tarik yang tinggi
- Mampu membentuk jaringan.
- Tidak mudah larut dalam air, alkali dan pelarut organik.
- Relatif tidak berwarna.
- Memiliki kemampuan mengikat yang lebih kuat

(Harsini dan Susilowati, 2010).

Selulosa terdapat pada semua tanaman dari pohon bertingkat tinggi hingga organisme primitif seperti lumut dan rumput laut. Selulosa tidak larut dalam air maupun zat pelarut organik dan mempunyai daya tarik yang tinggi. Selulosa merupakan bahan dasar dari banyak produksi teknologi kertas, dan serat.

Berdasarkan derajat polimerisasi (DP), maka selulosa dapat dibedakan atas tiga jenis yaitu:

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

Bentuk selulosa kristalin yang sering ditemukan di alam adalah selulosa tipe I, dimana termasuk metastabil (i.e. it is not the most thermodynamically favorable form), dimana secara alami tidak dapat diubah menjadi selulosa kristalin tipe yang lain. Selulosa tipe I dapat diubah menjadi selulosa tipe II dengan treatment dengan menggunakan alkali (Beguin dan Aubert,1994). Selulosa kristalin tipe II adalah selulosa yang paling stabil yang diketahui. Selulosa tipe I mempunyai ikatan glukosida paralel dan mempunyai ikatan hidrogen intramolekul yang kuat. Di alam ada dua tipe selulosa tipe I sebagai selulosa kristalin

2. Lignin

Lignin merupakan makromolekul ketiga yang terdapat dalam biomassa, yang berfungsi sebagai pengikat antar serat. Struktur molekul lignin sangat berbeda dari polisakarida karena lignin terdiri dari sistem aromatik yang tersusun atas unit-unit fenil propana. Sifat-sifat lignin yaitu tidak larut dalam air dan asam mineral kuat, larut dalam pelarut organik dan larutan alkali encer. Lignin yang terikut dalam produk *pulp* menurunkan kekuatan kertas dan menyebabkan kertas menguning. Lignin dapat dihilangkan dari bahan dinding sel yang tak larut dengan klor dioksida. *Pulp* akan mempunyai sifat fisik atau kekuatan yang baik apabila mengandung sedikit lignin. Hal ini karena lignin bersifat menolak air dan kaku

sehingga menyulitkan dalam proses penggilingan. Kadar lignin untuk bahan baku kayu 20-35 %, sedangkan untuk bahan baku non-kayu lebih kecil lagi.

Lignin adalah jaringan polimer fenolik tiga dimensi yang berfungsi merekatkan serat selulosa sehingga menjadi kaku. *Pulping* kimia dan proses pemutihan akan menghilangkan lignin tanpa mengurangi serat selulosa secara signifikan.

Di dalam kayu, lignin merupakan bahan yang tidak berwarna. Apabila lignin bersentuhan dengan udara, terutama dengan adanya sinar matahari, maka lama kelamaan lignin akan menjadi kuning. Karenanya kertas koran yang terbuat dari serat-serat yang diperoleh secara mekanis dengan lignin yang belum dipisahkan, tidak berumur panjang karena kecenderungannya menjadi kuning. Kertas koran juga kasar, massanya besar dan kekuatannya rendah karena serat-seratnya yang kaku memiliki ikatan antar serat yang lemah (Haygreen dan Bowyer,1996).

Lignin muncul dalam limbah cairan dalam bentuk yang sudah agak berubah sebagai hasil dari ikutan dalam proses pembuatan *pulp*. Apabila cairan ini dimanfaatkan, hasil-hasil ikutan yang berupa bahan organik ini merupakan sumber penting bagi energi atau bahan baku penggunaan kimia lebih lanjut. Teknologi yang memanfaatkan lignin adalah sangat penting karena lebih dari 50 juta ton lignin dihasilkan diseluruh dunia setiap tahunnya (Steinlin,1988).

