

TEKNOLOGI PULP DAN KERTAS SERI: PULPING NON KAYU

by Sri Hidayati Wisnu Satyajaya

Submission date: 22-Nov-2020 10:10PM (UTC+0700)

Submission ID: 1453882037

File name: 2._bUKU_REFERENSI_Pulping_Non_kayu_2018.pdf (1.79M)

Word count: 24079

Character count: 144791

**TEKNOLOGI PULP DAN KERTAS
SERI: PULPING NON KAYU**

**SRI HIDAYATI
WISNU SATYAJAYA**

118

**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2018**

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis¹³¹ mengucapkan puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan kesehatan dan kemudahan selama proses penyusunan buku.¹⁶⁶ Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada kedua orang tua atas doa dan dukungannya, juga ucapan terimakasih sedalam-dalamnya kepada suami tercinta Dr. Muh Sarkowi, S.Si, M.Si atas semua dukungan material dan non material serta anak-anakku tercinta Widya Khairunnisa Sarkowi dan Syifa Nazwa Amanda Sarkowi. Tak lupa ucapan terimakasih kepada teman-teman pengajar di jurusan Teknologi Hasil Pertanian khususnya kepada ibu Ketua Jurusan, bapak Sekretaris Jurusan, Pak Wisnu Satyajaya, dan teman-teman yang memberikan dukungan maupun masukan dalam masa penyusunan buku ini. Kepada mahasiswa yang sudah membantu jalannya penelitian hingga selesainya laporan penelitian sampai terwujudnya buku dan publikasi, penulis tidak bisa menyebutkan satu persatu, hanya ucapan terimakasih semoga buku ini bisa bermanfaat untuk perkembangan ilmu khususnya pada penelitian mengenai Pulp dan kertas. Tidak lupa penulis ucapkan terimakasih kepada bapak Dekan Fakultas¹³⁰ Pertanian dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada masyarakat Universitas Lampung yang telah memberi fasilitas selama¹⁶⁵ penulisan buku ini.

Semoga buku ini dapat bermanfaat

Bandar lampung, September 2018

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena karuniaNya telah penulisan buku **TEKNOLOGI PULP DAN KERTAS SERI: PULPING NON KAYU** dapat terselesaikan. Buku ini merupakan kumpulan dari beberapa hasil penelitian dan beberapa jurnal dan tulisan seperti yang tercantum dalam daftar pustaka. Buku ini diharapkan dapat membantu mahasiswa yang melakukan penelitian pada bidang selulosa terutama pulp dan kertas dengan memanfaatkan produk hasil samping hasil pertanian selain kayu. Selain itu terdapat informasi mengenai faktor yang menentukan mutu pulp dan proses pulping baik secara konvensional dan non konvensional disertai cara melakukan uji baik uji pulp maupun uji kertas. Beberapa hasil penelitian yang sudah dilakukan juga diharapkan dapat membantu untuk referensi dan bahan bacaan guna memperkaya khazanah keilmuan.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari sempurna sehingga penulis membuka diri untuk kritik dan saran guna perbaikan buku ini. Akhirnya penulis berharap semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi pembaca, khususnya mahasiswa dan peminat ilmu terkait.

Bandar Lampung, September 2018

123
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	iv

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Analisis kimia ampas tebu.....	5
Tabel 2. Panjang serat beberapa jenis kayu dan non kayu	11
Tabel 3. Hasil analisis nilai turunan dimensi serat 6 jenis bambu.....	12
Tabel 4. Analisa kimia 10 jenis bambu.....	13
Tabel 5. Tabel komposisi enceng gondok dalam tanur kering.....	15
Tabel 6. Sifat Fisik dan Morfologi TKKS.....	19
Tabel 7. Komposisi kimia TKKS.....	19
Tabel 8. Sifat Kimia Jerami.....	29
Tabel 9. Rekapitulasi Hasil penilaian Bambu.....	23
Tabel 10. Perbandingan antara pembuatan pulp.....	56
Tabel 11. Keuntungan dari proses kraft dan sulfit.....	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tanaman tebu.....	2
2. Ampas tebu.....	3
3. Pohon industri tebu.....	4
4. Tanaman Bambu.....	9
5. Serat bambu	10
6. Tanaman enceng gondok.....	15
7. Tangkai tanaman enceng gondok yang sudah dikeringkan.....	15
8. Kertas dari enceng gondok.....	17
9. Serat buah kelapa sawit.....	20
10. Jerami padi	23
11. Struktur selulosa	41
12. Mikrofibril selulosa.....	42
13. Mikrifibril selulosa, hemiselulosa, pektin, lignin.....	42
14. Struktur selulosa di dalam tanaman.....	43
15. Struktur hemiselulosa.....	46
16. Unit dasar penyusun lignin.....	47
17. Penanganan kayu di industri pulp.....	54
18. Proses pembuatan <i>pulp</i> secara mekanis.....	55
19. Proses pemutihan di pabrik pulp.....	60
20. Diagram alir proses chemi mechanical pulping (CMP).....	69
21. Contoh kertas dan asal pulp sebelumnya.....	73
22. Skema pembuatan kertas.....	83
23. Rotary digester.....	85
24. Disintegrator.....	85
25. Canadian Standar Freeness.....	87
26. Diagram alir produksi pulp bahan baku ampas tebu dan bambu betung	88
27. Alat pendispersi pulp.....	96
28. Alat uji ketahanan sobek metode Elmendorf.....	104
29. Alat uji ketahanan lipat.....	108
30. Alat untuk mengukur derajat putih.....	109

31. Alat pengukuran ketebalan pulp dan kertas.....	111
32. Rangkaian alat uji daya tembus udara.....	112

I. BAHAN BAKU PULP

1.1 Pendahuluan

Bahan baku pulp secara umum berasal dari kayu tetapi karena kecenderungan terjadi penurunan jumlah hutan dan jumlah kayu yang dihasilkan, maka dicari suatu alternatif bahan baku yang bisa menggantikan ²⁴ kayu untuk bahan baku pembuatan pulp dan kertas. Beberapa bahan hasil pertanian maupun produk samping hasil pertanian yang mengandung selulosa dengan kadar yang cukup tinggi bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan kayu dan pulp. .

1.2 ²³ Ampas Tebu

Tebu (*Saccharum officinarum*) merupakan tanaman sebagai bahan baku gula. Tanaman tumbuh di daerah beriklim tropis dan termasuk jenis rumput-rumputan. Tanaman sejak ditanam sampai bisa dipanen mencapai kurang lebih 1 tahun, secara umum banyak dibudidayakan di Jawa dan Sumatra (Anonim, 2007). Gambar tanaman tebu (Gambar 1).



Gambar 1. Tanaman tebu (Sumber: blog ub.ac.id)

108

Klasifikasi ilmiah dari tebu:

Kerajaan: Plantae

Divisi: Magnoliophyta

Kelas: Liliopsida

Ordo: Poales

Famili: Poaceae

Genus: Saccharum

Bagas atau disebut juga ampas tebu merupakan hasil samping dari hasil pemerahan cairan tebu (Covey *et al*, 2014) (Gambar 2). Hasil dari ampas tebu diperkirakan sekitar 35–40% dari berat tebu yang digiling (Indriani dan Sumiarsih, 1992; Tim Penulis PS, 1992), sedangkan Husin (2007) menyatakan bahwa berdasarkan data dari Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) ampas tebu yang dihasilkan sebanyak 32% dari berat tebu giling. Data dari Ikatan Ahli Gula Indonesia (Ikagi) pada tahun 2006 menunjukkan bahwa jumlah tebu yang digiling oleh 57 pabrik gula di Indonesia mencapai sekitar 30 juta ton (Anonim, 2007), sehingga potensi ampas tebu yang diperkirakan

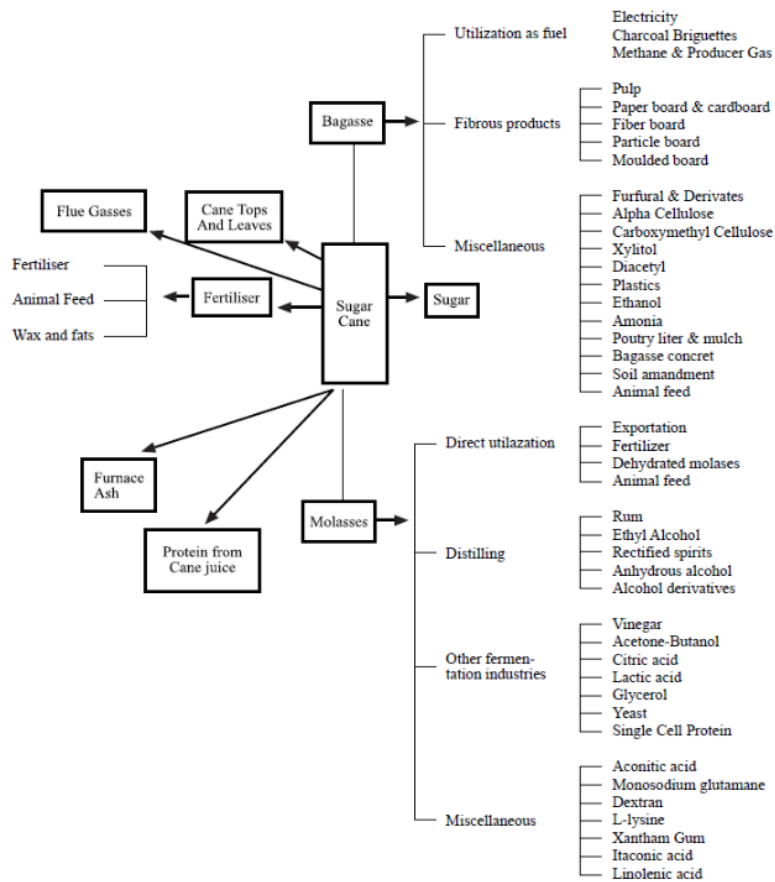
mencapai 9.640.000 ton. Sekitar 60% dari ampas tebu tersebut digunakan kembali oleh pabrik gula sebagai bahan bakar, bahan baku untuk kertas, bahan baku industri kanvas rem, industri jamur dan lain-lain. Oleh karena itu diperkirakan sebanyak 45 % dari ampas tebu tersebut belum dimanfaatkan (Husin, 2007). Ampas tebu berasal dari tanaman tebu (*Saccharum officinarum*) yang termasuk golongan tumbuh-tumbuhan berbiji satu (*monocotyledonae*). Komponen ampas tebu tergantung dari varietas tebu, tingkat kemasakan, cara pemanenan, dan efisiensi akhir proses penggilingan (Paturau, 1982). Serat ampas tebu mengandung beberapa komponen yang tidak larut dalam air seperti selulosa yang terikat dengan lignin, pentosan, gum, tannin, lemak, zat pewarna dan lainnya. Pohon industri berbasis tebu ¹⁰ disajikan pada Gambar 3



Gambar 2. Ampas tebu (Sumber: youngmuhajir.wordpress.com)

Sebagai salah satu potensi sebagai bahan baku pembuatan pulp, ampas tebu memiliki komposisi hampir sama dengan kayu. Menurut Samsuri *et al.* (2007) ampas tebu mengandung 52,7% selulosa, 17,5% hemiselulosa, 24,2% lignin, dan 5,6% lain-lain. Sifat kimia dengan kandungan serat yang baik pada ampas tebu diharapkan mampu

menghasilkan pulp yang tidak berbeda dengan pulp dari bahan baku kayu. Runkel (1952) mengemukakan bahwa faktor yang menentukan sifat pulp yaitu perbandingan antara dua kali tebal dinding dengan diameter. Panjang serat suatu bahan baku dalam pembuatan kertas mempunyai hubungan yang positif dengan sifat fisik yang dihasilkan, terutama kekuatan sobek kertas.



164

Gambar 3. Pohon industri untuk industri berbasis tebu (Sumber: Anonim (2010).
Sumber : Anonim (2010).

Muliah (1975) menyatakan bahwa ampas tebu secara fisik terbagi menjadi dua fraksi yaitu fraksi serat panjang dan fraksi pith (gabus). Fraksi serat panjang terdiri dari

serat-serat yang mempunyai dinding sel yang agak tebal dan relatif panjang, dan sebagian besar terdapat di sekitar pembuluh (*vascular bundles*) yang tersebar di dalam batang. Fraksi gabus terdiri dari sel-sel yang berdinding tipis, berasal dari jaringan dasar (parenkim) yang dalam tanaman berfungsi sebagai penyimpan gula. Ampas tebu yang sudah terbebas dari daun dan sampah terdiri atas pith, jaringan ikat dan kulit (Stephenson, 1951). Jumlah tiap-tiap jaringan tersebut tergantung pada varietas, tanah, kondisi pembudidayaan, dan iklim (Tabel 1).

Tabel 1. Analisis kimia ampas tebu

Ciri kimiawi	Ampas tebu		
	Utuh	Serat	Jaringan dasar/pith
Holoselulosa (%)	76,20	83,30	75,50
Alfa selulosa (%)	41,60-45,13*	44,70	37,60
Lignin (%)	19,20-19,21*	19,70	22,10
Pentosan (%)	28,10-25,91*	27,90	28,00
Abu (%)	1,79-1,78*	0,79	3,82
Alkohol benzen (%)	4,60	2,00	1,80
Kelarutan dalam Air panas	3,70-3,68*	3,70	3,30

Sumber : Oediyono *et al.* (1985), * Hidayati (2000).

Perbedaan komposisi kimia ampas tebu dengan komposisi kimia kayu lebar hampir sama kecuali pada kadar air (Baskoro, 1986). Ampas tebu terdiri dari atas tiga komponen, yaitu: (1) kulit (rind) yang meliputi epidermis, kortek, dan perisikel, (2) ikatan serat pembuluh, (3) jaringan dasar (parenkim) atau pith dengan ikatan yang tersebar tidak teratur (Misra, 1980).

Penyusun utama ampas tebu adalah fiber (serat) yaitu 43 – 52 %, air 46 – 52 %, dan padatan terlarut 2 – 3 %. Beberapa persyarat bahan baku yang dapat dijadikan pulp dan

kertas adalah bahan baku yang mempunyai serat yang panjang, luas dengan kadar hemiselulosa tinggi dan ampas tebu memiliki syarat tersebut.

Berdasarkan penelitian tentang dimensi serat, bagase yang dipakai untuk bahan baku pulp dan kertas oleh PT Kertas Leces, Probolinggo, rata-rata memiliki panjang serat 1,43 mm, diameter 10,33 nm, tebal dinding serat 0,68 nm, diameter lumen 8,51 nm, dan nisbah serat dengan diameter serat 138,43 (Baskoro,1986). Menurut Covey *et al* (2014), serat bagas memiliki panjang antara 1,0 – 1,5 mm dan diameter 20 mikron dan sebanding dengan kayu jenis eukaliptus (panjang 0,7 – 1,3 mikron dan diameter 20 – 30 mikron).

Untuk meningkatkan kualitas ampas tebu sebagai bahan baku pulp, maka perlu dilakukan pemisahan jaringan dasar seperti pith (parenkim) (Ruwelih,1990). Kandungan pith pada ampas tebu mencapai 25%-35% pith yang terdiri dari sel-sel parenkim, jika tidak dihilangkan maka akan menyerap larutan pemasak kimia dan tidak diharapkan untuk kertas (Clark, 1985). Hal yang harus diperhatikan jika akan menggunakan bagas sebagai bahan baku pada pembuatan kertas menurut Covey *et al* (2014) adalah:

1. Pada proses penyimpanan ampas tebu merupakan tanaman yang hanya panen sekali dalam setahun sehingga memerlukan tempat penyimpanan yang relatif besar dan harus terbebas dari kerusakan mikrobiologi.
2. Bagas memiliki kandungan pith sekitar 30-35% dimana kandungan selulosa yang rendah pada pith tidak dapat digunakan untuk pembuatan kertas dan tingginya jumlah pith akan meningkatkan konsumsi bahan kimia sehingga sehingga proses depithing menjadi sangat penting.

3. Adanya kandungan silika pada bagasse yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis kayu eukaliptus dapat menyebabkan permasalahan pada proses pengolahan pulp terutama dari mesin penggilingan.
4. Recovery kimia terutama silika dapat menyebabkan viskositas yang tinggi pada likuor terutama pada industri dengan skala kecil.

Dari percobaan yang dilakukan didapatkan hasil percobaan dengan kondisi pembuatan yang optimal adalah pada suhu 145°C dengan lama waktu pemasakan selama 2 jam. Hasil poses pulping didapatkan kadar α selulosa 34,00 % dan % yield 42,67%. Kualitas terbaik biasanya dihasilkan pada pulp yang menggunakan bahan baku dengan α selulosa yang semakin tinggi (Cahyo, 2012).

1.3 Bambu

Bambu tergolong dalam famili *Gramineae* dimana di dunia diperkirakan ada ⁵⁹ 1250 jenis bambu yang berasal dari 75 marga (Gambar 4). Indonesia diperkirakan memiliki 76 jenis bambu yang berasal dari 17 marga yaitu marga *Dendrocalamus* (6 jenis), *Dinochloa* (1 jenis), *Gigantochloa* (18 jenis), *Melocana* (1 jenis), *Nastus* ⁵⁹ (3 jenis), *Arundinaria* (1 jenis), *Bambusa* (19 jenis), *Cephalostachyum* (1 jenis), *Chimonobambusa* (2 jenis), *Neoleleba* (1 jenis), *Phyllostachys* (3 jenis), *Pleioblastus* (2 jenis), *seudosasa* ⁵⁹ (1 jenis), *Schizostachyum* (14 jenis), *Semiarundinaria* (1 jenis), *Shibatea* (1 jenis), dan *Thyrsostachys* ⁴⁷ (1 jenis). Di Indonesia ada 10 genus bambu, antara lain: *Dendrocalamus*, *Dinochloa*, *Gigantochloa*, *Arundinaria*, *Bambusa*, *Melocanna*, *Nastus*, *Phyllostachys*, *Schizostachyum*, dan *Thyrsostachys* (Sutiyono, 2004). Bambu tergolong keluarga *Gramineae* (rumput-rumputan) berumpun. Bentuk batang bambu seperti silindris,

berdinding keras, seperti ⁴⁷ berbuku-buku, beruas-ruas dan berongga, dan pada setiap buku terdapat mata tunas atau cabang (Otjo dan Atmadja, 2006). ⁸² Klasifikasi bambu adalah:

- Kingdom: Plantae
- Divisio: Magnoliophyta
- Classis: Magnoliopsida
- Sub classis: Commelinidae
- Ordo: Cyperales
- Familia: Poaceae
- Genus: Bambusa
- Species: Bambusa sp (Berlin dan Estu, 1995).

Penggunaan bambu bermacam-macam tergantung dari jenis bambu yang dipakai. Secara umum bambu digunakan untuk bahan bangunan karena serat dan ruasnya yang panjang seperti mabu betung. Bambu juga dapat dibuat untuk bahan alat pembuat mebel, kertas, kerajinan tangan, dinding, alas lantai, alat untuk memasak dan alat untuk bahan baku dalam pembuatan alat musik seperti angklung. Beberapa jenis bisa dimanfaatkan untuk tanaman hias karena bentuknya yang indah dan unik. Di beberapa negara seperti China menggunakan bambu untuk bahan baku pembuatan kertas. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa serat bambu memiliki dimensi serat yang baik untuk ²⁴ bahan baku pembuatan pulp dan kertas. Tanaman bambu disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Tanaman bambu (Sumber: betang-ulun blogspot.com)

Keunggulan tanaman bambu sebagai bahan baku dalam yaitu:

1. ⁴⁶ Bambu mudah ditanam dan tidak memerlukan pemeliharaan secara khusus, sehingga setiap orang bisa menanam tanpa memerlukan ketrampilan tinggi dengan modal yang tidak terlalu besar dan peralatan yang sederhana.
2. Pertumbuhan bambu sangat cepat, dimana pada ⁴⁶ bambu tertentu dapat tumbuh vertikal 5 cm per jam, atau 120 cm per hari pada masa pertumbuhannya dan dapat dipanen seteklah berumur 3 – 5 tahun sedangkan kayu hutan dapat ditebang jika berumur lebih daari 40 tahun untuk kayu dengan kualitas baik. Bambu dapat dimanfaatkan dalam banyak hal.
3. ⁴⁶ Tanaman bambu mempunyai ketahanan yang luar biasa, dengan kondisi tanah yang mengalami pembakaran hutan ternyata bambu masih bisa tumbuh kembali..
4. ⁴⁶ Bambu mempunyai kekuatan cukup tinggi, kuat tariknya dapat dipersaingkan dengan baja. sekalipun demikian kekuatan bambu yang tinggi ini belum dimanfaatkan dengan baik karena biasanya batang-batang struktur bambu dirangkaikan dengan pasak atau tali yang kekuatannya rendah

Kadarisman dan Silitonga (1976) menyatakan bahwa bambu diduga memiliki kesesuaian sebagai bahan baku pulp dan kertas ditinjau dari segi anatomis dan komposisi kimianya karena mempunyai serat panjang (3-4 mm). Maoyi (2006) menambahkan bahwa kualitasnya diantara kayu dan rumput-rumputan, tetapi rasio antara panjang dan lebar bambu adalah yang tertinggi diantara ketiganya, sehingga bambu merupakan bahan baku yang baik untuk pembuatan kertas.



Gambar 5. Serat bambu (dokumen pribadi)

Bambu memiliki kandungan kimia yaitu zat ekstraktif larut air dingin berkisar 3,10 sampai 3,79%; larut air panas 5,43-6,23%; larut alkohol benzene 3,37%-4,10%; alfa selulosa 44,22%-46,94%; holoselulosa 71,97%-75,57%; lignin 26,00% sampai 27,37%; panjang sel serat 3,40 mm-3,96 mm; diameter sel serat 4,34 mikron-4,91 mikron; diameter rongga sel serat 2,74 mikron- 3,23 mikron; tebal dinding sel serat 0,76 mikron-0,91 mikron proporsi sel parenkim 51,95%-56,85%; proporsi sel sel serat 27,81%-62,66%; dan proporsi sel pori 12,39%-14,60%.

Hasil penelitian Manuhuwa dan Loiwatu (2007), Bambu Petung mengandung 15 ekstraktif larut air dingin (3,59%), larut air panas (5,92%), dan larut alkohol benzen (4,10%) lebih banyak daripada bambu Sero (3,46%; 5,88%; 3,43%) karena diameter lumen bambu Petung (3,10 mikron) relatif lebih besar dari pada bambu sero (3,00 mikron). Sementara itu tebal dinding sel serat pada bambu Petung (0,90 mikron) lebih besar dari sel bambu Sero (0,80 mikron). Panjang serat bambu bisa mencapai diatas 2 mm sehingga masuk dalam kelas mutu I berdasarkan kriteria penilaian kayu Indonesia untuk pulp dan kertas. Panjang serat dapat membantu terbentuknya jalinan ikatan antar serat yang lebih baik pada proses pembentukan kertas. Jika dibandingkan dengan kayu dan bahan lain, panjang serat bambu setara dengan panjang serat kayu jarum seperti pinus dan red spruce (Tabel 2). Panjang serat juga berpengaruh terhadap mudah tidaknya pencucian pulp dan kehalusan lembaran kertas. Semakin panjang serat maka kertas yang dihasilkan akan semakin baik kualitasnya (Fatriasari dan Hermiati, 2006). Hasil analisis dimensi serat, panjang serat dan dimensi turunan serat pada beberapa jenis bambu 42 disajikan pada

Tabel 2.

Tabel 2. Panjang serat beberapa jenis kayu dan non kayu

Jenis	Panjang (mm)		
	maks	min	Rata rata
Bagas	2,8	0,8	1,7
Jerami	3,5	0,6	1,5
Bambu	4,4	1,5	2,7
Kayu birch			1,0
Kayu eucalyptus			0,8
Kayu Akasia			0,7
Kayu pinus			2,5
Kayu red spruce			2,7

Sumber: Stig Andtbacka dan Kuerner Pulping, 2006

Tabel 3. Hasil analisis dimensi serat, panjang serat dan dimensi turunan serat pada beberapa jenis bambu

Jenis bambu	Runkel Ratio			Daya tenun (felting power)			Mulsteph ratio			Coeffisien of Rigidity			Flexibility ratio		
	Hasil analisis	Kelas mutu	Nilai	Hasil analisis	Kelas mutu	Nilai	Hasil analisis	Kelas mutu	Nilai	Hasil analisis	Kelas mutu	Nilai	Hasil analisis	Kelas mutu	Nilai
Tali	4.12	-	4	101.39	I	2	96.18	-	4	0.40	III	4	0.19	III	3
Hitam	5.94	-	1	154.70	I	4	97.93	-	1	0.43	III	1	0.14	III	1
Kuning	1.67	-	6	122.98	I	3	85.97	-	6	0.31	III	6	0.38	III	6
Andong	4.22	-	3	176.31	I	5	96.33	-	3	0.40	III	3	0.19	III	4
+Betung	2.31	-	5	190.85	I	6	90.85	-	5	0.35	III	5	0.30	III	5
Ampel	4.52	-	2	89.09	II	1	96.72	-	2	0.41	III	2	0.18	III	2

Sumber: Laporan LPHH No. 75 dalam Silitonga, 1977).

1 Penelitian sifat kimia bambu telah dilakukan oleh Gusmailina dan Sumadiwangsa dalam Krisdianto *et al.* (2000). 140 Hasil analisis kimia 10 jenis bambu terdapat pada Tabel

4.

Pemanfaatan bambu menjadi bahan baku pulp dan kertas di Indonesia telah diterapkan pada industri Gowa (Borissallo) dan Banyuwangi (Basuki Rahmat), tetapi karena kendala bahan baku, maka perusahaan kertas tersebut lebih banyak menggunakan bahan baku lain (Krisdianto, 2000 dalam Fatriasari dan Hermiati, 2006). Penggunaan bambu sebagai bahan baku pulp dapat dilakukan dengan pencampuran dengan bahan baku lain. Penelitian dengan menggunakan campuran antara bambu dengan kayu daun lebar telah dilakukan oleh Silitonga dan Pasaribu (1974). Pulp yang dihasilkan dari 100% bambu mempunyai bilangan permanganat dan faktor retak yang terendah tetapi mempunyai kekuatan sobek yang tertinggi. Perbandingan pulp dengan campuran 70% kayu jabon dan 30% bambu mempunyai daya regang tertinggi. Campuran 35% kayu jabon, 35% kayu kemiri, dan 30% bambu menghasilkan faktor retak tertinggi. Hasil analisis kimia 10 jenis bambu terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Analisis kimia 10 jenis bambu.

Jenis bambu	Selulosa (%)	Lignin (%)	Pentosan (%)	Abu (%)	Silika (%)	Kelarutan dalam, (%)			
						Air dingin	Air panas	Alkohol benzena	NaOH 1%
<i>Phyllostachys reticulata</i> (madake)	48,3	22,2	21,2	1,24	0,54	5,3	9,4	4,3	24,5
<i>Dendrocalamus asper</i> (betung)	52,9	24,8	18,8	2,63	0,20	4,5	6,1	0,9	22,2
<i>Gigantochloa apus</i> (batu)	52,1	24,9	19,3	2,7	0,37	5,2	6,4	1,4	25,1
<i>Gigantochloa nigrociliata</i> (batu)	52,2	26,6	19,2	3,7	1,09	4,6	5,3	2,5	23,1

<i>Gigantochloa verticillata</i> (peting)	49,5	23,9	17,8	1,8	0,52	9,9	10,7	6,9	28,0
<i>Bambusa vulgaris</i> (ampel)	45,3	25,6	20,4	3,0	1,78	8,3	9,4	5,2	29,8
<i>Bambusa bambos</i> (bambos)	50,8	23,5	20,5	1,99	0,10	4,6	6,3	2,0	24,8
<i>Bambusa polymorpha</i> (kyathaung)	53,8	20,8	17,7	1,83	0,32	4,9	6,9	1,9	22,4
<i>Chephalostachyum pergraciles</i> (inwa)	48,7	19,8	17,5	2,51	0,51	9,8	11,8	6,7	29,3
<i>Melocanna bambusoides</i>	42,4	24,7	21,5	2,19	0,33	7,3	9,7	4,0	28,4

Sumber : Gusmailina dan Sumadiwangsa (1988) dalam Krisdianto *et al.* (2000).

1.4 Eceng Gondok

Eceng gondok termasuk dalam genus *Eichhornia*, famili *Pontederiaceae*, kelas *monocotyledonae* dan divisi *phanerogamae*. Eceng gondok merupakan tanaman yang hidup mengapung di air dan kadang-kadang berakar dalam tanah (Gambar 6). Tingginya sekitar 0,4-0,8 meter. Tidak mempunyai batang, daunnya tunggal dan berbentuk oval. Ujung dan pangkalnya meruncing, pangkal tangkai daun menggelembung. Permukaan daunnya licin dan berwarna hijau. Bunganya termasuk bunga majemuk berbentuk bulir, kelopaknya berbentuk tabung. Bijinya berbentuk bulat dan berwarna hitam. Buahnya kotak beruang tiga dan berwarna hijau. Akarnya merupakan akar serabut. Serat yang sudah dikeringkan dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku anyaman dan kertas (Gambar 7).



Gambar 6. Tanaman enceng gondok
Sumber: empid.blogspot.com



Gambar 7. Tangkai tanaman enceng gondok yang sudah dikeringkan
Sumber: panintisar.indonetwork.co.id

Komposisi enceng gondok dalam tanur kering dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Komposisi eceng gondok dalam tanur kering

No	Parameter	Kadar
1	Kadar a Selulosa	64%
2	Kadar Lignin	8%
	Kadar abu	18%

Sumber: Tim Teknik Kimia UNDIP (2004)

112

Eceng gondok dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku kertas karena mengandung serat/selulosa. Kadar air pada Eceng gondok sekitar 95,49% pada tangkai daunnya dan 90,87% pada akarnya, sedangkan kadar lignin pada tangkai daun sekitar 7,42% sedang pada daun berkisar 26,02%. Serat eceng gondok termasuk jenis serat sedang (1,60-2,12 mm) (Joedodibroto, 1983). Eceng gondok jika dibuat menjadi pulp akan menghasilkan pulp yang berwarna coklat sehingga untukj memutihkan memerlukan proses bleaching.

36

Hasil penelitian Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Sumatera Utara di Danau Toba (2003) melaporkan bahwa satu batang eceng gondok dalam waktu 52 hari mampu berkembang seluas 1 m², atau dalam waktu 1 tahun mampu menutup area seluas 7 m² (Pasaribu, 2007). Eceng gondok dengan luas panen sekitar 1 m² menghasilkan bobot segar sebesar 28 kg dimana (84%) berupa batang. Jika sudah dibuang daunnya, diperoleh panjang batang/pelepah dengan rata-rata 87 cm dan diameter antara 1-3 cm.

163

Untuk proses pulping secara organosolv dengan bahan baku menggunakan eceng gondok, diperlukan kondisi yang optimum yaitu: a) Larutan pemasak etanol dengan katalis asam sulfat pada kisaran pH 2, waktu pemasakan 2 jam dan konsentrasi etanol 60 – 90% mencapai kondisi optimum pada konsentrasi etanol 80% diperoleh hasil a selulosa 81% dan klakson lignin 78,6%, b) Larutan pemasak asam asetat dengan katalis asam sulfat pada kisaran pH 2, waktu pemasakan 2 jam dan konsentrasi asam asetat 50–90% mencapai kondisi optimum pada konsentrasi 90% diperoleh hasil alfa selulosa 75,2% dan klakson lignin 89,3%. Hasil maksimum yang diperoleh pada proses delignifikasi eceng gondok ini yaitu menggunakan larutan pemasak etanol pada konsentrasi 80%, dengan katalis asam sulfat pada pH 2 dan waktu pemasakan selama 2 jam.



Gambar 8. Kertas dari enceng gondok
Sumber: ekosumardiyanto.blogspot.com

1.5 TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit)

Salah satu limbah yang sangat potensial untuk digunakan sebagai bahan baku pulp pada industri minyak sawit adalah tandan kosong kelapa sawit atau TKKS. Hasil limbah TKKS diperkirakan sekitar 2,5 juta ton per tahun (Anonim, 2010). TKKS mengandung serat selulosa mencapai 54-60%, sedangkan kandungan lignin mencapai 22-27% (Hambali, 2007). Secara umum, TKKS di pabrik minyak kelapa sawit dimanfaatkan untuk bahan bakar atau dibuang kembali ke kebun untuk pupuk tetapi hal tersebut menimbulkan kekhawatiran terhadap adanya kekhawatiran pencemaran lingkungan karena asap dan menimbulkan keluhan/masalah karena dapat menurunkan kemampuan tanah menyerap air jika dibuang begitu saja. Selain itu, proses pembusukan TKKS akan menarik kedatangan jenis kumbang tertentu yang berpotensi merusak pohon kelapa sawit hasil peremajaan di lahan sekitar tempat pembuangan. Salah satu usaha dalam mengatasi hal tersebut adalah memanfaatkan TKKS menjadi produk berguna dan bernilai tambah, antara lain memanfaatkannya sebagai bahan baku pulp. Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan salah satu sisa padat yang dihasilkan oleh industri perkebunan kelapa sawit yang banyak mengandung serat (Nuryanto, 2000). Residu pertanian merupakan alternatif penting untuk pengganti kayu sebagai bahan baku pada industri pulp dan kertas (Lam *et al.*, 2001; Jimenez *et al.*, 2006). Salah satu residu pertanian yang keberadaannya

cukup berlimpah adalah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). TKKS memiliki kadar selulosa 50%, lignin 16% dan hemiselulosa 19,6% (Law *et al.*, 2007), serta panjang serat rata-rata bagian pangkal 1,2 mm, bilangan Runkel 0,87, diameter serat 15 mikrometer dan tebal dinding 3,49 mikrometer (Darnoko *et al.*, 1995), sehingga TKKS berpotensi untuk dijadikan alternatif pembuatan pulp non kayu pengganti pulp kayu. Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) jumlahnya 20-30% dari pengolahan Tandan buah sawit (Naibaho, 1998).

Tanaman kelapa sawit (palm oil) diklasifikasikan sebagai berikut:

Ordo : palmaes

Famili : palmae

Sub-famili : cocoidae

37 Genus : elaeis

Spesies : 1. *Elaeis guineensis* Jacq (kelapa sawit Afrika)

2. *Elaeis melanococca* (kelapa sawit Amerika Latin)

Varietas/Tipe digolongkan berdasarkan:

1. Berdasarkan ketebalan cangkang (endocorp): terdapat ada tiga varietas/tipe, yaitu Dura, Pesifera, dan Tenesa.

2. Warna/buah: dikenal tiga tipe yaitu Nigrescens, Virescens, dan Albescens (Setyamidjaja, 2006).

19 Batang sawit merupakan bagian dari sawit yang memiliki paling banyak kandungan selulosa, yaitu 54,38% dengan lignin 23,95%. (Balfas, 2003). Namun lignin yang cukup besar ini akan membutuhkan proses pemasakan yang lebih lama dalam pembuatan pulp. Sehingga tandan kosong kelapa sawit dengan selulosa 43-44% dan lignin yang lebih sedikit (17-20%) lebih efisien digunakan sebagai bahan baku pulp.

Menurut Guritno *et al.* (1998), penggunaan TKKS untuk bahan baku pulp dan kertas akan memberikan beberapa keuntungan:

1. Memberikan tambahan keuntungan pabrik kelapa sawit yaitu dengan menjual TKKS.
2. TKKS lebih murah harganya bila dibandingkan bahan baku seperti kayu untuk produksi pulp.
3. Menjaga kelestarian hutan tropis karena akan lebih sedikit ketergantungan padanya

Tabel 6. Sifat Fisik dan Morfologi TKKS

Parameter	Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)	
	Bagian Pangkal	Bagian ujung
Panjang Serat (mm)	1,20	0,76
Diameter Serat (μm)	15,00	114,34
Tebal dinding (μm)	3,49	3,68
Kadar serat (%)	72,67	62,47
Kadar non serat (%)	27,33	37,53

(Darnoko, dkk, 1995)

Tabel 7. Komposisi kimia TKKS:

Komponen	% berat kering
Selulosa	45,95
Hemiselulosa	22,84
Lignin	16,49
Kadar abu	1,23
Kadar air	3,74

Sumber: Darnoko (1992)



Gambar 9. Serat buah kelapa sawit

Sumber: <http://www.etawau.com/OilPalm/EFB/OilPalmFiber14.jpg>

³¹ Tandan kosong kelapa sawit mengandung serat yang tinggi. Kandungan utama TKKS adalah selulosa dan lignin. ³¹ Bagian dari TKKS yang banyak mengandung selulosa adalah bagian ujung tandan kosong sawit yang agak runcing dan agak keras dan bagian pangkal (Hasibuan, 2010). Serat bagian ujungnya (malai) 0,76 mm Bagian ⁴⁰ sedangkan pangkal TKKS mengandung serat lebih panjang yaitu rata-rata 1,2 mm sedangkan serat bagian ujungnya (malai) lebih pendek 0,76 mm. Bila dikelompokkan ke dalam panjang serat menurut klasifikasi Klemm, ⁵³ serat TKKS termasuk serat pendek sampai sedang, yaitu antara 1,0-2,0 mm, sedangkan diameternya, yaitu serat bagian pangkal dan bagian malai ⁵³ termasuk kelompok diameter kecil sampai sedang (2-2,5 μm). Semakin tinggi kadar serat, semakin tinggi pula rendemen pulp yang akan diperoleh (Darnoko, 1992).

Rendeman pulp belum putih tandan kelapa sawit adalah 38,5% dan rendemen pulp putihnya adalah 32,5 persen dan berdasarkan hasil uji sifat fisik menunjukkan bahwa pulp dari TKKS memenuhi persyaratan seperti halnya pulp dari kayu daun yang menggunakan proses sulfat (SII.0830-83. Hasil pengkajian ⁵⁶ di PT kertas Padalarang tentang pembuatan

kertas dengan komposisi pulp putih tandan kelapa sawit di atas 63 persen, mampu menghasilkan rendeman 99,93 persen dengan gramatur 80 gram per meter persegi. Berdasarkan analisa sifat fisiknya, kertas tandan kelapa sawit memenuhi standar industri Indonesia untuk kertas cetak A (SII.0655-82), kertas cetak B (SII.1409-85) dan kertas cetak C (SII.1160-84).

1.6 Jerami

Jerami merupakan limbah hasil pertanian dari pemanenan tanaman padi yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pulp. Jerami adalah bagian vegetatif dari tanaman padi (batang, daun, tangkai malai). Jerami mengandung silika dan relatif tahan pada proses pelapukan. Pada waktu tanaman dipanen, jerami adalah bagian tanaman yang tidak dipungut. Berat jerami padi tergantung pada (a) rejim air, (b) varietas, nisbah/ gabah jerami, (c) cara budidaya, (d) kesuburan tanah, dan (e) musim, iklim, dan tinggi tempat (Makarim, 2007). Jerami juga dapat diartikan sebagai bagian dari batang padi tanpa akar yang tertinggal setelah diambil butir buahnya. Jerami dapat digunakan sebagai bahan baku pulp dan kertas karena kandungannya selulosanya yang besar. Ada beberapa jenis kertas yang berasal dari bahan baku jerami ini. Hasil produksi kertas dari jerami dapat berupa kertas kraft, kertas cetak, dan kertas map dengan mutu yang memenuhi standar. Kertas dari jerami padi bukan merupakan sesuatu yang baru. Kertas dengan bahan baku jerami telah banyak diproduksi sebelumnya. Aplikasi pemanfaatan jerami untuk dijadikan suatu produk kertas dari berbagai negara adalah sebagai berikut. Di China, pada tahun 1644-1911(Dinasti Qing), produk kertasnya bernama kertas Hsuan yang merupakan campuran serat bambu dan serat jerami padi (Tsai, 1997). Di Amerika, hingga saat ini,

enam surat kabar di Kalifornia menggunakan campuran jerami padi (60%) dan kertas koran bekas (40%) sebagai bahan bakunya.