Lignin merupakan zat organik polimer yang banyak dan penting dalam dunia tumbuhan selain selulosa. Lignin merupakan senyawa polimer yang berikatan dengan selulosa dan hemiselulosa pada jaringan tanaman. Lignin secara umum tidak ditemui dalam bentuk sederhana di antara polisakarida-polisakarida dinding sel tanaman tetapi selalu tergabung atau berikatan dengan polisakarida tersebut. Lignin merupakan senyawa polimer aromatik kompleks yang terbentuk melalui polimerisasi tiga dimensi dari sinamil alkohol yang merupakan turunan dari fenilpropana (Fengel dan Wegener ,1995). Lignin berbentuk non-kristal, mempunyai daya absorpsi yang kuat dan di alam bersifat termoplastik, sangat stabil, sulit dipisahkan dan mempunyai bentuk yang bermacam-macam sehingga struktur lignin pada tanaman bermacam-macam.

Lignin pada tanaman dapat dibagi menjadi 3 tipe:

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

Lignin menyebabkan *pulp* berwarna gelap, pada proses pembuatan *pulp* kadar lignin harus rendah. Apabila kadar lignin pada tanaman tinggi, maka zat pemutih yang ditambahkan pada proses *bleaching* akan cukup banyak. *Pulp* akan mempunyai sifat fisik yang baik apabila mengandung sedikit lignin. Hal ini dikarenakan lignin bersifat menolak air dan kaku, sehingga menyulitkan dalam proses penggilingan. Lignin merupakan zat organik polimer yang banyak dan penting dalam dunia tumbuhan selain selulosa. Adanya lignin dalam sel tumbuhan, dapat menyebabkan tumbuhan kokoh berdiri. Lignin hampir dapat ditemukan dalam semua tanaman hidup, namun komposisinya tidak identik sama sekali dan secara garis besar komposisi lignin pada *hardwood* dan *softwood* berbeda dalam struktur dasarnya.

Untuk mempermudah dalam mendegradasi lignoselulosa maka diperlukan delignifikasi. Delignifikasi adalah suatu proses dalam menghilangkan lignin yang dilakukan dengan menggunakan bahan kimia (Ahmed dkk, 2001). Namun karena sudah ditemukan mikroorganisme yang dapat mendegradasi lignin dengan cepat dan telah disadari bahwa menggunakan bahan kimia dalam proses penghilangan lignin akan mengakibatkan limbah yang sangat berbahaya bagi lingkungan (Glazer dan Nikaido, 2007). Lignin tersusun oleh unit yang disebut dengan lignol, yang terdiri dari aryl propanol yang tersusun pada senyawa aromatik dan tiga karbon rantai karbon. Lignol secara struktural sangat berhubungan dengan asam amino phenylalanine dan tyrosin. Lignol adalah derivat dari asam amino phenylalanine dan tyrosin. Lignin lebih bersifat hidrofobik dibandingkan dengan selulosa dan hemiselulosa (Ahmed dkk, 2001).

3. Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan senyawa sejenis polisakarida yang terdapat pada semua jenis serat, mudah larut dalam alkali, dan mudah terhidrolisis oleh asam mineral menjadi gula dan senyawa lain. Hemiselulosa lebih mudah larut daripada selulosa dan dapat di isolasi dari kayu dengan ekstraksi.

Hemiselulosa juga adalah polimer yang dibentuk dari gula sebagai komponen utamanya. Hemiselulosa memiliki derajat polimerisasi lebih kecil dari 300. Hemiselulosa adalah polimer bercabang atau tidak linear selama pembuatan *pulp* hemiselulosa bereaksi lebih cepat dibandingkan dengan selulosa karena rantai hemiselulosa lebih pendek dari rantai selulosa.