Penggunaan jerami untuk bahan baku pulp dan kertas akan memberikan beberapa keuntungan:

- Memberikan tambahan keuntungan kepada petani
- Menurunkan ongkos produksi pulp
- Menjaga kelestarian hutan tropis karena Ketersediaan jerami juga berlangsung secara kontinyu.
- Mengurangi polusi.
- Mendapatkan sumber serat.
- Menciptakan lapangan kerja bagi keluarga

a. Sifat Fisik Jerami

Sifat fisik bahan merupakan syarat yang harus diketahui, jika suatu bahan akan digunakan untuk kertas. Sifat fisik yang terutama adalah mengetahui panjang serat dimana panjang serat yang semakin tinggi akan menghasilkan kertas dengan mutu yang lebih baik. Secara umum sifat fisik jerami adalah ;

- Memiliki panjang batang antara 40 cm – 60 cm
- Pada bagian batang berupa buluh beruas-ruas yang bagian dalamnya berongga
- Diameter batang berkisar 1 mm
- Memiliki warna hijau dengan lapisan berwarna coklat



Gambar 10. Jerami padi (deptan.go.id/lokalita/peternak-di-alitta-manfaatkan-jerami-padi-sebagai-pakan)

Tabel 8. Sifat Kimia Jerami

Komposisi	Serat Jerami (%)
Selulosa	61,54
Lignin	14,21
Pentosan	15,04
Abu	4,15
Air	4,1
SiO ₂	0,96
Panjang serat(mm)	0,96
Diameter serat (mm)	0,00929
Tebal dinding serat (mm)	0,00297
Ekstraktif (%)	4,13

Sumber: Haroen dkk (2004)

b. Potensi Jerami di Indonesia

Produksi jerami mencapai 3-5 ton/ha pertanaman padi. Jika indeks panen sebesar 0,5 maka dalam setiap hektar tanaman padi menghasilkan 3 ton jerami kering (Paavilainen dan Torgilson, 1999). Jerami sebagai limbah pertanian tanaman padi jarang dimanfaatkan, tetapi dapat digunakan sebagai bahan baku pulp dan kertas. Ketersediaan jerami padi di Indonesia lebih dari 55 juta metrik ton setahun. Dari jumlah itu hanya sedikit yang dimanfaatkan, karena sebagian besar dibakar setelah proses pemanenan.

Estimasi jerami padi yang tidak dimanfaatkan itu sekitar 60 %. Dari 3 ton jerami itu dapat dihasilkan 1,2 ton pulp dengan metode pulp soda-anthraquinone. Hal ini berarti dapat dihasilkan 1,2 ton pulp jerami per hektar tanaman padi (Paavilainen dan Torgilson, 1999).

Leces merupakan salah satu perusahaan kertas yang menggunakan jerami padi sebagai bahan bakunya. Kelebihannya bahwa jerami padi memiliki kesamaan sifat dengan kayu keras dalam pembuatan pulp. Jerami padi cocok digunakan untuk pembuatan kertas cetak atau tulisan dan kardus. Jerami membutuhkan tenaga yang lebih sedikit dalam pembuatan pulp dibanding kayu, selain itu, lignin pada jerami yang lebih rendah daripada kayu sehingga kebutuhan bahan kimia dalam pembuatan pulp lebih rendah (Stainforth, 1979)

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2007b. Hasil Giling 57 Pabrik Gula Capai 1,43 Juta Ton.
<http://suaramerdeka.com/cybernews/harian/0709/17/nas22.htm>. Diakses Tanggal 2 Oktober 2007.
- Anonim. 2010. Roadmap industri gula tebu. ¹¹¹ Direktorat Jenderal Industri Agro dan Kimia Departemen Perindustrian. Jakarta.
<http://iak.depperin.go.id/edocument/ROADMAP-TEBU.pdf> Diakses pada tanggal 14 April 2010.
- Anonim. 2010. ⁹³ <http://www.bbt.kemenperin.go.id/index.php/hasil-penelitian/arena-tekstil/46-arena-2004/81-serat-nanas>. diakses 10 April 2014.
- Anonim. 2010. Industri pulp dan kertas Indonesia menghadapi persaingan pasar global. Diskusi panel industri kehutanan menghadapi persaingan pasar global. Jakarta.
- Artati, K, A Effendi, dan T Haryanto. 2009. Pengaruh Konsentrasi Larutan Pemasak Pada Proses Delignifikasi Eceng Gondok Dengan Proses Organosolv. *Ekuilibrium* Vol. 8. No. 1. Januari 26 2009 : 25 – 28
- Baskoro, I. B.W. 1986. Pengaruh antrakinson-soda terhadap sifat-sifat pulp ampas tebu dan jerami. Skripsi. Teknologi Hasil Hutan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- ⁷⁰ Balfas, J. 2003. Potensi Kayu Sawit Sebagai Alternatif Bahan Baku Industri Perkayuan. Seminar Nasional Himpunan Alumni IPB dan HAPKA Fakultas Kehutanan IPB

Wilayah Regional Sumatera. Medan.

¹⁰⁰ Berlin, N. V. A., dan Estu, R. 1995. Jenis dan Prospek Bisnis Bambu. Penebar Swadaya. Jakarta.

betang-ulun.blogspot.com

blog ub.ac.id

Covey, G, T Rainaey and D Shore. 2014. The potential for bagasse pulping in Australia. *www.coveyconsulting.com.potential_for_bagasse_in_Australia*

Clark, J.D. 1985. Pulp technology and treatment for paper. Miller Freeman Publication inc. San Fransisco.

¹⁰¹ deptan.go.id/lokalita/peternak-di-alitta-manfaatkan-jerami-padi-sebagai-pakan

⁹⁹ Darnoko. 1992. Potensi Pemanfaatan Limbah Lignoselulosa Kelapa Sawit. Melalui Biokonversi, berita Pen. Perkeb.2. Hal 85-97.

empid.blogspot.com

ekosumardiyanto.blogspot.com

⁹ Endro, T.C. 2012. Penentuan Kondisi Optimum Proses Pembuatan Pulp Dari Ampas Tebu Menggunakan Proses Acetosolv. Tugas Akhir. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

³⁰ Patriasari, W. dan E. Hermiati. 2006. Analisis morfologi serat dan sifat fisis kimia beberapa jenis bambu sebagai bahan baku pulp dan kertas. Laporan Teknik Akhir Tahun 2006. UPT Balai Penelitian dan Pengembangan Biomaterial-LIPI. 14 hal.

Gusmailina dan Sumadiwangsa, S. 1988. Analisa Kimia Sepuluh Jenis Bambu dari Jawa Timur , dalam Jurnal Penelitian Hasil Hutan Vol.5 No.5 hal. 290-293

⁶⁹ Guritno, P. 1998. Pemanfaatan Tandan Kosong dalam Pembuatan Pulp Semi-Kimia. Jurnal PPKS Vol 6(1).

Hambali, E., dkk. 2007. Teknologi Bioenergi. AgroMedia Pustaka. Jakarta.

⁴⁹ Haroen, K, Wawan, Tugiyana dan Sugeng, Pulp Kertas Seni Dari Tanaman serat Bukan Kayu, Vol. 39 No. 1, hal 28-35, Juni 2004, *Berita Selulosa*, Balai Besar Pulp dan Kertas, Bandung.

Hasibuan, R.S. 2010. Kualitas Serat dari Limbah Batang Kelapa Sawit sebagai Bahan Baku Papan Serat. Fakultas Pertanian USU. Medan.

- Hidayati, S. ⁸¹ 2000. Pemutihan Pulp Ampas tebu untuk Bahan Dasar pembuatan CMC. Agrosains, Vol 13 (1):59-78.
- Husin, A. A. 2007. Pemanfaatan Limbah Untuk Bahan Bangunan. http://www.kimpraswil.go.id/balitbang/puskim/Homepage%20Modul%202003/modulc1/MAKALAH%20C1_3.pdf . Diakses tanggal 1 Februari 2007
- <http://www.etawau.com/OilPalm/EFB/OilPalmFiber14.jpg>
- Indriyani, Y. H. dan E. Sumiarsih. 1992. Pembudidayaan Tebu di Lahan Sawah dan Tegalan. Penebar Swadaya. Jakarta
- ⁶⁹ Indrawan, ¹³⁹ E. Siregar, dan Chail. 1993. Tandan –tandan Kertas Sawit. <http://majalah.tempointeraktif.com/id/arsip/1993/12/18/ILT/mbm>
- ⁶¹ Joedodibroto, R. 1983. Prospek Pemanfaatan Eceng Gondok dalam Industri Pulp dan Kertas. Berita Selulosa. Edisi Maret 1983. Vol.XiX No.1. Balai Besar Selulosa. Bandung.
- Kadarisman, D. dan T. Silitonga. 1976. Mempelajari pembuatan pulp sulfat dari beberapa jenis bambu (Sulphate pulping of bamboes). Buletin Penelitian Departemen Teknologi Hasil Pertanian IPB No. 10. Hal 14-19.
- ¹²⁸ Krisdianto, G. Sumarni dan A. Ismanto. 2000. Sari hasil penelitian bambu. ⁴² Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor. Hal 3 dan 14.
- Macklin, B. 2009. Pulping Jerami. Online Buku. Bandung.
- Makarim, A. K. 2007. Jerami Padi Pengelolaannya dan Pemanfaatannya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Agro Inovasi. Bogor.
- Maoyi, F. 2006. Bamboo resources and utilization in China. Research Institute of Subtropical Forestry. Fuyang, Zhejiang. China. Hal 5-8.
- Manuhuwa, E dan M. Loiwatu. 2014. Chemical Component and Anatomical Features of Three Species of Bamboo.
- ¹¹⁶ Muliah. 1975. Ampas tebu dan pengaruh penyimpanannya. Berita Selulosa. Vol. XI, No. 1. Bandung.
- Nuryanto, E. 2000 . Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Sumber Bahan Kimia. Warta PPKS 8(3) : 137-144, PPKS.Medan.
- Oediyono, L., Indriati, dan T. Kurochman. 1985. Pertimbangan ekonomi penggunaan ampas tebu sebagai bahan baku pulp. Bandung. Berita Selulosa. Vol. IX No. 1. Hal 1-3.

Otjo dan Atmadja, 2006. Bambu, Tanaman Tradisional Yang Terlupakan.
<http://www.freelists.org/archives/ppi/09-2006/msg00010.html>

Paturau, J.M. 1982. Sugar Series 3 : By product of The Care Sugar Industry on Introduction to Their Industrial Utilization. 2nd ed Elsevier Publ. Comp. New York.

138 Paavilainen, L., Torgilson, R. 1999. Reed Canary Grass-A New Nordic Papermaking For 127 Pulp And Paper. Agricultural And Food Science. Vol. 10. Supplement I. Jokoinen.

Panintisar.indonetwork.co.id

49 Pasaribu, G dan Sahwalita. 2007. Pengolahan Eceng Gondok Sebagai Bahan Baku Kertas Seni. Prosiding Ekspose Hasil-Hasil Penelitian, 2007

Pracaya. 1990. Bertanam Nenas. PT. Penebar Swadaya Anggota IKAPI. Jakarta.

Runkel, R.O.H. 1952. Tropical woods and agriculture residues as source of pulp. F.A.O. Roma.

9 Ruwelih. 1990. Mempelajari Pengaruh Suhu Pemasakan dan Konsentrasi Soda terhadap Sifat Pulp dan Lindi Hitam dari Pemasakan Kayu Albasia (*Albazzia falcataria Bucker*) dan Ampas Tebu dengan Proses Soda. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

10 Samsuri, M., Gozam, M., Mardias, R., Baiquni, M., Hermansyah, H., Wijanarko, A., Prasetya, B, dan Nasikin, M. 2007. Pemanfaatan selulosa bagas untuk produksi ethanol melalui sakarifikasi dan fermentasi serentak dengan enzim xilanase. Makara, Teknologi, Vol.11. No.1, April 2007 :17-24.

Setyamidjaja, D. 2006. Kelapa Sawit. Kanisius. Yogyakarta.

Stainforth, A.R. 1979. Cereal straw. Clarendon Press.Oxford.

48 Silitonga dan Pasaribu. 1974. Percobaan pengolahan kayu daun lebar campuran sebagai bahan baku pulp kertas. Laporan Lembaga Penelitian Hasil Hutan. Bogor.

Sutiyono. 2004. Budiadaya bambu untuk bahan kertas. Prosiding hal. 145-156.

137 Stephenson, J.N. 1951. Pulp and paper manufacture. Vol. 1. Mc. Graw-Hill Book Company, Inc. New York.

Stig Andtbacka dan Kuerner Pulping, 2006. Tecnical Articles: A fibraline designed for bamboo process. Tappsa technicalAssociation of the pulp and paper industry of sauthern africa. www.tappza.co.za

Tim Penulis PS. 1992. Pembudidayaan Tebu di Lahan Sawah dan Tegalan. Penebar Swadaya. Jakarta. 97-98.

Tim Teknik Kimia UNDIP, 2004, "*Petunjuk Praktikum Pulp and Bleaching*", Undip Press, Semarang Tjptosopomo,G.,1994,

89

Tsai, C.-J., Mielke, M. R., Popko, J. L., Podila, G.K., and Chiang, V. L. 1997. Novel wood coloration and altered lignin composition in transgenic aspen through manipulation of caffeic acid/5-hydroxyferulic acid O-methyltransferase gene expression. *Plant Physiology* 114 (3): 300.

youngmuhajir.wordpress.com

II. FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KUALITAS PULP

2.1 Pendahuluan

Beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas pulp dan kertas dapat terdiri atas sifat morfologi serat dan sifat fisik kimia dari bahan baku. Pengetahuan mengenai morfologi serat maupun sifat kimia pada bahan baku pulp non kayu menjadi sangat penting untuk mengetahui apakah serat tersebut termasuk di dalam kelas yang mana apakah termasuk serat pendek atau panjang sehingga dapat diketahui pemanfaatan bahan baku terlebih lanjut. Untuk bahan baku yang memiliki serat pendek kemungkinan tidak bisa dimanfaatkan untuk kertas yang memiliki spesifikasi yang menghendaki kekuatan kertas yang tinggi.

2.2 Morfologi Serat

Morfologis serat merupakan salah satu sifat yang harus diketahui pada proses pembuatan pulp. Beberapa sifat morfologi serat adalah:

a. Panjang serat,

Serat yang panjang akan membantu terbentuknya jalinan ikatan antar serat yang lebih baik pada proses pembentukan kertas. Panjang serat mempengaruhi kekuatan kertas juga mempengaruhi terhadap mudah tidaknya pencucian pulp dan kehalusan lembaran kertas. Semakin panjang serat maka kertas yang dihasilkan akan semakin baik kualitasnya (Fatriasari dan Hermiati, 2006). Menurut Haygreen dan Bowyer (1996), kekuatan sobek merupakan sifat yang paling dipengaruhi oleh panjang serat dan berhubungan langsung dengan kekuatan sobek sampai panjang serat 4-5 mm. Adanya ikatan antar serat yang baik menyebabkan kertas yang dihasilkan tidak cepat sobek dan tidak mudah ditembus cahaya.

b. Dimensi serat

Diameter serat berpengaruh terhadap sifat fisik kertas, dimana dinding serat yang tebal menyebabkan terbentuknya lembaran yang kasar dan tebal dengan kekuatan sobek yang tinggi namun kekuatan jebol, tarik dan lipatnya akan lebih rendah. Menurut Syafii dan Siregar (2006), dimensi serat dan turunannya ¹⁴⁸ merupakan salah satu sifat penting kayu yang dapat digunakan untuk menduga sifat-sifat pulp yang dihasilkan. Beberapa turunan dimensi serat yaitu Nisbah *Runkle*, Daya Tenun, Nisbah *Muhlsteph*, Nisbah Fleksibilitas, Koefisien Kekakuan. Pada serat yang berdinding tipis lembarannya akan mudah melembek dan menjadi pipih sehingga memberikan permukaan yang luas bagi terjadinya ikatan antar serat sehingga kekuatan sobeknya rendah, namun kekuatan tarik, jebol dan lipatnya tinggi. Serat yang tebal sukar melembek dan tetap mempertahankan bentuknya yang bulat pada saat pembentukan lembaran sehingga struktur yang seperti ini akan menyulitkan dalam proses penggilingan (Fitriasari, 2001). Potensi ikatan yang rendah pada serat yang tebal karena:

1. Kertas dibuat atas berat, berarti bahwa jumlah serat dalam suatu lembaran berbanding terbalik dengan kerapatan dinding sel
2. Serat berdinding tebal memiliki luas permukaan yang lebih kecil persatuan beratnya dibandingkan serat berdinding lebih tipis, sehingga kedua hal tersebut menjelaskan lebih kecilnya kemungkinan ikatan antar serat (Haygreen dan Bowyer, 1996).

c. Tebal dinding sel

Tebal dinding sel berhubungan erat dengan komposisi kimia dinding sel tersebut. Sel berdinding tebal memberikan kekuatan sobek yang tinggi karena proporsi selulosa yang tinggi dan berhubungan dengan rendahnya hemiselulosa dan lignin. ⁹⁷ Kandungan

hemiselulosa terbukti berhubungan dengan hidrasi pulp yang cepat, pembentukan ikatan antar serat yang lebih banyak dan lebih baik dan pembentukan lembaran yang rapat.

d. Runkell ratio

Runkell ratio merupakan perbandingan tebal dinding sel dengan diameter lumen. *Runkle* adalah ratio antara dua kali tebal dinding serat dengan diameter lumen (Syafii dan Iskandar, 2006). Serat dengan bilangan Runkell kurang atau sama dengan satu sangat baik untuk kertas. Suatu serat yang memiliki bilangan *Runkle* kecil artinya serat ini mempunyai dinding sel tipis, diameter lumen lebar, mudah memipih dan pembentukan lembaran pulp mempunyai kekuatan tarik dan kekuatan jebol yang tinggi. Sebaliknya serat dengan bilangan *Runkle* tinggi berarti serat tersebut berdinding sel tebal dan berdiameter kecil serta akan mempertahankan bentuk pipa waktu digiling sehingga menghasilkan lembaran pulp dengan kekuatan tarik dan kekuatan jebol yang rendah (Syafii dan Iskandar, 2006). Menurut Tamolang dan Wangaard (1961) dalam Utama (1995), menyatakan bahwa serat dengan dinding sel tipis dan diameter serat lebar akan mudah memipih pada waktu pembentukan lembaran pulp. Lembaran pulp tersebut mempunyai kekuatan tarik dan jebol yang tinggi. Pada waktu pembentukan lembaran luas permukaan kontak antar serat besar sehingga ikatan antar seratnya tinggi yang menyebabkan kertas tidak mudah sobek. Penggilingan serat (fibrilisasi) merupakan salah satu cara untuk meningkatkan kontak antar serat. Nilai Runkell ratio yang tinggi menandakan serat makin tahan terhadap gaya luar (penggilingan, pengepresan, pengeringan dan lain-lain)

e. Daya Tenun (felting power/slenderness)

Nilai daya tenun (felting power/slenderness) merupakan perbandingan panjang serat dengan diameter serat. Semakin besar perbandingan menyebabkan kekuatan sobek semakin

tinggi dan semakin baik daya tenun seratnya. Kekuatan sobek yang tinggi menunjukkan panjang yang panjang karena dalam menjalin antara serat semakin panjang dan gaya sobek akan terbagi dalam luasan yang lebih besar (Syafii dan Siregar, 2006). Daya tenun serat akan berpengaruh terhadap kekuatan sobek kertas (Tamolang dan Wangaard (1961) dalam Ramdhani (1994). Semakin tinggi daya tenun maka semakin besar sifat lentur serat dan akan membentuk ikatan antar serat yang baik. Pasaribu dan silitonga (1974) dalam Utama (1995) menyatakan bahwa perbandingan lumen terhadap diameter serat mempunyai hubungan parabolis dengan kekuatan tarik dan panjang putus/breaking length. Daya tenun serat ini berpengaruh terhadap kekuatan sobek, artinya semakin tinggi daya tenun maka semakin tinggi pula kekuatan sobek dari kertas tersebut. Dalam menjalin ikatan antar serat, panjang serat merupakan faktor yang lebih penting karena panjang serat akan berperan dalam meningkatkan kekuatan sobek kertas.

f. Muhlsteph Ratio

Semakin kecil nilai MR maka diameter lumen semakin besar sehingga serat semakin mudah menggepeng dan lembaran pulp mempunyai daya lipat yang tinggi. MR yang tinggi (dinding serat tebal dengan diameter lumen kecil) menyebabkan serat bersifat kaku dan cenderung mempertahankan bentuknya selama pembentukan lembaran, sehingga menghasilkan kertas dengan kerapatan rendah dan kekuatan rendah kecuali keteguhan sobeknya yang lebih tinggi dari kelas I. Nilai *Muhlsteph ratio* mempengaruhi kerapatan lembaran pulp dan kekuatan pulp yang dihasilkan. Jika nilai *Muhlsteph ratio* nya kecil maka kerapatan lembaran pulp yang dihasilkan akan semakin baik dengan sifat kekuatan yang baik. Tapi jika nilai *Muhlsteph ratio* tinggi maka menghasilkan lembaran pulp dengan kerapatan rendah dan kekuatan yang rendah pula (Syafii dan Iskandar, 2006).

g. Coeffisien of Rigidity (koefisien kekakuan)

Koefisien kekakuan merupakan perbandingan tebal dinding serat dengan diameter serat. Menurut Pasaribu dan Silitonga (1977) dalam Utama (1995), koefisien kekakuan ini diduga mempunyai korelasi negatif dengan kekuatan tarik. Nilai koefisien kekakuan berbanding terbalik dengan sifat kekuatan tarik kertas, artinya semakin tinggi koefisien kekakuan, maka semakin rendah kekuatan tarik dari kertas yang bersangkutan, dan sebaliknya (Syafii dan Iskandar, 2006).

h. Flexibility Ratio

Flexibility ratio adalah perbandingan antara diameter lumen dengan diameter serat. Jika Serat memiliki nilai *flexibility ratio* tinggi artinya serat tersebut mempunyai tebal dinding yang tipis dan mudah berubah bentuk. Kemampuan berubah bentuk ini menyebabkan persinggungan antara permukaan serat lebih luas sehingga terjadi ikatan serat yang lebih baik yang akan menghasilkan lembaran pulp dengan kekuatan baik (Syafii dan Iskandar, 2006). Flexibility ratio merupakan perbandingan diameter lumen dengan diameter serat, dimana nilai yang paling besar berarti serat tersebut memiliki diameter lumen relatif lebih besar dan diameter serat lebih kecil. Nilai FR yang tinggi dapat menjadikan kertas yang dihasilkan memiliki kekuatan putus (breaking length) yang baik dan tidak kaku atau mudah menggepeng dan pulp mempunyai kekuatan tarik yang tinggi (Tamolang dan Wangaard, 1961 dalam Ramdhani, 1994). Semua serat yang memiliki nilai FR <0,15 berarti lebih rendah dari kelas mutu III berdasarkan kriteria penilaian serat kayu Indonesia untuk bahan pulp dan kertas. Dari beberapa jenis bambu (Tabel 10) pada hasil penelitian Fatriasari dan Hermiati, 2006).

2. Sifat Fisik dan Kimia

Selain sifat morfologi serta, terdapat juga sifat fisik serat yang meliputi masa jenis serat sedangkan untuk sifat kimia serat terdiri atas zat ekstraktif, lignin, selulosa dan hemiselulosa.

a. Massa Jenis

Suatu bahan baku pulp, jika memiliki massa jenis yang tinggi akan menyebabkan kondisi pemasakannya menjadi lebih keras. Akibat dari kondisi ini antara lain:

1. Pulp sukar digiling, tebal, kekuatan sobeknya tinggi sedangkan kekuatan tarik, retak dan ketahanan lipatnya rendah.
2. Kertas yang dihasilkan menjadi rendah kualitasnya karena proses penggilingan sulit.
3. Dinding seratnya tebal sehingga sulit terfibrilisasi dan daya ikat serta rendah dan menyebabkan bahan kimia pemasak tidak cukup lama ditahan.

b. Komponen kimia

Hal penting lain untuk mengetahui pemanfaatan serat adalah komponen kimia yang terkandung dalam bahan baku pulp. ⁹⁷ **Komponen kimia mempengaruhi jumlah larutan pemasak dan kondisi pemasakan**, tingkat keputihan dan jumlah bahan pemutih yang dibutuhkan, rendemen dan kualitas pulp. Komponen kimia yang diharapkan dari bahan baku pulp yang ideal adalah kandungan selulosanya tinggi, kandungan lignin, zat ekstraktif dan kadar abunya rendah.

1. Zat ekstraktif, merupakan bahan yang berinfiltrasi dalam rongga dinding sel atau dalam bentuk endapan pada permukaan rongga sel atau mengisi rongga sel. Selain itu zat ekstraktif yang berupa minyak atau lemak akan mengurangi kekuatan ikatan antar serat, memperbesar konsumsi alkali sehingga proses pemasakan menjadi

kurang sempurna, memperlambat delignifikasi (kandungan lignin sisa dalam pulp tinggi) (Fitriasari dan Hermiati, 2006). Menurut Anonim (1976) dalam Utama (1995), menyatakan bahwa adanya zat ekstraktif dapat mengganggu penetrasi larutan pemasak dan dapat menyebabkan timbulnya bintik-bintik hitam pada kertas (pitch trouble). Hal ini disebabkan zat ekstraktif bereaksi dengan bahan pemasak. Kayu dengan kandungan zat ekstraktif yang tinggi akan menghasilkan rendemen, warna dan kecerahan lembaran yang rendah (Mac Donald dan Franklin, 1969).

2. Lignin, terdapat pada dinding sel dan ¹³⁶ diantara sel-sel yang berfungsi sebagai perekat antar sel agar tetap bersama-sama, pemberi ketegaran pada sel dan memperkecil perubahan dimensi sehubungan dengan perubahan kadar air dan mempertinggi sifat racun kayu terutama membuat kayu tahan terhadap serangan cendawan dan serangga (Haygreen dan Bowyer, 1989). Lignin sisa dalam pulp memberi pengaruh yang kurang baik terhadap warna maupun sifat fisik pulp yaitu pulp kaku, berwarna kuning dan memiliki mutu yang rendah), hal ini disebabkan terhambatnya aktivitas selulosa dan hemiselulosa dalam pembentukan ikatan antar serat (Casey, 1980). Adanya lignin dapat meningkatkan konsumsi bahan kimia pemasak sehingga tidak efisien dan menyulitkan dalam proses penggilingan dan memberikan sifat kaku pada produk pulp.
3. Kadar abu, dimana bambu maupun ampas tebu merupakan salah satu famili rumput-rumputan yang memiliki kandungan silika yang lebih tinggi dibandingkan kayu. Presentase silika menunjukkan upaya tanaman tersebut untuk melindungi dirinya terhadap lingkungan. Adanya silika yang tinggi menyebabkan masalah pada pemasakan dan penguapan lindi dan menimbulkan kesulitan pada pembakaran kembali endapan.

4. Kadar Selulosa, dimana semakin tinggi kadar selulosa dalam bahan akan menguntungkan dalam pembuatan pulp antara lain karena dapat membentuk serat yang kuat dan memiliki daya serap air yang tinggi. Selulosa memiliki warna putih, bersifat tidak larut dalam air dan pelarut organik netral, relatif tahan beberapa jenis bahan kimia dalam pemisahan dan pemurniannya (Franklin dan Mac Donald, 1969). Semakin tinggi selulosa maka rendemen pulp yang dihasilkan juga semakin tinggi. Menurut Fengel dan Wagener (1995), sifat-sifat mekanik lembaran pulp atau kertas ditentukan oleh ikatan antar serat dan ikatan hidrogen (gugus OH⁻ pada selulosa mengadakan interaksi satu dengan yang lain atau dengan gugus O⁻, N⁻, S⁻).
5. Kadar hemiselulosa dapat menyebabkan serat bersifat fleksibel yang merupakan hal yang sangat penting dalam proses penggilingan. Hemiselulosa merupakan polimer amorf yang berasosiasi dengan selulosa dan lignin. Sifatnya mudah mengalami depolimerisasi, hidrolisis oleh asam, basa, mudah larut air. Hemiselulosa berikatan dengan lignin lebih kuat dari pada ikatan dengan selulosa serta mudah mengikat air. Kayu jarum dan kayu lebar memiliki kadar hemiselulosa yang berbeda (Achmadi, 1990). Hemiselulosa merupakan polimer karbohidrat amorf yang berasosiasi dengan selulosa dan lignin. Hemiselulosa terdiri dari kumpulan polimer polisakarida dengan derajat polimerisasi sekitar 100-200. Peranan hemiselulosa dalam proses pembuatan kertas terutama pada waktu penggilingan bubur kayu sangat penting karena sifat gelatinnya memudahkan terbentuknya sifat hidrofilik pulp sehingga memudahkan terjadinya ikatan antar serat (Stephenson, 1951). Hemiselulosa mengembang dalam air sehingga mempercepat fibrilisasi dan berpengaruh terhadap penyerapan air pada waktu pemasakan. Penyerapan air mengakibatkan pengembangan serat, dan meningkatkan plastisitas serat sehingga

serat mudah dipisahkan dari fraksi lain. Serat yang plastis akan memiliki luas ikatan permukaan yang tinggi pada waktu pembentukan lembaran pulp sehingga kekuatan kertas yang dihasilkan menjadi tinggi. Kandungan hemiselulosa yang tinggi juga akan mengurangi waktu dan daya yang dibutuhkan dalam penggilingan dan pemisahan serat selama perlakuan mekanis pada proses pembuatan pulp (Mac Donald dan Franklin, 2001). Beberapa data dibawah ini hasil penelitian Fatriasari dan Hermiati, 2006 adalah penilaian 6 jenis bambu dimana penilaian terhadap sifat fisik dan kimia dan morfologi yang digabungkan dan diprediksi paling cocok untuk bahan baku pulp dan kertas (Tabel 9)

Tabel 9. Rekapitulasi hasil penilaian sifat morfologi, sifat fisis dan kimia 6 jenis bambu

Jenis Bambu	Parameter mutu			Jumlah Nilai	Urutan
	Sifat morfologi	Sifat fisis	Sifat kimia		
Tali	32	10	33	75	3
Hitam	22	9	32	63	5
Kuning	43	8	40	81	1
Andong	32	11	24	67	4
Betung	45	12	22	79	2
Ampel	20	7	27	54	6

Sumber: Fatriasari dan Hermiati, 2006

DAFTAR PUSTAKA

Achmadi, S. 1990. Kimia kayu. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Pusat Antar Universitas. Ilmu Hayat. Institut Pertanian Bogor.

- Casey, J.P. 1980. Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology VI : Pulping and Bleaching. 3nd edition. Interscience Publisher Inc. New York.
- Fitriasari W. 2001. *Pengaruh Perlakuan Alkali pada Pulp Tandan Kosong Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) Terhadap Morfologi Serat dan Sifat Fisis Mekanis Papan Serat Berkerapatan Sedang (MDF)*. [skripsi]. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Fatriasari, W. dan E. Hermiati. 2006. Analisis morfologi serat dan sifat fisis kimia beberapa jenis bambu sebagai bahan baku pulp dan kertas. Laporan Teknik Akhir Tahun 2006. UPT Balai Penelitian dan Pengembangan Biomaterial-LIPI. 14 hal.
- Fengel, D. dan G. Wegener. 1995. Kayu : Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi. Diterjemahkan oleh Hardjonosastro Hamidjojo. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 729 hal.
- Haygreen, J.G. dan J.L. Bowyer. 1996. Hasil Hutan dan Ilmu Kayu. Terjemahan. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Mac Donald, R.G. and J.N. Franklin. 1969. The Pulping Wood. 2nd. Ed (1). Mc Graw-Hill Book Company. New York
- Ramdhani, M.A. 1994. Biopulping, pemanfaatan Fungi White Rot sebagai rekayasa Proses Alternatif Industri Pulp dengan Bahan Baku Sengon. Skripsi Fateta IPB. Bogor.
- Pasaribu dan Silitonga, 1977, Percobaan Pengolahan Kayu Daun Lebar dan Kayu Campuran Sebagai Bahan Baku Pulp dan Kertas, Laporan No. 100. Lembaga Penelitian Hasil Hutan. Bogor.
- Stephenson, J. 1951. Pulp and Paper Manufacture; Preparation of stack for making paper. Mc Grow Hill Book Company, Inc. New York.
- Syafii, W dan Siregar, I.Z. 2006. Sifat Kimia dan Dimensi Serat Kayu Mangium (*Acacia mangium* Willd.) dari Tiga Provenans. J. Tropical Wood Science & Technology Vol.4 No. 1.
- Utama, M.D. 1995. Pengaruh penambahan Suhu maksimum pemasakan dalam Pembuatan Pulp soda antrakinon dari Limbah Kelapa Sawit. Skripsi. IPB.. Bogor

III. SIFAT KIMIA LIGNOSELULOSA

3.1 Pendahuluan

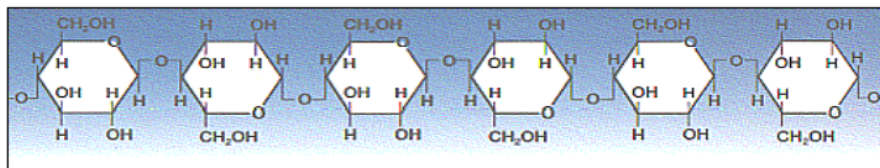
Sifat kimia lignoselulosa seperti kadar selulosa, hemiselulosa, lignin, ekstraktif dan kadar abu merupakan sifat penting dari bahan baku pulp yang harus diketahui. Pengetahuan mengenai sifat kimia suatu bahan terutama abahan baku untuk pulp diperlukan untuk mengetahui pemnfaatan bahan lebih lanjut dan bagaimana juga pengaruhnya terhadap mutu pulp dan kertas yang dihasilkan. Setiap bahan memiliki kandungan lignoselulosa yang berbeda. Bahan baku dengan kandungan selulosa yang

tinggi lebih disukai karena dapat meningkatkan mutu dari pulp atau kertas yang dihasilkan sedangkan bahan baku dengan kadar lignin yang tinggi pada umumnya kurang disukai karena selain lignin merupakan penyebab kekakuan pada kertas juga dapat menurunkan mutu kertas dan menyebabkan warna yang dihasilkan menjadi kurang cerah. Suatu bahan yang mengandung lignin yang tinggi memerlukan proses pemutihan yang lebih lanjut dibandingkan bahan yang mengandung sedikit lignin.

3.2 Selulosa

Selulosa merupakan serat-serat panjang yang bersama-sama hemiselulosa, pektin, dan protein membentuk struktur jaringan yang memperkuat dinding sel tanaman (Winarno, 1984). Selulosa merupakan komponen utama penyusun dinding sel tanaman dan hampir tidak pernah ditemui dalam keadaan murni di alam melainkan berkaitan dengan lignin dan hemiselulosa membentuk lignoselulosa (Czaja *et al.*, ..2006).

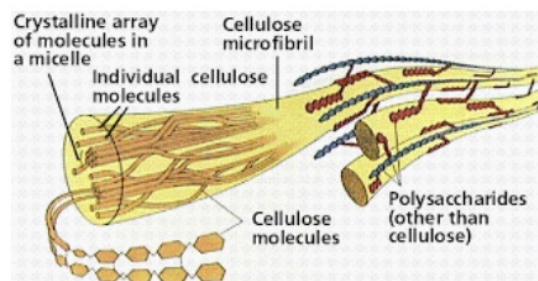
Menurut Sjostrom (1995) selulosa merupakan homopolisakarida yang tersusun atas unit-unit β -D-glukopiranosida yang terikat satu sama lain dengan ikatan-ikatan glikosida. Rumus empiris selulosa adalah $(C_6H_{12}O_5)_n$, n merupakan derajat polimerisasi yang jumlahnya antara 1.200-10.000 dan panjang molekulnya lebih kurang 5.000 nm. Berat molekul rata-rata selulosa sekitar 400.000 (Haygreen dan Bowyer, 1996). Struktur selulosa dapat dilihat pada Gambar 11.



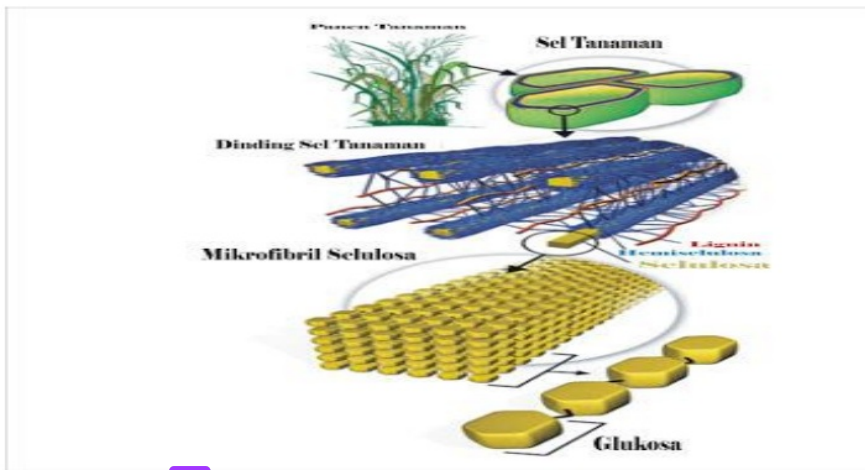
Gambar 11. Struktur selulosa.

Sumber: Sinaga (2008).

Sjostrom (1995) menjelaskan bahwa ¹² molekul-molekul selulosa seluruhnya berbentuk linier dan mempunyai kecenderungan kuat membentuk ikatan-ikatan hidrogen intra dan intermolekul. ¹² Selulosa membentuk agregat bersama-sama dalam membentuk mikrofibril, pada tempat-tempat yang sangat teratur (kristalin) diselingi dengan tempat-tempat yang kurang teratur (amorf). Mikrofibril membentuk fibril-fibril dan akhirnya serat-serat selulosa. Selulosa dapat larut dengan melakukan proses konversi heterogen menjadi menjadi ester (misal selulosa nitrat, selulosa asetat) atau ester (misal metil selulosa, karboksi metil selulosa). Selulosa yang berada ¹² dalam kayu tidak hanya disertai dengan poliosa dan lignin, tetapi juga terikat erat dengannya, dan pemisahannya memerlukan perlakuan kimia yang intensif (Sjostrom, 1995).



Gambar 12. Mikrofibril selulosa (Sumber: <http://nsifah.blogspot.co.id/2013/04/molekul-selulosa.html>)



135

Gambar 13. Mikrofilibril selulosa yang terdiri dari lignin, hemiselulosa, pektin dan selulosa (sumber : <http://newenergi.blogspot.co.id/2015/11/produksi-bioetanol-bahan-kayu-dan.html>)

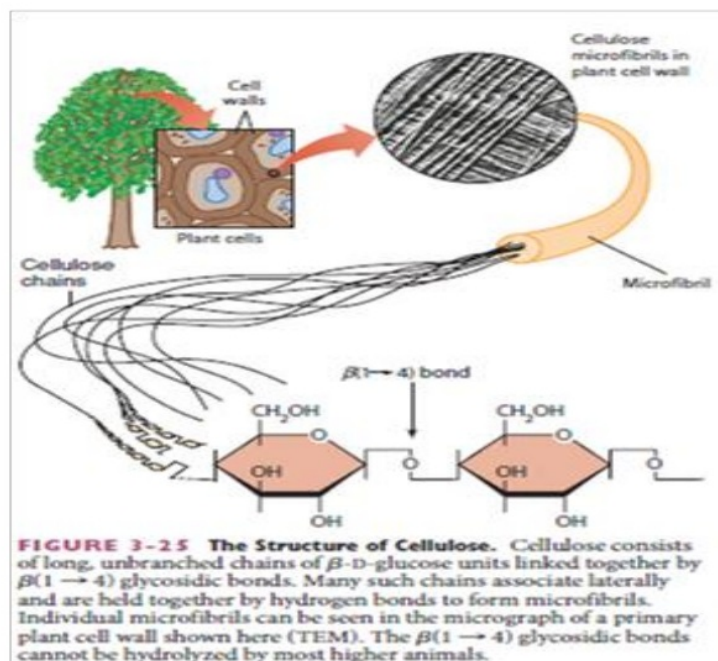


FIGURE 3-25 The Structure of Cellulose. Cellulose consists of long, unbranched chains of β -D-glucose units linked together by $\beta(1 \rightarrow 4)$ glycosidic bonds. Many such chains associate laterally and are held together by hydrogen bonds to form microfibrils. Individual microfibrils can be seen in the micrograph of a primary plant cell wall shown here (TEM). The $\beta(1 \rightarrow 4)$ glycosidic bonds cannot be hydrolyzed by most higher animals.

Gambar 14. Struktur selulosa di dalam tanaman (<http://duniacyberwina.blogspot.co.id/2015/03/permukaan-sel-tanaman.html>)

Selulosa yang tinggi sangat disukai dalam pengolahan pulp dan kertas, bahan sebab dapat menghasilkan rendemen yang tinggi serta memiliki fungsi membentuk jalinan antar serat dengan ikatan H antara gugus hidroksil pada selulosa (Clark, 1985). Oleh sebab itu, degradasi terhadap selulosa pada saat proses pulping diusahakan seminimal mungkin (Simanjuntak, 1994). Gugus hidroksil unit gula dan gugus ujung pereduksi di-, oligo- atau polosakarida merupakan sasaran serangan oksidatif. Gugus-gugus yang diubah adalah gugus aldehid, keto, dan karboksil. Struktur cincin dapat dilindungi atau dapat dirusak dengan pemecahan ikatan cincin oksigen atau ikatan C-C (Fengel dan Wegener, 1995).