Hemiselulosa bersifat hidrofilik (mudah menyerap air) yang menyebabkan struktur selulosa menjadi kurang teratur sehingga air bisa masuk ke jaringan selulosa. Hemiselulosa akan memberikan fibrilasi yang lebih baik daripada selulosa dan meningkatkan kualitas kertas. Komponen utama dari polisakarida adalah selulosa, sisanya merupakan komponen yang berantai lebih pendek adalah hemiselulosa dan jika keduanya digabungkan menjadi holoselulosa.

Hemiselulosa memiliki sifat kimia penting yang berhubungan dengan pengolahan biomassa, antara lain adalah sedikit larut dalam air, larut dalam alkali, larut dan terhidrolisis oleh asam. Dibanding dengan selulosa, hidrolisis asam terhadap hemiselulosa lebih mudah terjadi. Larutan basa dingin dapat melarutkan hemiselulosa, larutan yang biasanya dipakai ialah larutan KOH 24% atau NaOH 17,5%. Hemiselulosa memiliki sifat non-kristalin dan bukan serat, mudah mengembang, larut dalam air, sangat hidrofolik, serta mudah larut dalam alkali. Kandungan hemiselulosa yang tinggi memberikan kontribusi pada ikatan antar serat karena hemiselulosa bertindak sebagai perekat dalam setiap serat tunggal. Pada saat proses pemasakan berlangsung, hemiselulosa akan melunak dan pada saat hemiselulosa melunak, serat yang sudah terpisah akan lebih mudah menjadi berserabut (Okaraonye, 2009).

Hemiselulosa adalah polimer polisakarida yang kompleks, komposisi dan frekuensinya tergantung kepada jenis jaringan tanaman, jenis spesies dan tahapan pertumbuhan pada tanaman. Hemiselulosa juga merupakan penyusun utama

dinding sel tanaman. Hemiselulosa ditemukan dengan proporsi yang berbeda-beda pada lemela tengah, dan dinding sel sekunder tanaman. Hemiselulosa tidak hanya ditemukan berupa xylan, namun juga ditemukan dalam jumlah yang banyak berupa glucomannans, galactomannans, arabinogalactans dan senyawa yang lain (Mulcahy,1996). Secara struktural hemiselulosa dan selulosa homologenus ditambah dengan adanya kemiripan nama, maka seringkali hemiselulosa dianggap sebagai produk intermediet dalam biosintesis dari selulosa. Namun sekarang jalur biosintesis dari hemiselulosa telah diketahui dan diketahui bahwa jalur biosintesis hemiselulosa berbeda dengan selulosa dan juga telah diketahui bahwa penyusun hemiselulosa berbeda dengan selulosa (Mulcahy,1996).

4. Zat Ekstraktif

Kayu juga mengandung sejumlah kecil beberapa bahan lain yang disebut zat ekstraktif (getah kayu). Istilah ekstraktif kayu meliputi sejumlah besar senyawa yang berbeda yang dapat diekstraksi dari kayu dengan menggunakan pelarut polar dan non-polar. Dalam arti yang sempit ekstraktif merupakan senyawa–senyawa yang larut dalam pelarut organik dan dalam pengertian ini nama ekstraktif digunakan dalam analisis kayu. Tetapi senyawa–senyawa karbohidrat dan anorganik yang larut dalam air juga termasuk dalam senyawa yang dapat diekstraksi.

Sejumlah kayu mengandung senyawa–senyawa yang dapat diekstraksi yang bersifat racun atau mencegah bakteri, jamur dan rayap. Ekstraktif lain dapat memberikan warna dan bau pada kayu. Ekstraktif–ekstraktif menempati tempat–tempat morfologi tertentu di dalam struktur kayu. Sebagai contoh, asam–asam resin yang terdapat dalam saluran resin, sedangkan lemak dan lilin terdapat dalam sel–sel parenkim. Komponen ini sangat beracun bagi kehidupan perairan dan mencapai jumlah yang banyak dalam efluen industri kertas.

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