Selulosa hampir tidak larut dalam larutan asam mineral atau alkali encer, namun larut dalam asam klorida 45%, asam fosfat 85%, cupri amonium hidroksida, asam sulfat 72%-75%, dan cupri etilen diamin. Asam asetat yang bereaksi dengan selulosa akan melarutkan gamma-selulosa (Sudrajat, 1997). Berikut ini adalah alasan mengapa selulosa diinginkan dalam pembuatan kertas (Mac Donald dan Franklin, 1969).

1. Merupakan bahan baku yang ketersediaannya melimpah, dan harga yang relatif murah
2. Memiliki ketahanan serat yang tinggi.
3. Memiliki daya ikat terhadap air, yang memfasilitasi persiapan mekanis dari serat dan pengikatan antar serat saat campuran dikeringkan.
4. Memiliki warna yang putih alami.
5. Tidak larut dalam air dan pelarut organik netral.
6. Resistan terhadap banyak senyawa kimia yang umum digunakan dalam pemisahan dan pemurnian.

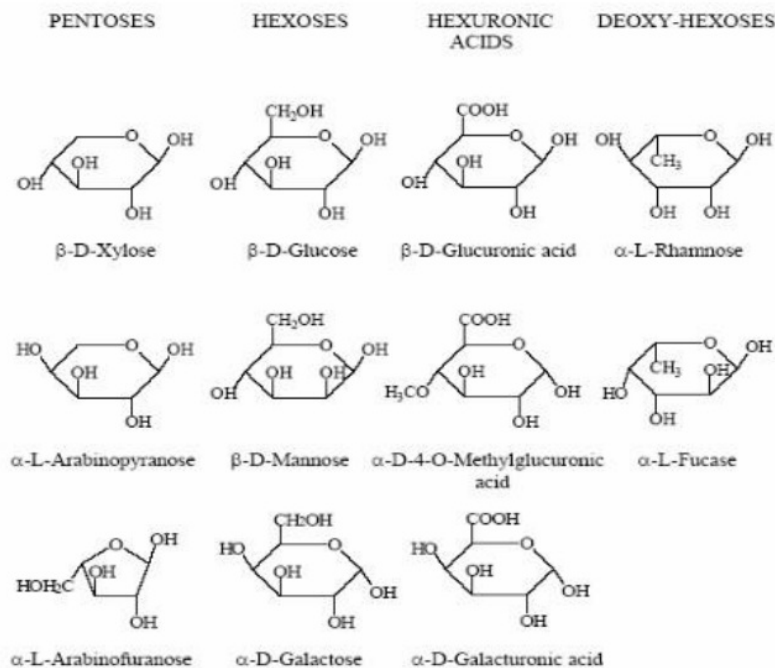
Clark (1985 dalam Nugraha, 2003) mengatakan bahwa dalam ¹²² **pengolahan pulp dan kertas, bahan baku yang berkadar selulosa tinggi sangat diinginkan** sebab dapat menghasilkan rendemen yang tinggi serta memiliki fungsi membentuk jalinan antar serat dengan ikatan H antara gugus hidroksil pada selulosa.

3.3 Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan ¹⁸ **polisakarida yang mengisi ruang antara serat-serat selulosa dalam dinding sel tumbuhan. Secara biokimiawi, hemiselulosa adalah semua polisakarida yang dapat diekstraksi dalam larutan basa (alkalis).** ¹⁸ **Hemiselulosa merupakan senyawa prekursor (pembentuk) selulosa. Monomer penyusun hemiselulosa biasanya adalah rantai D-glukosa, ditambah dengan berbagai bentuk monosakarida yang terikat pada rantai, baik sebagai cabang atau mata rantai, seperti D-manosa, D-galaktosa, D-fruktosa dan pentosa-pentosa seperti D-xilosa dan L-arabinosa** (Anonim, 2008b). Menurut Hartoyo (1989) hemiselulosa merupakan polisakarida lain yang terdapat di dalam kayu tetapi mempunyai rantai molekul yang lebih pendek dari selulosa dan berat molekul lebih rendah. Satu molekul hemiselulosa mempunyai 150 gugus gula sederhana atau kurang dengan rumus empiris $(C_5H_8O_4)_n$ atau $(C_6H_{10}O_5)_n$.

Menurut Casey (1960) kadar hemiselulosa bervariasi antara 15%-18% dalam kayu daun jarum dan 22%-34% dalam kayu daun lebar. Hemiselulosa sangat berpengaruh terhadap terbentuknya jalinan antar serat pada waktu pembentukan lembaran karena sifatnya yang mudah mengembang. Selain itu, hemiselulosa bersifat non kristali, ²⁴ **mudah larut dalam pelarut alkali dan sangat mudah terhidrolisis oleh asam.** Achmadi (1990) menjelaskan ikatan glikosida pada hemiselulosa sangat rentan terhadap pemutusan oleh efek katalis berupa ion hidronium. Bentuk ikatan glikosida, aksesibilitas

hemiselulosa, konsentrasi asam, suhu, dan lama reaksi sangat berpengaruh terhadap hidrolisis asam. Hemiselulosa berpengaruh terhadap ketahanan tarik, ketahanan retak, dan ketahanan lipat kertas. Kadar hemiselulosa yang rendah akan menjadikan penggilingan memerlukan waktu dan energi yang lebih banyak serta menurunkan kecerahan lembaran. Tetapi jika kadar hemiselulosa terlampau tinggi dapat menjadikan hidrasi terlalu cepat sehingga menghasilkan kertas yang memiliki kekuatan rendah, pengerutan pada permukaan dan opasitas yang rendah. Hemiselulosa juga dapat mempengaruhi tingkat keputihan kertas (Libby, 1962). Hemiselulosa tidak berwarna dan relatif stabil sehingga hemiselulosa tidak perlu dihilangkan selama proses pemutihan (Dence dan Reeve, 1996).



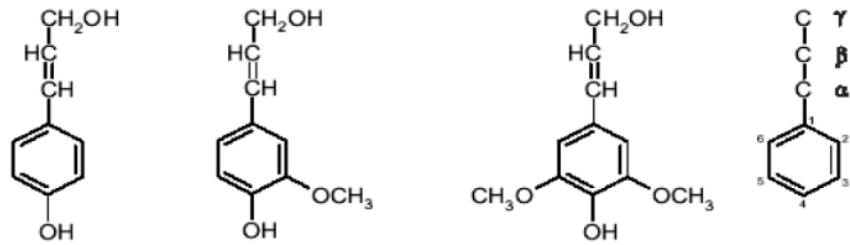
Gambar 12. Struktur hemiselulosa (<http://seeevil13.blogspot.co.id>)

3.4 Lignin

Lignin merupakan molekul yang kompleks dan tersusun dari unit phenylpropane yang terikat di dalam struktur tiga dimensi. Lignin adalah material yang paling kuat di dalam biomassa. Lignin memiliki kandungan energi yang tinggi karena kandungan karbonnya paling tinggi dibandingkan selulosa dan hemiselulosa. Selain itu, lignin sangat resisten terhadap kerusakan secara biologi, enzimatik, maupun kimia. Fungsi lignin pada tanaman adalah memberi kekakuan pada jaringan pengangkut tumbuhan dan melindungi struktur yang tersusun dari polisakarida (selulosa dan hemiselulosa) dari serangan organisme lain sehingga lignin bersifat rekalsitran (Hammel, 1997).

Lignin dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk adhesif karena sifatnya yang mampu mengikat ion logam serta mencegah logam untuk bereaksi dengan komponen lain dan menjadikannya tidak larut dalam air (Indrainy, 2005). Lignin tersusun dari 3 jenis senyawa fenilpropanoid yaitu: alkohol kumaril, alkohol koniferil, dan alkohol sinapil (Van soest, 1982). Senyawa ini juga merupakan senyawa yang tidak mudah larut dalam air (Srebotnik *et al.*, 1998). Struktur lignin dapat dilihat pada Gambar 16.

Lignin dapat dibagi menjadi beberapa kelas menurut unsur-unsur strukturnya. Lignin guaiasil terdapat di hampir semua kayu lunak, sebagian besar merupakan produk polimerisasi koniferil alkohol. Lignin guaiasil-siringil, khas kayu keras adalah kopolimer dari koniferil dan sinapil alkohol, dengan nisbah bervariasi dari 4:1 hingga 1:2 untuk kedua unit monomer (Sjostrom, 1995). Lignin terdistribusi tidak sama pada dinding sel dan kandungan lignin bagian pohon yang berbeda. Contohnya kandungan lignin tinggi adalah khas untuk bagian batang yang paling rendah, paling tinggi, dan paling dalam untuk cabang kayu lunak, kulit, dan kayu tekan (Fengel dan Wegener, 1995).



Para Kumaril Alkohol

Koniferil Alkohol

Sinapil Alkohol

Model Kerangka C

Gambar 16. Unit dasar penyusun lignin.
Sumber : Sixta (2006).

Dalam pulping kimia terjadi hidrolisis beberapa ikatan dalam lignin, sehingga berat molekulnya dapat diturunkan dan fragmen-fragmen lignin dapat dilarutkan, tetapi tidak semua lignin dapat dihilangkan selama proses pembuatan pulp kimia dan biasanya sisa lignin lebih gelap dari pada lignin aslinya. Jika pulp kimia diputihkan maka sisa lignin dipecah secara oksidasi menjadi molekul dengan berat molekul yang lebih rendah dan terjadi pemutusan ikatan antar monomer lignin (Dence dan Reeve, 1996). Beberapa peneliti mengadakan penelitian tentang model reaksi antara asam perasetat dan lignin di dalam media asam maupun netral. Pada pH netral dapat terjadi pemutusan rantai lignin pada gugusan fenolik, struktur α -karbonil eter, β -arileter, ikatan rangkap olifen, dan metil eter (Muladi, 1992).

Beberapa jenis reaksi utama lignin dengan asam perasetat adalah adisi gugus-gugus hidroksil kepada cincin, dimetilisasi oksidatif, pembukaan cincin oksidatif, penggantian rantai samping, pemecahan ikatan β -arileter, dan epoksidasi struktur olefinik (Fengel dan Wegener, 1995). Perubahan rantai aromatik dapat terjadi dengan cara reaksi oksidasi yaitu melalui tahapan ortho chinon menjadi para-chinon dan asam hidroksi mukonik (Farrand dan Jhonson, 1971 dalam Muladi, 1992). Menurut Dence dan Reeve

(1996) pada saat pemutihan pulp dengan cara oksidasi, terbentuk gugus-gugus asam yang menyebabkan peningkatan kelarutan polimer lignin dalam air, sementara itu secara bersamaan terjadi pemecahan ikatan C-C dan C-O.

DAFTAR PUSTAKA

Achmadi, S. 1990. Kimia kayu. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Pusat Antar Universitas. Ilmu Hayat. Institut Pertanian Bogor.

Clark, J.D. 1985. Pulp technology and treatment for paper. Miller Freeman Publication inc. San Fransisco.

¹⁴⁷ Casey, J.P. 1966. *Pulp and Paper : Chemistry and Chemical Technology I*. Interscience Publisher. New York.

¹¹⁰ Dence, C.W. and D.W. Reeve. 1996. *Pulp Bleaching, Principle and Practice*. TAPPI Press. Atlanta, Georgia 9.

⁶³ Farrand, J.C. and Johnson, D.C. 1971. Peroxyacetic acid oxidation of ⁴⁻ methylphenols and their methyl ethers. *J Org Chem* 36(23): 3606-3612.

²⁸ Fengel, D. dan G. Wegener. 1995. *Kayu : Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi*. Diterjemahkan oleh Hardjonosastro Hamidjojo. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 729 hal.

Hartoyo. 1989. Pengetahuan Dasar Kayu Sebagai Sumber Serat. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan Dalam Rangka Alih Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Industri Pulp Kertas dan Papan Serat, Bogor.

Indrainy, M. 2005. Kajian pulping semi-mekanis dan pembuatan handmade paper berbahan dasar pelepah pisang. Fakultas Teknologi Pertanian Institut pertanian Bogor. Bogor. 56 hlm.

¹⁰⁵ Libby, C.E. 1962. *Pulp and Paper Science and Technology, Vol. I*. McGraw-Hill Book Co., New York.

Muladi, S. 1992. Proses pulping dan pemutihan Kayu Daun Jarum Spruce (*Piceaabie*) dengan metode asetosolv. Mulawarman Forestry Report. Indonesia-Germany Forestry Project. Samarinda, Indonesia.

⁸⁸ Mac Donald, R.G. and J.N. Franklin. 1969. *The Pulping Wood*. 2nd. Ed (1). Mc Graw-Hill Book Company. New York

Nugraha, Y. P. 2003. Pengaruh konsentrasi larutan pemasak dan nisbahnya dengan bobot bagase terhadap rendemen dan sifat fisik pulp bagase (*Acetosolv*). Skripsi. Teknologi Hasil Pertanian. UNILA. 58 hlm.

9
Simanjuntak, H.M. 1994. Mempelajari pengaruh komposisi larutan pemasak dan suhu pemasakan pada pengolahan pulp acetosolv Kayu *Eucalyptus Deglupta*. Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor.

75
Sjostrom, E. 1995. Kimia Kayu , Dasar-Dasar dan Penggunaan. Diterjemahkan oleh Hardjonosastro Hamidjojo. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 390 hal.

Sudradjat. 1979. Analisa Kimia Beberapa Kayu Indonesia, Bagian 111. Laporan No. 139, Lembaga Penelitian Hasil Hutan, Bogor.

Sinaga, M.A. 2008. Pengaruh penambahan Hidrogen peroksida pada stage Ekstraksi terhadap Brightness Pulp. USU, Medan

115
Sixta, H. 2006. Handbook of Pulp, Volume I. WILEY-VCH. Verlag GmbH & KGaA. Weinheim

<http://seeevil13.blogspot.co.id/2015/09/makalah-kimia-kayu.html>

IV. PROSES PULPING KONVENSIONAL

4.1 Pendahuluan

Untuk memproduksi kertas, hal yang perlu dilakukan adalah pulping.. Proses pulping merupakan proses untuk memasak bahan baku pulp menjadi bubur pulp. Proses pulping menggunakan bisa dilakukan dengan atau tanpa menggunakan bahan kimia. Terdapat beberapa cara pulping baik secara konvensional maupun non konvensional. Cara konvensional merupakan cara lama yang sampai sekarang masih digunakan untuk membuat pulp. Terdapat beberapa cara pulping konvensional yaitu dapat secara mekanik, semi mekanik, cara kimia maupun semi kimia, dimana masing-masing teknik pulping memiliki kelebihan dan kekurangan baik secara proses, biaya, mutu kertas atau pulp yang dihasilkan dan pengaruhnya terhadap kondisi lingkungan atau pencemaran lingkungan yang ditimbulkan.

4.2 Proses Pulping

Pulp merupakan suatu bahan dasar yang ⁴² digunakan sebagai bahan baku pembuatan kertas. Untuk pembuatan pulp menggunakan bahan baku berupa serat yang mengandung selulosa (Masduqi dan Wardhani, 2005). Pulp dihasilkan dari proses pulping yaitu suatu proses pemisahan serat dari bahan berlignoselulosa seperti kayu, bambu, kapas, atau sisa bahan hasil pertanian (ampas tebu, jerami, serat nenas dan lain-lain). Proses pembuatan pulp terbagi atas dua yaitu proses pembuatan pulp konvensional (proses mekanik, kimia, dan semikimia) dan proses pembuatan pulp non-konvensional (pulp organosolv). Proses pembuatan pulp secara mekanik adalah proses pemisahan serat tanpa memakai bahan-bahan kimia. Proses pembuatan pulp mekanik yang terpenting menggunakan batu gerinda untuk memisahkan serat-serat penyusun kayu atau serat-serat penyusun tumbuhan lain yang akan dibuat pulp (Baskoro, 1986). Menurut Haygreen dan Bowyer (1996) pembuatan pulp secara mekanik menghasilkan kertas bermutu rendah karena kandungan ligninnya masih tinggi sehingga mengakibatkan kertas menjadi kaku dengan permukaan lembaran yang kasar dan tebal.

A. Pembuatan Pulp Secara Mekanis

Proses mekanik merupakan proses pembuatan *pulp* dengan menggunakan ⁶⁸ sistem mekanik tanpa penggunaan bahan kimia, namun hanya menggunakan air. Pembuatan pulp ini adalah proses konvensional yang paling. Secara umum, proses P pembuatan *pulp* secara mekanis yakni dengan pengikisan dengan menggunakan alat seperti gerinda. Proses mekanis yang biasa dikenal diantaranya PGW (*Pine Groundwood*), SGW (*Semi Groundwood*) (Leatham, dkk., 1990).

Proses mekanik ini terbagi atas beberapa proses yaitu :

1. Proses pembuatan *pulp* kayu asah batu

Pulping pada proses ini dengan menggunakan mesin gerinda atau mesin pengasah yang dilengkapi dengan silikon karbida atau aluminium oksida yang dapat digunakan untuk menghaluskan kayu menjadi bagian yang kecil, bagian ini yang disebut dengan gulungan kayu untuk membuat *pulp*. Jika untuk menghaluskan kayu dengan menggunakan uap maka hasilnya akan disebut sebagai *pulp* kayu uap. Alat penggiling yang modern lebih menggunakan kepingan daripada menggunakan batang kayu dan piringan logam. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan *pulp* kayu asah batu ini yaitu :

- a. Jenis kayu
- b. Tipe asah batu
- c. Penggunaan air
- d. Desain permukaan batu
- e. Daya tekan permukaan batu
- f. Temperatur permukaan mesin gerinda

Proses ini menyebabkan serat yang utuh dan bahan kayu yang dirobek-robek dalam bentuk bagian serat. Kerusakan serat secara fisik ini tidak dapat dihindari oleh karena itu kekuatan kertas yang dibuat akan rendah.

2. Proses pembuatan *pulp* kayu asah tekan

Proses pulping menggunakan mesin gerinda yang diberi tekanan dengan *steam* pada temperatur 105 – 125°C. Kayu dipanaskan untuk terlebih dahulu dilunakkan sebelum memasuki mesin gerinda. Pemisahan serat terjadi lebih baik dibandingkan proses kayu asah batu. Hasil pada proses ini menghasilkan pulp kekuatan tarik yang lebih besar dan tingkat kecerahan yang lebih tinggi. Disamping itu juga penggunaan energinya lebih rendah.

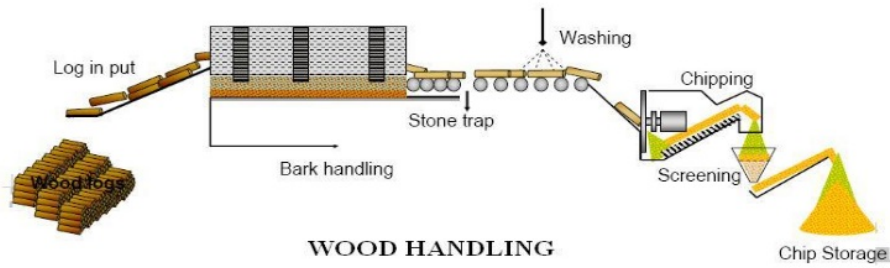
3. Proses mekanik pembaharuan

Proses pulping dilakukan dengan memasukkan *chip* pada lempengan-lempengan logam pada tekanan atmosfer. Untuk proses pelunakan chips digunakan sejumlah uap sehingga proses pemisahan serat dapat berlangsung dengan baik tanpa memerlukan energi yang besar. Variabel penting yang perlu diperhatikan (Viikari & Lantto, 2002) yaitu:

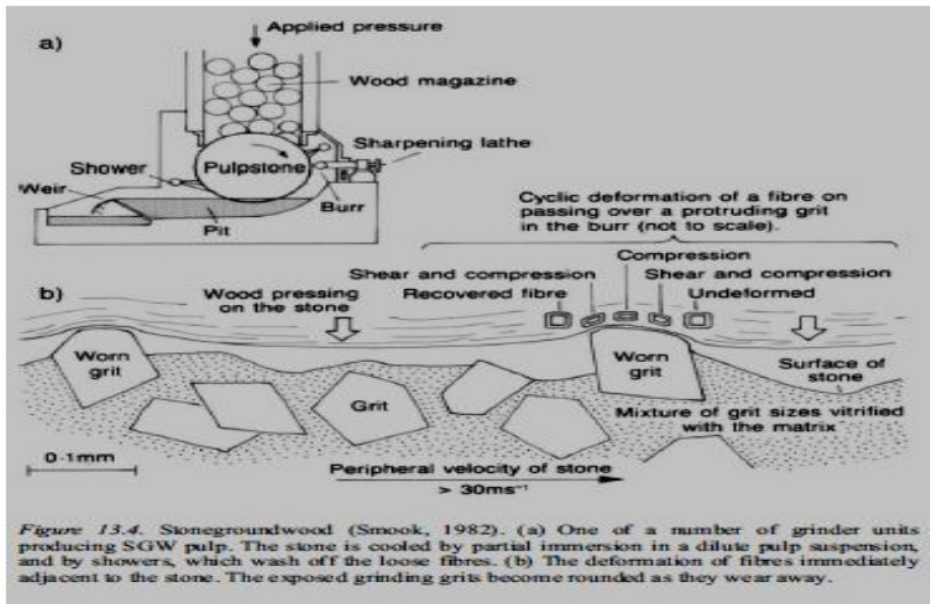
- a. Jenis kayu yang digunakan
- b. Konsistensi *pulp*
- c. Ketajaman dan desain lempengan
- d. Temperatur proses
- e. Laju pengumpanan *chip*
- f. Laju putaran piringan.

4. Thermomekanikal *pulp*

Proses ini hampir sama dengan proses mekanik pembaharuan diatas, namun pada proses ini terjadi dua tahap proses pembaharuan yaitu pada tahap pertama terjadi peningkatan temperatur dan tekanan untuk mempermudah perlepasan serat dan tahap kedua yaitu pembaharuan dalam temperatur ambient untuk persiapan serat dalam pembuatan kertas. Temperatur tertinggi dalam proses ini yaitu 110-130°C. Poulping pada proses ini tidak menggunakan energi yang tinggi dan pemisahan serat terjadi pada tahap pertama, dan menghasilkan *pulp* dengan daya tarik yang cukup kuat. Penanganan kayu di industri terdapat pada gambar 17. proses pembuatan *pulp* secara mekanis yaitu seperti pada gambar 18.



Gambar 17. Penanganan kayu di industri pulp (Sumber: note-why.blogspot.com)



Gambar 18. Proses pembuatan *pulp* secara mekanis (Smook, 1982)

Keuntungan yang diperoleh dari proses mekanik ini yaitu diperoleh *pulp* dengan *yield* 90-98 %, kekentalan yang tinggi dan biaya produksi yang murah, sedangkan kerugiannya yaitu masih terdapatnya lignin dalam *pulp* sehingga kualitas akhir yang

diperoleh tidak begitu baik. Menurut Viikari & Lantto (2002), beberapa kelemahan proses mekanik adalah:

- Kekuatan kertas yang dihasilkan kurang
- Pemakaian energi yang tinggi jika dibandingkan dengan proses kimia
- Hanya bisa digunakan untuk kayu-kayu yang lunak.

Untuk proses pemutihan atau bleaching *pulp* mekanis dicapai dengan cara mengubah secara kimia bagian dari molekul lignin yang menyerap cahaya (yaitu memiliki warna). Penghilangan lignin pada *pulp* mekanis karenanya tidak produktif (counter productive). Bleaching *pulp* mekanis disebut sebagai lignin-preserving (perlindungan-lignin). Kadang-kadang bleaching *pulp* mekanis disebut “brightening” untuk membedakannya dari bleaching *pulp* kimia.

Tabel 10. Perbandingan antara pembuatan pulp secara mekanik dan secara kimia

	MEKANIK	KIMIAWI
6 PEMBUATAN PULP	Merupakan proses penyerutan kayu dimana kayu gelondong setelah dikuliti diserut dalam batu asah yang diberi semprotan air	6 Proses dimana lignin dihilangkan sama sekali, hingga serat-serat kayu mudah dilepaskan pada pembongkaran dari bejana pemasak (digester) atau paling tidak setelah perlakuan mekanik lunak.
KELEBIHAN	Segi kualitas: 1.Yield: 90-95% 2.Tidak berbau Segi ekonomi: 1.Biaya produksi lebih kecil Segi ekologi:	Segikualitas: 1.Kekuatan pulp kuat dan stabil 2.Pulp lebih mudah diputihkan 3.Serat kayu yang rusak relatif sedikit

	<p>1. Tanpa penggunaan bahan kimia</p> <p>2. Memberikan rendemen yang lebih tinggi (90-98%)</p>	<p>4. Semua spesies kayu dapat digunakan sebagai bahan baku</p> <p>Segi ekonomi:</p> <p>1. Waktu pemasakan yang pendek</p> <p>Segi ekologi:</p> <p>1. Efisien dalam penggunaan kembali bahan kimia dan energy</p>
KEKURANGAN	<p>Segi kualitas:</p> <p>1. Kekuatan kurang dan tidak stabil</p> <p>2. Sulit diputihkan</p> <p>3. Banyak serat kayu yang rusak</p> <p>87</p> <p>4. Bahan baku kayu daun jarum dan kayu daun lebar berkerapatan rendah</p> <p>Segi ekonomi:</p> <p>1. Waktu pemasakan yang panjang</p> <p>Segi ekologi:</p> <p>2. Penggunaan energi yang cukup tinggi</p>	<p>Kualitas:</p> <p>1. Yield : 50%</p> <p>2. Berbau busuk</p> <p>Segi ekonomi:</p> <p>1. Biaya terutama untuk pengadaan bahan kimia menjadi mahal</p> <p>Segi ekologi:</p> <p>Berpotensi mencemari lingkungan</p> <p>Memberikan rendemen yang lebih rendah (40-52%)</p>

Sumber: Dence dan Reeve (1996).

B. Pembuatan Pulp secara Kimia

Pada pembuatan pulp dengan metode secara kimia, digunakan bahan baku *chip* dari bahan kayu. *Chip* umumnya mengandung fraksi kecil dari kontaminan yang bukan kayu seperti batu kecil, pasir dan kotoran, logam, plastik, dan karbon dari kayu yang terbakar yang tidak dapat dipisahkan dengan *screening* atau *bleaching*. Kontaminan yang tinggi dapat menyebabkan penipisan atau robeknya pada peralatan proses khususnya pada katup, pompa, dan alat pembersih. (Passinen, 1986). Pulp secara kimia yang dihasilkan merupakan hasil pemasakan dari kepingan kayu dengan bahan kimia di dalam *digester*, dimana dalam proses ini panas yang diberikan dan bahan kimia dapat mengurangi lignin, dan mengikat serat selulosa secara bersama-sama tanpa adanya pengurangan serat selulosa. Yield yang dihasilkan pada proses pulping dengan menggunakan bahan kimia berkisar 50% dengan kadar lignin 3-5% sehingga pulp yang dihasilkan mempunyai kekuatan tarik yang tinggi. Untuk proses pemutihan atau *bleaching* lebih menghasilkan warna pulp dengan tingkat kecerahan yang tinggi (Viikari & Lantto, 2002). Proses pemisahan serat dan pelarutan lignin dengan memakai bahan kimia disebut dengan proses pembuatan pulp kimia (Baskoro, 1986). Haygreen dan Bowyer (1996) menjelaskan bahwa pada pembuatan pulp kimia, dua hal dilakukan sekaligus yaitu pemisahan serat dan penghilangan lignin melibatkan penggunaan bahan kimia dengan bantuan energi panas. Sjostrom (1995), berdasarkan atas penggunaan bahan kimia maka pulping menggunakan bahan kimia terbagi atas: proses sulfit, sulfat (kraft), dan soda. Proses sulfit menggunakan larutan bisulfit sebagai larutan pemasaknya. Proses pulping secara proses sulfat (kraft) dilakukan dengan menggunakan larutan natrium hidroksida dan natrium sulfida, sedangkan proses soda menggunakan larutan kaustik soda. Pulp semikimia dihasilkan dari pemasakan serpih-serpih kayu pada kondisi yang kurang drastis atau dalam waktu yang pendek dan hanya menghasilkan pelarutan lignin sebagian (Sjostrom,

1995). *Chemithermo Mechanical Pulping (CTMP)* merupakan salah satu jenis pulp semikimia dimana proses pembuatannya diberi perlakuan pendahuluan gabungan antara penambahan bahan kimia dan panas. Jenis bahan kimia yang dapat digunakan yaitu senyawa sulfit, soda atau kraft. Proses semikimia ini menghasilkan rendemen antara 60%-75%. Sifat kekuatan, kestabilan warna, kemudahan untuk diputihkan terletak antara sifat pulp kimia dan pulp mekanik (Baskoro, 1986).

Dalam metode pembuatan pulp secara kimia pertama-tama *chip* dimasak dengan bahan kimia yang tepat dalam larutan berair dengan menaikkan suhu dan tekanan. Tujuan utamanya adalah mendegradasi dan melarutkan lignin dan meninggalkan sebagian besar selulosa dan hemiselulosa dalam bentuk serat utuh.

Proses secara kimia meliputi beberapa tahap (Training and Development Center, 2001) yaitu:

1. *Woodyard*, merupakan suatu lapangan luas untuk ¹¹ tempat menerima dan menyimpan kayu gelondongan yang selanjutnya sebagai proses pengkulitan, pemotongan kecil-kecil dan penyaringan potongan kayu.
2. *Barker*, dalam proses penghilangan kulit kayu pada tahap ini, gelondongan kayu dimasukkan dalam "*debarking drums*", yaitu gelondongan silinder berputar yang mengakibatkan gelondongan kayu ikut berputar dan bergesekan satu dengan yang lain melucuti kulit kayunya.
3. *Chipper*, yaitu mesin untuk memotong gelondongan kayu menjadi ukuran kecil yaitu kurang dari 2 cm dan setipis ½ cm.
4. *Screen*, merupakan filter penyaring untuk memisahkan potongan kayu yang lebih besar dari target ukuran diatas, dan untuk menghilangkan debu mesin potong yang tidak perlu.

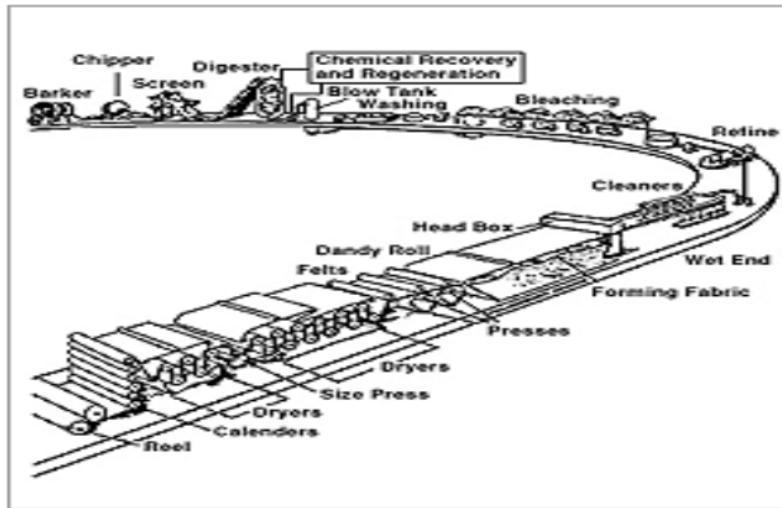
5. *Digester*, prinsipnya seperti panci masak. Chips yang merupakan potongan kayu dimasak dengan suhu dan tekanan yang tinggi dalam suatu larutan kimia penghancur. Larutan dan proses masak ini akan melunakkan chips dan akhirnya memisahkan serat kayu yang diinginkan dari lignin

³⁴ 6. *Chemical Recovery and Regeneration*, proses sampingan kimia inorganik yang diolah ulang dari proses "memasak" sebelumnya, untuk memasak kembali. Bahan buangan limbah cair dikenal sebagai black liquor dapat dimanfaatkan kembali.

7. *Blow Tank*, tempat untuk menampung serat yang sudah terpisah. Serat yang terpisah disebut dengan ³⁴ pulp atau bubur kertas.

8. *Washing*, pada tahap ini washing akan membersihkan sisa-sisa larutan kimia dan lignin yang masih tertinggal, yang dikirim ke tahap chemical recovery process. Bubur kertas yang dihasilkan berwarna coklat dan umumnya digunakan untuk membuat kertas kantong dan *corrugates box* yang coklat.

³⁴ 9. *Bleaching*, merupakan proses pemutihan bubur kertas menggunakan kimia pemutih atau *bleach*, yang tujuan utamanya khusus untuk membuat kertas cetak atau kertas budaya. Proses pemutihan sangat relatif tergantung pada jenis kertas yang akan dibuat. Proses pemutihan seperti terlihat pada gambar 19



Gambar 19. Proses pemutihan di pabrik pulp (sumber: www.summitpressinc.com)

Terdapat 3 jenis metode ⁴³ proses pembuatan pulp secara kimia, yaitu:

1. Proses sulfat (*Kraft*)

⁸ Proses sulfat melibatkan pemasakan *chip* dengan larutan NaOH dan Na. ⁸ Proses pulping ini terjadi reaksi antara kayu atau chip yang mengandung lignin dengan ⁸ dengan alkali menyebabkan pemecahan lignin menjadi kelompok yang lebih kecil dimana garam natrium dapat larut dalam cairan pemasak. "*Kraft*" dalam bahasa Jerman berarti "kuat" ⁸ dan proses sulfat menghasilkan kertas yang kuat tetapi pulp yang belum diputihkan berwarna coklat tua. Proses ini merupakan modifikasi yang ditemukan oleh Carl S Dahl dari proses soda yang hanya menggunakan NaOH sebagai larutan pemasak. Modifikasi dilakukan dengan menambahkan Na (Murugan, 1996).

Kelebihan utama pembuatan pulp secara sulfat atau kraft yaitu:

- a. Mutu kayu tidak dipersyaratkan harus yang bermutu baik, termasuk semua tipe kayu lunak dan kayu keras, bahkan dalam campuran dan toleransi terhadap jumlah ekstraktif yang tinggi maupun bagian kayu lapuk yang besar dari sisa-sisa kulit
- b. Lama waktu Waktu pemasakan yang pendek
- c. Masih dihasilkan limbah yang memiliki nilai tambah seperti minyak tall dan dan terpenting dari spesies pinus
- d. Pulp memiliki sifat-sifat yang sangat baik. -
- e. Bahan kimia yang digunakan tidak mahal dan mudah diperoleh
- f. Pendaur ulangan bahan kimia yang sangat efisien

Hal yang menjadi kekurangan utama dari pembuatan pulp secara sulfat atau kraft yaitu persoalan bau yang dihasilkan dan juga kebutuhan bahan pengelantang yang tinggi (Fengel dan Wagener, 1995). Proses pulping dengan menggunakan NaOH sebagai larutan pemasak telah dilakukan Hidayati (2000) melakukan penelitian menggunakan ampas tebu dalam proses pembuatan pulp secara kimia. Proses dilakukan dengan depithing yaitu menghilangkan pith (empelur) dan proses pemasakan dilakukan pada suhu 160°C dalam autoklav pemasak menggunakan larutan pemasak NaOH dengan ampas tebu dengan perbandingan 1:4. Waktu pemasakan dilakukan selama 3 jam dan konsentrasi pemasak adalah 60 gram/liter. Pulp yang dihasilkan memiliki kadar selulosa 63,8%, hemiselulosa 23,56%, lignin 15,33% , bahan terlarut air 4,54% dan kadar abu 1,76%.

NaOH berfungsi untuk mempercepat proses pemasakan dan mempertinggi kepekatan serta bahan pemasak lain berfungsi untuk memisahkan selulosa dengan pengotor atau komponen lain dalam jerami padi. Kondisi optimum yang diperoleh dengan suhu 110°C dengan waktu selama 120 menit dihasilkan pulp dengan kadar selulosa

sebesar 37,3 % dengan menggunakan bahan baku jerami padi. Faktor-faktor yang mempengaruhi pada proses pulping adalah suhu pemasakan, konsentrasi, konsistensi, dan waktu (Putra, 2012).

2. Proses Sulfit

Dalam proses ini, campuran asam sulfit (H_2SO_3) dan ion bisulfit (HSO_3^-) digunakan untuk menyerang dan melarutkan lignin. Proses ini menyebabkan sulfit bersatu dengan lignin membentuk garam dari asam liginosulfonik yang dapat larut dalam larutan pemasak dan struktur kimia dari lignin masih utuh. Beberapa bahan kimia dasar untuk bisulfit dapat berupa ion kalsium, magnesium, natrium atau ammonium. Pulp sulfit dapat dilakukan dalam rentang PH yang besar. Proses asam sulfit merupakan proses pulp dengan kelebihan asam sulfur bebas (pH 1-2), dimana bisulfit memasak dalam keadaan sedikit asam. Pulp sulfit berwarna lebih cerah daripada pulp *kraft* dan dapat *dibleich* lebih mudah tetapi lembaran kertas lebih lemah daripada kertas *Kraft* (Smook, 2002).

Beberapa keuntungan proses sulfit adalah:

- yield yang dihasilkan lebih besar daripada proses kraft
- pulpnya dapat menghasilkan turunan selulosa
- lebih mudah dioperasikan
- lebih mudah untuk diputihkan

Pulp sulfit biasanya sedikit lebih rusak jika dibandingkan dengan pulp hasil kraft, sehingga produknya sedikit yang digunakan

Tabel 11. Keuntungan dari proses kraft dan sulfit

No.	Proses Kraft	Proses Sulfit
1.	Pulp yang dihasilkan yang lebih kuat	Pulp yang dihasilkan lebih cerah Meskipun belum dilakukan pemutihan

2.	Dapat dilakukan penggunaan kembali bahan kimia	Pulp lebih mudah dibleach untuk diputihkan
3.	Berbagai spesies kayu dapat digunakan sebagai bahan baku	Menghasilkan pulp yang dibleach dengan yield lebih tinggi
4.	Dapat mentolerir kulit kayu dalam Proses	Pulp lebih mudah dimurnikan

Sumber: Smook (2002)

3. Proses Soda

¹⁵⁸ Dalam proses ini, kayu dimasak dengan NaOH. Jika cairan pemasak yang tersisa diuapkan dan dibakar akan menghasilkan Na_2CO_3 sedangkan ketika ditambahkan dengan kapur menghasilkan kembali NaOH. Disebut proses soda karena dihasilkan dari bahan kimia Na_2CO_3 . Namun proses ini sekarang jarang digunakan (Smook, 2002).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pembuatan pulp (Biermann, 1996), yaitu: **Chip Quality dan liquor** merupakan faktor yang sangat penting dalam pulping.

Faktor-faktor kualitas chip yang perlu diperhatikan adalah: **Wood Related Variable**

Yaitu meliputi sifat-sifat kayu seperti spesies, densitas dan decay (kerusakan)

1. *Wood spesies*, dimana softwood chip atau kayu dari jenis kayu lunak atau kayu jarum mampu menghasilkan pulp yang lebih kuat daripada kayu dari jenis hardwood atau kayu keras dan berdaun lebar. Hal ini disebabkan karena softwood memiliki serat yang lebih panjang dan lebih fleksibel dibandingkan hardwood, tetapi secara yield, kayu jarum menghasilkan yield yang lebih rendah dibandingkan kayu lunak.
2. *Wood Density, atau kerapatan kayu*, Density kayu adalah faktor ekonomi yang penting dalam pulping. Dengan suatu kayu yang padat (*denser wood*) akan membuat lebih banyak dalam volume digester dan ini akan meningkatkan produksi pulp. Densitas juga mempengaruhi kualitas pulp maupun kertas dimana serat yang

didapat dari kayu dengan densitas rendah akan menghasilkan serat yang fleksibel serta kertas yang berkekuatan baik.

3. *Wood Decay atau kerusakan kayu, dimana* Pembusukan kayu disebabkan oleh mikroorganisme seperti fungi, bakteri, ragi dan lain-lain. Pembusukan terjadi pada saat tanaman masih ditanam maupun di storage chip (tempat penyimpanan chip)
4. *Chip Size atau ketebalan chip.* Hal ini terkait dengan proses penetrasi cairan pemasak ke chip. Jika chip tebal maka tidak dapat berpenetrasi secara sempurna sehingga chip menjadi tidak masak
5. *Chip Bulk Density, adalah parameter yang digunakan pada* saat pengisian digester. Hal ini menentukan jumlah pulp yang dapat masuk dan dinyatakan dalam kg/m³. Chip Bulk Density dipengaruhi oleh wood density dan chip size.
6. *Chip moisture atau kadar air chip, merupakan faktor yang mem*engaruhi yield, kappa number, dan kualitas pulp. Kadar air yang terlalu rendah dalam menghasilkan chip. Dengan mengetahui moisture content chip dapat dihitung wood input yang masuk kedalam digester, supaya terjaga konsentrasi liquor dan alkali secara konstan. Moisture level sebaiknya dalam range 40%-50%.
7. *Bark (kulit kayu) dan kontaminasi lainnya, Bark merupakan komponen yang tidak* diinginkan dalam produksi pulp karena bark berisi 20-30% selulosa dan 20-30% ekstraktif dan selebihnya lignin. Bark sendiri akan menaikkan konsumsi alkali dan mengurangi kekuatan pulp. Adanya kandungan ekstraktif yang tinggi menyebabkan masalah di evaporator dan pitch pada pulp machine.

White Liquor merupakan bahan kimia pemasak dengan metode sulfat (kraft cycle) dalam bentuk aqueous solution, dimana kandungannya terdiri dari NaOH, Na₂S, Na₂SO₄, Na₂CO₃). Fungsi White Liquor adalah untuk mengurangi kandungan lignin

dalam digester dan juga untuk proses ekstraksi selulosa. Digester yang digunakan adalah digester continue.

1. *Cooking Control Variable*

Variabel-variabel yang digunakan untuk mengontrol cooking adalah:

a. Waktu dan temperatur

Reaksi delignifikasi bergantung pada temperature. Temperatur sangat berpengaruh besar dimana kenaikan 10°C dari 160°C - 170°C akan menyebabkan dua kali delignifikasi.

b. *Alkali charge*

Efektivitas normal alkali charge memiliki nilai antara 10%-18% Na_2O dalam *drywood* tergantung dari jenis kayu, kondisi pemasakan, dan derajat delignifikasi yang dibutuhkan. Kelebihan alkali dapat menyebabkan kenaikan angka delignifikasi, dan mengurangi yield "*as the amount of dissolved hemicellulosa increase.*"

c. *Liquor to wood ratio*

Rasio *liquor wood* (rasio normal 3:1 atau 5:1), jika berlebihan dapat meningkatkan kelebihan *black liquor*.

Secara umum, keuntungan jika pulping menggunakan proses secara kimia yaitu

1. Kekuatan pulp kuat dan stabil
2. Pulp lebih mudah diputihkan
3. Serat kayu yang rusak relatif sedikit
4. Semua spesies kayu dapat digunakan sebagai bahan baku
5. Waktu pemasakan yang cepat
6. Efisien dalam penggunaan kembali bahan kimia dan energi

Sedangkan kekurangan dari pembuatan pulp secara kimia antara lain:

1. Yield: 50%
2. Berbau busuk
3. Biaya produksi lebih mahal karena penggunaan bahan-bahan kimia dalam jumlah besar
4. Berpotensi mencemari lingkungan
5. Memberikan rendemen yang lebih rendah (40-52%)

C. Proses Semi-kimia Pulping

Proses semi kimia merupakan kombinasi antara mekanis dan kimia. Proses semi-kimia, dilakukan seperti proses mekanis, tetapi dibantu dengan bahan kimia untuk lebih melunakkan, sehingga serat-serat selulosa mudah terpisah dan tidak rusak. Proses semikimia ditandai dengan adanya penambahan senyawa kimia seperti natrium karbonat, natrium hidroksida, natrium sulfat dan senyawa kimia yang lain yang digunakan untuk memurnikan *pulp* hasil mekanik. Peralatan dan proses pembuatan *pulp* sama dengan proses pembuatan *pulp* secara mekanik. Proses ini ditemukan oleh Mitscherlich pada tahun 1984.

Tahap awal dari proses semikimia adalah pengolahan bahan baku dengan menggunakan bahan kimia untuk memutuskan ikatan lignin, selulosa. Salah satu contoh proses ini adalah proses pemasakan pulp dengan menggunakan Na_2SO_3 yang mengandung larutan buffer untuk menetralkan asam-asam organik yang terbentuk pada pemanasan sampai 120 °C atau lebih. Fungsi buffer adalah untuk mencegah korosi, menaikkan rendemen dan mengurangi waktu pemasakan. Contoh beberapa jenis buffer yang digunakan adalah campuran NaOH dengan Na_2CO_3 atau Na_2S dengan Na_2SO_4 . Buffer yang sering digunakan adalah NaHCO_3 karena menghasilkan pulp dengan warna

yang lebih baik dan dengan pemakaian bahan kimia yang lebih sedikit. Proses semi kimia yang lain adalah proses alkali dingin yaitu perendaman bahan baku dalam larutan NaOH pada suhu kamar dan tekanan atmosfer. Derajat putih atau tingkat kecerahan kertas yang dihasilkan lebih rendah jika dibandingkan dengan proses netral sulfit (Perry,1999).

Menurut Viikari & Lantto (2002), Jenis – jenis proses pulping secara semikimia yaitu:

A. NSSC (Neutral Sulfit Semichemical)

Proses NSSC menggunakan cairan pemasak Na_2CO_3 dan Na_2SO_3 , pH cairan yaitu 7-10, waktu pemasakan 0,5-2 jam dan pada temperatur pemasakan $160-185^\circ\text{C}$. Proses ini menghasilkan residu lignin sekitar 15-20 % sehingga kertas yang dibuat dari *pulp* ini akan menjadi kaku. Pada proses ini juga dilakukan penambahan antraquinon untuk meningkatkan kualitas *pulp* yang dihasilkan. Penambahan bahan kimia dilakukan pada kondisi temperatur rendah, waktu yang singkat, dan pada pH yang rendah. Pemberian bahan kimia bertujuan agar serat menjadi lebih halus, tetapi tidak mengurangi lignin sepertipada proses kimia secara keseluruhan. Salah satu proses terkenal pembuatan pulp secara semikimia adalah proses Neutral Sulfit Semichemical (NSSC). Proses pemasakan kayu merupakan proses yang memiliki arti yang sangat penting.

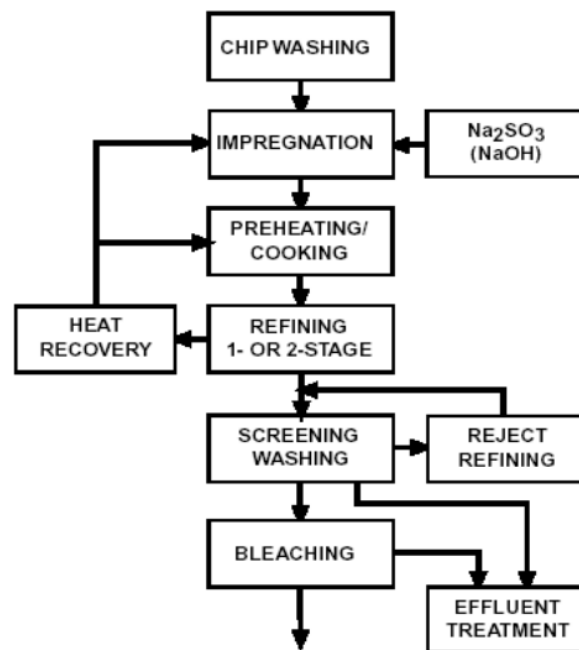
B. CTMP (Chemi-Thermomechanical Pulp)

Proses CTMP dilakukan dengan mereaksikan chip dengan Na_2S dan NaOH pada suhu dan tekanan rendah. Penetrasi cairan kedalam *chip* yang terjadi di dalam bejana impregnasi sehingga *chip* dapat dengan mudah menyerap cairan pemasaknya. *Pulp* yang dihasilkan dari proses ini mempunyai tingkat kecerahan yang lebih tinggi dan lingkungan juga terjaga karena proses ini dapat dilakukan diberbagai lokasi.

Penelitian bahan non kayu sebagai bahan baku pulp sudah dilakukan, dengan cara proses kimia, semikimia maupun mekanik (Byrd dan Hunter 2005, Snell ¹⁶⁷ *et al.* 2004, Kamishima *et al.* 1994, Hosokawa *et al.* 1989). Secara umum, pulp yang dihasilkan dari bahan non kayu dapat dijadikan kertas maupun produk turunan selulosa lainnya. Satria dkk (2010) melaporkan bahwa proses pulping secara semi mekanis dengan bahan baku menggunakan tandan kosong kelapa sawit diperoleh bahwa Kualitas pulp optimum, yaitu yield 38% dan kadar lignin 14% dicapai pada kondisi operasi konsentrasi NaOH 18%, nisbah padatan terhadap cairan 1/8,0765 dan waktu pemasakan 28,456 menit.

Dalam pembuatan kertas metode ini, pretreatment kimia yang digunakan lebih kuat diikuti dengan refining atmosfer (refining dengan keadaan pada tekanan atmosfer), biasanya yield 80–90%. Dalam proses ini tahap pelunakan dan penyeratan atau proses kimia dan mekanis terjadi secara simultan .

Diagram block Chemi Mechanical Pulping secara umum ¹⁵⁷ pada gambar 20.



Gambar 20. Diagram alir proses chemi mechanical pulping (CMP)

Bahan-bahan seperti kayu, bambu dari bentuk gelondong dibuat menjadi bentuk serpih (chipping). Tujuannya chipping adalah untuk memperluas permukaan kayu / bamboo atau kayu agar mudah terjadi reaksi pada waktu terjadi pemasakan. Kayu pada proses awal mengalami pengulitan untuk menghilangkan bahan-bahan non serat (kulit kayu). Selanjutnya dilakukan penjemuran selama \pm 2-3 bulan untuk menurunkan kadar air sampai 30%.

Pembelahan kayu menggunakan log spliter. Tujuan adalah untuk mendapatkan ukuran kayu berdiameter 25 cm dan panjang 1 meter untuk kayu pinus, serta diameter 10 cm dan panjang 2-3 meter untuk kayu turi dan bambu. Pada kayu pinus, getah perlu dihilangkan terlebih dahulu agar tidak mengganggu proses pemasakan dan tidak menimbulkan busa. Setelah itu dilakukan penyerpihan dengan alat chipper, untuk mendapatkan chip ukuran 1,5-2 cm. Setelah itu dilakukan chip washing yaitu chip yang didapatkan dicuci dan direcovery dengan menggunakan bahan kimia. Dari sini menuju cyclone separator untuk memisahkan debu. Debu yang halus naik melalui cerobong, dan chip turun menuju chip screen. Chip dipisahkan dari debu melalui proses screening chip dan dibawa menuju silo menggunakan belt conveyor untuk disimpan.

Setelah itu, chip dilakukan proses impregnation yaitu proses untuk menambahkan suatu liquid kepada bahan solid (kayu) dengan tekanan tinggi dan juga suhu yang tinggi agar liquid dapat masuk ke dalam pori-pori. Impregnation juga biasa disebut dengan perendaman. Semakin lama impregnation dilakukan maka kayu juga akan semakin lunak. Liquid yang digunakan untuk impregnation yaitu bahan kimia Na_2SO_3 atau NaOH .

Setelah dari proses impregnation maka dilakukan proses preheating / cooking, dimana chip yang diperoleh dimasak sehingga terpisah antara serat selulosa dan bahan-bahan lain, terutama lignin, sehingga terbentuk pulp. Dengan mensirkulasikan cairan pemasak ke dalam heater yang selanjutnya dikembalikan ke dalam digester lagi. Sebagai media pemanas digunakan steam jenuh yang akan menghasilkan embunan.

Dilanjutkan dengan proses refining 1 atau 2 stage, pada bagian ini terjadi proses memotong dan menghaluskan serat agar membentuk jaringan antar serat yang lebih baik dan menambahkan zat-zat kimia pada pulp dengan tujuan memperbaiki sifat pulp, sehingga dapat dibuat menjadi kertas yang diinginkan.

Serat-serat yang masih belum halus akan dilakukan kembali proses heat recovery dengan tekanan dan suhu yang tinggi lalu dimasukan kembali ke proses impregnation dan preheating/cooking tergantung dari sifat serat-serat apakah serat tersebut masih perlu diimpregansi atau dipreheating.

Setelah refining maka dilanjutkan dengan proses screening dan washing, pulp mempunyai konsentrasi 11-14 % lalu diencerkan dengan black liquor sampai konsistensi 3 %, selanjutnya dibawa ke separator tank untuk memisahkan pulp dari kotoran seperti kerikil dan logam, baru dilakukan proses pencucian.

Proses pencucian dilakukan dengan washer, yang bertujuan membersihkan pulp dari black liquor kemudian untuk memisahkan antara pulp yang baik dan pulp yang tidak sempurna maka dilakukan penyaringan menggunakan cowan screen. Pulp yang baik dialirkan menuju ekstraktor sedangkan pulp yang kurang sempurna dialirkan menuju headbox dan disaring menggunakan vibrating screen. Pada proses reject refining serat-serat yang kurang halus akan dihaluskan kembali pada proses ini, namun pemakaian bahan kimia atau tidak apabila sudah sangat halus maka bahan kimia tidak perlu untuk

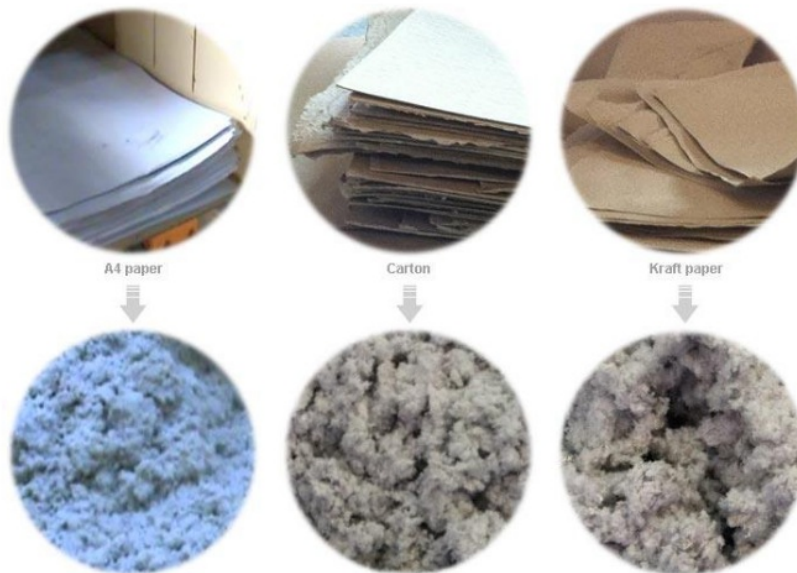
ditambahkan lagi dalam proses ini. Setelah dari ekstraktor, pulp kemudian dialirkan menuju thickener untuk dicuci dan siap dilakukan proses pemutihan (bleaching).

Proses pemutihan (bleaching) adalah proses dimana pulp pulp yang berwarna coklat diputihkan dengan menggunakan bahan-bahan gas khlor dalam hipoklorit dan NaOH. Bahan tersebut dapat mengikat lignin sehingga diharapkan pulp akan bebas dari lignin. Dari screening washing dan bleaching bisa masuk lagi dalam proses effluent treatment. Namun apabila dalam proses bleaching sudah dirasa sempurna maka akan dilanjutkan ke proses pengeringan lalu dilanjutkan ke proses terakhir yaitu proses finishing.

Pada proses konvensional terdapat beberapa ¹¹¹ proses pembuatan pulp yaitu proses pembuatan pulp secara mekanis, kimia, dan gabungan antara proses mekanis dan kimia (Sjostrom, 1986). ²¹ Teknik pembuatan pulp secara mekanis memberikan sifat kekuatan lembaran pulp yang rendah dan penggunaan energi yang cukup tinggi, sedangkan teknik pembuatan pulp secara kimia memberikan sifat kekuatan lembaran pulp yang tinggi, tetapi biaya produksi lebih mahal karena adanya penggunaan bahan – bahan kimia dalam jumlah besar dan berpotensi mencemari lingkungan. Pada proses pembuatan pulp gabungan antara mekanis dan kimia didapatkan kekuatan lembaran pulp yang lebih baik, tetapi proses semakin besar disamping itu, adanya pemakaian bahan kimia yang mempunyai potensi untuk mencemari lingkungan (Leatham dkk, 1990). Contoh kertas dan asal pulp sebelumnya seperti pada gambar 18.

Proses pulping secara mekanik lebih meningkatkan rendemen yang dihasilkan serta proses kimia pada proses ini digunakan dengan tujuan agar serat menjadi lebih halus, tetapi tidak mengurangi lignin sepertipada proses kimia secara keseluruhan. Menurut Perry (1999), jika dibandingkan dengan proses kimia yaitu proses netral sulfit, *brightness*

(keterangan) kertas yang dihasilkan pada proses semikimia ini lebih rendah. Hal ini dapat terjadi karena kerja sulfit dipengaruhi oleh proses mekanik. Proses pulping secara konvensional secara umum seperti terlihat pada gambar 21.



Gambar 21. Contoh kertas dan asal pulp sebelumnya (Sumber: powder-mill.ready-online.com)

Permasalahan utama proses pembuatan pulp konvensional terutama pulp kimia yaitu pencemaran lingkungan. Onsyho (1993 dalam Wirman, 1995) menjelaskan bahwa pencemaran tersebut disebabkan oleh sisa larutan pemasak dan limbah cair sisa pemutihan. Secara umum, industri pulp dan kertas menghasilkan limbah cair dalam jumlah yang sangat tinggi dan ditinjau dari sifat fisik dan kimia terhadap nilai baku mutu air diketahui dapat mengganggu lingkungan, terutama perairan. Limbah industri pulp yang utama adalah lindi hitam dan senyawa klor sisa pemucatan. Pada limbah ini terdapat banyak senyawa-senyawa yang telah diidentifikasi bersifat toksik, mutagenik, dan bioakumulasi. Selain itu menurut Haygreen dan Bowyer (1996) aspek negatif dari proses

pulp sulfat adalah timbulnya bau kobis busuk yang disebabkan oleh senyawa-senyawa belerang yang mudah menguap dan biaya untuk menghilangkan bau tersebut sangat tinggi.

Proses pengolahan pulp non-konvensional berkembang lebih lanjut setelah perkembangan pengolahan pulp konvensional. Proses ini berkembang dengan tujuan untuk mengurangi pencemaran yang ditimbulkan oleh proses konvensional. Proses pulping secara non-konvensional atau disebut juga dengan pulp organosolv ialah suatu proses pulping yang menggunakan pelarut organik seperti etanol, metanol, aseton, asam asetat, kelompok amina dengan atom C rendah dan lain-lainnya sebagai larutan pemasak (Simanjuntak, 1994). Proses organosolve ada beberapa metode yaitu dengan menggunakan proses *alcell* (etanol), proses *acetocell* (asam asetat), proses *organocell* (metanol) (Muladi *et al.*, 2002). Pembuatan pulp organosolv dapat digunakan sebagai alternatif pembuatan pulp sebab investasi yang dibutuhkan relatif rendah, tidak mencemari lingkungan, dan mempunyai keuntungan dengan memperoleh poliosa dan lignin dengan mudah dan sebagian besar tidak berubah untuk penggunaan lebih lanjut yang bernilai lebih tinggi (Fengel dan Wegener, 1995).

Beberapa faktor yang mempengaruhi proses pulping organosolv adalah rasio antara pelarut organik dengan air, rasio antara jumlah pelarut pemasak dengan bahan yang dimasak, suhu pemasakan, dan lama waktu pemasakan (Young dan Akhtar, 1998). Proses organosolve dianggap lebih ekonomis Menurut Kleinert (1974) karena siklus pemasakan relatif lebih pendek terutama untuk kayu daun lebar, sehingga memberikan produktivitas yang tinggi untuk setiap digester; impregnasi pelarut lebih baik daripada pelarut anorganik; pemutihan pulp lebih mudah dan dapat dilakukan dengan menggunakan

senyawa non-klor; dan daur ulang larutan pemasak lebih mudah yaitu dengan cara penguapan.

DAFTAR PUSTAKA

- Baskoro, I. B.W. 1986. Pengaruh antraknon-soda terhadap sifat-sifat pulp ampas tebu dan jerami. Skripsi. Teknologi Hasil Hutan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Biermann, C J. 1996. Handbook of Pulping and Paper Making. Elsevier Science and Technology Books.
- Byrd, M. Hunter, R.W.(2005) Simplified Pulping and Bleaching of Corn Stalk, Canada, Dept. of Wood & Paper Science, NC State University. Available from www.hurterconsult.com/HTMLobj-1008
- Dence, C. W. dan Reeve, D. W. 1996. *Pulp Bleaching : Principle and Practice*. TAPPI Press Atlanta, San Diego. California
- ²⁸ Fengel, D. dan G. Wegener. 1995. Kayu : Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi. Diterjemahkan oleh Hardjonosastro Hamidjojo. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 729 hal.
- ⁵⁵ Haygreen, J.G. dan J.L. Bowyer. 1996. Hasil Hutan dan Ilmu Kayu. Terjemahan. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- ⁸¹ Hidayati, S. 2000. Pemutihan Pulp Ampas tebu untuk Bahan Dasar pembuatan CMC. Agrosains, Vol 13 (1):59-78.
- ²⁷ Hosokawa, J., Matsuo, R. Kamishima, H. Akamatsu, I. Bin Husin, M. Bin Miswan, O. Ramli, R. O. (1989) Chemithermomechanical Pulping of Oil Palm Fronds Using Bunch Ash Extract as Chemical, *Appita*, Vol. 42 (No. 6), pp. 429-432.
- Kamishima, H. Hosokawa, J. Akamatsu, I. Satoh, T. Bin Hasan, K. Bin Ramli, R. Bin Husin, M. Hassan, D. H. A. H. (1994) Development of Chemithermomechanical Pulping Process of Oil Palm Fronds, *Mokuzai Gakkaishi*, Vol. 40 (No. 7), pp. 777-782.
- ¹²¹ Kleinert, T.N. 1974. Organosolv pulping with aqueous alcohol. TAPPI Journal Vol. 57, No. 8. Hal 88-102.
- ⁷² Leathan G.F, G.C Myers dan T.H Wegner. 1990. Bio Chemical Pulping of Aspen Chips: Paper Strength and Optical properties Resulting from Different Fungal Treatments. Tappi Journal.

- Masduqi, A. dan S. Wardhani. 2005. Minimalisasi limbah pada industri pulp dan kertas. Institut Teknologi Sepuluh November. Yogyakarta. Prosiding Seminar Nasional Kimia Lingkungan VII. Hal 38.
- Muladi, S., E.T. Arung., N.M. Nimz, dan O.Faix. 2002. Organosolv pulping and bleaching of pulp with ozone. Lembaga Penelitian Universitas Mulawarman Samarinda.
- Murugan, B. 1996. Proses Kraft Pulping. PT. Indah Kiat Pulp & Paper Tbk Perawang.
- Passinen, K. 1986. Proceedings on The Recovery of Pulping Chemicals. IUPAC-EUCEPA.
- Perry, Robert H. dan Dow W. Green. 1999. Chemical Engineering HandBook. 7th Edition. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Putra, D.A. 2012. ⁹ Pulping Dan Bleaching Dengan Baku Jerami Menggunakan Natrium Hidroksida Dengan Alat Digester Batch. Tugas Akhir. Program Diploma Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Satria, R., Sani, I.M., Holy, V., Rionaldo, H., Zulfansyah dan Amraini, S.Z. 2010. Optimasi Pembuatan Pulp Semi-Mekanis Tandan Kosong Sawit dengan Metode RSM-CCD. National Conference on Chemical Engineering Science and Applications (ChESA). Banda Aceh, 22 Desember 2010.
- Simanjuntak, H.M. 1994. ⁹ Mempelajari pengaruh komposisi larutan pemasak dan suhu pemasakan pada pengolahan pulp acetosolv Kayu Eucalyptus Deglupta. Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor.
- ⁷⁵ Sjostrom, E. 1995. Kimia Kayu , Dasar-Dasar dan Penggunaan. Diterjemahkan oleh Hardjonosastro Hamidjojo. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 390 hal.
- ¹¹⁴ Smook, Gary A. 2002. Handbook for Pulp & Paper Technologists, 3rd edition. Angus Wilde Publication, Montreal. Canada.
- ⁴⁴ Snell, R. Mott, L. Suleman, A. Sule, A. Mayhead, G. (2004) Potassium-Based Pulping Regimes for Oil Palm Empty Fruit Bunch Material, Bangor, Biocomposite Center. Available from: <www.bc.bangor.ac.uk/~03_research4_pulp_paper.htm
- Training and Development Center. 2001. Digester Pulp. Porsea: TPL.
- Vikari, LL.. dan Rija Lanttoo. 2002. *Biotechnology in The Pullp and Papper Industry* .Volume 11. Finland:: Ellseevier.

Wirman. 1995. Pengaruh suhu dan konsentrasi HCl dalam pemasakan terhadap sifat pulp asetosolv yang dipucatkan dari Kayu Leda (*Eucalyptusdeglupta* BI). Skripsi. Fakultas Pertanian. IPB. Bogor.

Young, R.A. and M. Akhtar. 1998. Environmentally Friendly Technologies for the Pulp and Paper Industry. John Willey and Sons, Inc.

V. PEMBUATAN PULP SECARA NON KONVENSIONAL

5.1 Pendahuluan

Produksi pulp dapat dilakukan baik secara metode konvensional maupun non konvensional. Proses pulping dengan menggunakan metode non konvensional dapat dilakukan dengan menggunakan pelarut organik sebagai larutan pemasak. Metode non konvensional dikembangkan di eropa sebagai wujud keprihatinan terhadap dampak pencemaran yang ditimbulkan oleh proses pulping secara konvensional.. ada beberapa kelebihan dan kekurangan penggunaan metode konvensional bila dibandingkan dengan metode konvensional. Metode pulping non konvensional juga memiliki beberapa cara proses. Ada yang menggunakan pulping dengan pelarut asam maupun alkohol.

1.2 Proses Organosolv

Salah satu proses non pulping adalah organosolv pulping dimana proses pulping yang menggunakan bahan yang lebih mudah didegradasi seperti pelarut organik. Pada proses ini, penguraian lignin terutama disebabkan oleh pemutusan ikatan eter (Fengel, 1995). Jenis senyawa organik digunakan antara lain adalah asam asetat, etanol dan metanol. Penggunaan pelarut organik dimaksudkan untuk mengurangi tegangan permukaan larutan pemasak pada suhu tinggi, mempercepat penetrasi ke dalam serpih

dan difusi dari hasil pemutusan lignin dalam kayu ke dalam larutan pemasak (Fengel, 1995). Proses pulping dengan pelarut organik memiliki kelebihan yaitu waktu pemasakan yang lebih singkat dan delignifikasi lebih sempurna (Bahar, 1983). Dari beberapa jenis pulping secara organosolve, proses yang paling berkembang adalah proses *alcell* (alcohol cellulose) yaitu proses pulping dengan menggunakan bahan kimia pemasak alkohol, proses *acetocell* (menggunakan asam asetat), dan proses *organocell* (menggunakan metanol). Ada beberapa teknik pemasakan dengan menggunakan pelarut organik, yaitu dengan menggunakan proses *alcell* (etanol), proses *acetocell* (asam asetat), proses *organocell* (metanol). Pembuatan pulp organosolv dapat digunakan sebagai alternatif pembuatan pulp sebab investasi yang dibutuhkan relatif rendah, tidak mencemari lingkungan, dan mempunyai keuntungan dengan memperoleh poliosa dan lignin dengan mudah dan sebagian besar tidak berubah untuk penggunaan lebih lanjut yang bernilai lebih tinggi (Fengel dan Wegener, 1995).

Proses *organosolv* dapat digambarkan sebagai suatu proses delignifikasi pada suhu pemasakan pulp dengan menggunakan pelarut organik (metanol, etanol, asam asetat, kelompok amina dengan atom C yang rendah dan lain-lain) sebagai media reaksi. Menurut Bahar (1983), proses *organosolv* didasarkan pada perbedaan kelarutan komponen kimia bahan baku pulp, dimana lignin dan ekstrakstif larut dalam pelarut organik, karbohidrat dengan bobot molekul rendah dapat larut dalam air sedangkan selulosa tidak larut dalam kedua larutan tersebut. Proses delignifikasi pada *organosolv pulping* disebabkan oleh terputusnya ikatan eter, yaitu aril eter (-O-4) dan aril gliserol- - aril eter (-O-4) dalam molekul lignin (Sherrard, 1991).

Faktor yang mempengaruhi pulping organosolv adalah rasio antara pelarut organik dengan air, rasio antara jumlah pelarut pemasak dengan bahan yang dimasak,

suhu pemasakan, dan lama waktu pemasakan (Young dan Akhtar, 1998). Menurut Kleinert (1974) ada beberapa ciri penting dari proses organosolv yang dapat menjadikan proses ini ekonomis yaitu siklus pemasakan relatif lebih pendek terutama untuk kayu daun lebar, sehingga memberikan produktivitas yang tinggi untuk setiap digester; impregnasi pelarut lebih baik daripada pelarut anorganik; pemutihan pulp lebih mudah dan dapat dilakukan dengan menggunakan senyawa non-klor; dan daur ulang larutan pemasak lebih mudah yaitu dengan cara penguapan.

Beberapa keuntungan menggunakan pulping secara *organosolv* adalah dapat beroperasi secara ekonomis dengan adanya daur ulang larutan pemasak, dampak terhadap lingkungan rendah karena proses ini tidak mengandung sulfur, memberikan produk-produk sampingan karena mudahnya pemisahan lignin sebagai bahan padat dan karbohidrat sebagai bahan gula (Shatalov dan Pereira, 2004; Yawalata dan Paszner, 2004). Beberapa kelemahan dari proses *organosolv* ini adalah pencucian pulp tidak dapat menggunakan air, bahan kimia yang bersifat menguap (volatil) sehingga mudah terbakar bila digester mengalami kebocoran, serta tidak cocok untuk proses *pulping* dengan campuran dari beberapa jenis kayu (Young dan Akhtar, 1998).

Berbeda dengan delignifikasi konvensional, pulp *organosolv* tidak mudah dicuci dengan air karena cenderung akan kembali mengendapkan lignin yang terlarut pada serat-serat. Untuk mencuci pulp *organosolv* diperlukan jenis pelarut yang lebih kuat untuk melarutkan lignin, diantaranya dapat menggunakan aseton, tetrahidrofuran (THF), dimetilsulfoksida (DMSO) atau 3-5% alkali panas (Casey, 1981). Aseton (CH_3COCH_3) merupakan keton bertitik didih 56°C . Kelarutan aseton dalam air baik, yaitu dapat bercampur sempurna pada semua perbandingan sebab rantai karbonnya relatif pendek (Casey, 1981). Katalisator telah lama diketahui sangat penting dalam proses

delignifikasi. Fungsi katalis dalam hal ini selain berfungsi untuk mempercepat proses delignifikasi, juga berfungsi untuk mengembangkan struktur kayu sehingga memudahkan penetrasi larutan pemasak kedalam serpih dan penggunaan suhu pemasakan yang lebih rendah karena selama ini proses *pulping organosolv* dalam kondisi netral berlangsung pada suhu yang tinggi (175-210°C) untuk mencapai proses delignifikasi.

Ditinjau dari jenis katalis yang digunakan pada pulping *organosolv*, terdapat dua jenis proses, yaitu proses *organosolv* asam (menggunakan katalis H₂SO₄ dan HCl) dan proses *organosolv* basa yang umumnya menggunakan NaOH atau Na₂S. Katalis basa ini dapat digunakan pada suhu dan tekanan rendah maupun tinggi. Delignifikasi dengan alkali menyebabkan pecahnya ikatan eter antara unit-unit fenil propana, menurunkan bobot molekul dan menghasilkan gugus hidroksil fenol bebas. Reaksi yang terjadi akan menaikkan hidrofilitas lignin sehingga mudah larut. Selulosa tidak larut di dalam alkali tetapi hanya sebagian yang terdepolymerisasi dengan derajat polimerisasi rendah dapat larut dalam alkali (Simanjuntak, 1994).

Menurut Young (1998), penggunaan etanol-air dengan penambahan basa akan mentransformasi sodium hidroksida ke dalam basa polisakarida dengan menyerap ion hidroksil. Adanya basa akan menyebabkan tingginya konsentrasi ion hidroksil dalam larutan pemasak sehingga dapat mempercepat delignifikasi dan proses pemutusan pada ikatan intra molekul lignin saat ekstraksi. Penggunaan asam asetat sebagai pelarut organik disebut dengan proses *acetosolv*. Hasil penelitian Jalaludin dan Rizal (2005) menunjukkan bahwa proses pulping secara organosolve menggunakan etanol dengan bahan baku jerami padi dimana kondisi optimum terjadi pada konsentrasi etanol 50%, nisbah cairan/padatan 10:1 (ml/g), konsentrasi katalis NaOH 8%, lama pemasakan 60

menit pada suhu 120°C diperoleh kadar seluloisa 91,48%, hemiselulosa 6,07% dan lignin 3,1%.

5.3 Penggunaan Asam Asetat dalam pulping secara Acetosolve

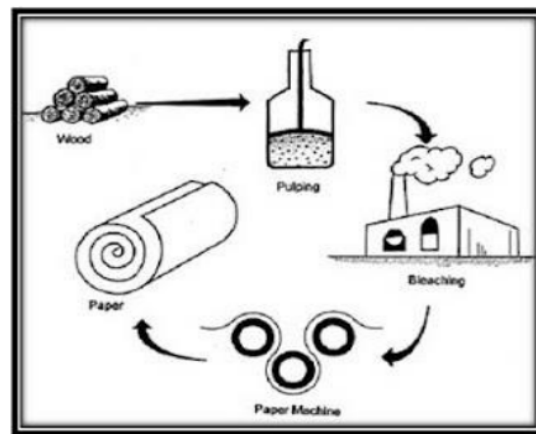
⁸⁰ Penggunaan asam asetat sebagai pelarut organik disebut dengan proses acetosolv. ²⁴ Keunggulan pulping secara acetosolv antara lain bebas senyawa sulfur, daur ulang limbah dapat dilakukan hanya dengan metode penguapan dengan tingkat kemurnian yang cukup tinggi, dan nilai hasil daur ulangnya jauh lebih mahal dibanding dengan hasil daur ulang limbah kraft (Simanjutak, 1994). Lebih dari itu Fengel dan Wegener (1995) menguatkan pernyataan tersebut dengan mengatakan bahwa rendemen pulp lebih tinggi, ²⁴ pendauran lindi hitam dapat dilakukan dengan mudah, dapat diperoleh hasil samping ²⁴ berupa lignin dan furfural dengan kemurnian yang relatif tinggi, dan ekonomis dalam skala yang relatif kecil. Selain itu proses tersebut dapat dilakukan tanpa menggunakan bahan-bahan organik (Sherrard, 1991). Keuntungan dalam menggunakan asam organik sebagai bahan pemasak dalam proses pembuatan pulp secara acetosolv yaitu bisa digunakan sebagai pemasak sampai 10 kali siklus (Simkhovich dkk., 1987). Penggunaan asam untuk proses pulping dekenal dengan nama proses secara *acetosolve*, *formacell* dan *milox* telah dikembangkan (Li dkk., 2012; Pan dkk., 2006; de la Torre dkk., 2013; Fang dan Sixta, 2015). Keunggulan dari proses ini adalah memiliki potensi yang unggul dalam proses pemurnian dan biaya, selain itu kertas yang dihasilkan berkualitas tinggi (Aziz dan Sarkanen, 1989; Hergert, 1998; Sidiras dan Koukios, 2004). Beberapa bahan baku yang pernah diteliti dengan melakukan pulping dengan bahan pemasak pelarut organik dengan bahan baku non kayu telah dilakukan terhadap jute kulit pohon (Sahin dan ¹⁷ Young, 2008),

tongkol *cardoon (Cynara cardunculus)* (Ligero dkk., 2007), kulit kayu (Ligero dkk., 2005), ampas tebu (Tu dkk., 2008), dan jerami gandum (*Triticum vulgare CV. Horoshiri*) (Pan dan Sano, 1999), campuran ampas tebu dan bambu betung (Zuidar *et al*, 2013) dan TKKS (Hidayati dkk, 2016; Hidayati *et al*, 2017). Nimz dan Schoen (1993) melakukan proses *formacell* pada kayu, dimana lignoselulosa terdelignifikasi dengan tekanan rendah dan campuran asam asetat (50-95%), asam formiat (<40%), air (<50%), dan suhu antara 130-190°C dengan rasio pelarut dan kayu dari 1:1 sampai 12:1 menghasilkan nilai Kappa number yang rendah dan kekuatan pulp meningkat. Proses *formacell* sudah diterapkan dengan bahan baku birch (Zhou dkk., 2012), bagas tebu (Zhao dan Liu, 2012), tongkol jagung (Zhang dkk., 2010). Proses *formacell* memiliki banyak keunggulan yaitu menghasilkan rendemen yang tinggi, kadar lignin sisa rendah, tinggi kecerahan dan kekuatan yang baik (Aziz dan Sarkanen, 1989; Muurinen, 2000; Shatalov dan Pereira, 2004; Yawalata dan Paszner, 2004; Lavarack dkk., 2005; López dkk., 2006.; Rodríguez dan Jiménez, 2008). Produk sampingan yang berharga termasuk hemiselulosa dan lignin bebas sulfur fragmen. Lignin dapat digunakan untuk produksi perekat dan produk lainnya karena kemurnian tinggi, berat molekul rendah, dan reagen organik mudah direcycle.

Hidayati dkk (2016) melaporkan bahwa Konsentrasi pemasakan optimum terjadi pada konsentrasi asam formiat 32,74%, konsentrasi HCl 0,079%, dan lama pemasakan selama 1,71 jam dengan hasil optimum untuk produksi pulp TKKS yaitu 78,37 % selulosa, 7,59 % hemiselulosa, 10,71% lignin, dan 67,31% rendemen. Zuidar *et al* (2013) melaporkan bahwa pembuatan pulp dengan menggunakan campuran ampas tebu dan bambu betung pada konsentrasi penambahan katalis H₂SO₄ 0,5% dan lama pemasakan 2 jam merupakan perlakuan terbaik dengan kadar rendemen sebesar 81,419%, selulosa 83,566%, hemiselulosa 5,426%, dan lignin sebesar 9,518% dan pada konsentrasi 1% dengan lama

pemasakan 2 jam diperoleh kadar rendemen sebesar 85,586%, selulosa 83,534%, hemiselulosa 4,193%, dan lignin sebesar 9,842%. Hidayati *et al* (2017) melaporkan bahwa proses pemasakan menggunakan pelarut asam asetat dan asam formiat atau formacel dengan perbandingan atau rasio 85:15 menghasilkan kadar selulosa 73, 75%, hemiselulosa 7.78%, lignin 1.61%, dan rendemen 32.57%.

¹⁴ Asam asetat, asam etanoat atau asam cuka adalah senyawa kimia asam organik yang dikenal sebagai pemberi rasa asam dan aroma dalam makanan. Asam cuka memiliki rumus empiris $C_2H_4O_2$. Rumus ini seringkali ditulis dalam bentuk CH_3COOH , CH_3COOH , atau CH_3CO_2H . Sifat asam asetat murni (disebut asam asetat glasial) adalah cairan higroskopis tak berwarna, dan memiliki titik beku $16.7^{\circ}C$. Setelah asam formiat, asam asetat merupakan salah satu asam karboksilat paling sederhana. Larutan asam asetat dalam air adalah asam lemah, artinya hanya terdisosiasi sebagian menjadi ion H^+ dan CH_3COO^- . Asam . Skema pembuatan kertas (Gambar 20).



Gambar 22. Skema pembuatan kertas

Contoh pembuatan pulp dan kertas dari ampas tebu dengan menggunakan metode acetosolv, tahapan-tahapannya antara lain :

A. Alat dan Bahan

Beberapa alat yang digunakan adalah oven, rotary digester, disintegrator, hidrolic screener, centrifuge, niagara heater hollander, canadian standar freeness, stock chest, alat pres lembaran pulp, ember, saringan kawat, alat pembentuk lembaran pulp, tearing tester, folding tester, dan brightness tester. Bahan baku pembuatan pulp adalah 24 kg bagase sedangkan jenis larutan pemasak yang digunakan adalah asam asetat glasial (konsentrasi 96%) sebanyak 168 L dan 72 L air.

B. Persiapan Bagase

Pada proses produksi pulp dari ampas tebu atau bagase dimulai dengan mencuci ampas tebu dan dijemur sampai kering, kemudian dihilangkan empulurnya dengan menumbuk ampas tebu sampai tinggal serat-seratnya (depithing), ditampi kemudian diambil 1000 g per satu kali masak.

C. Pemasakan Pulp

Proses pemasakan pulp dilakukan dengan menggunakan pelarut asam asetat dan air (proses acetosolv). Sebanyak 1000 g ampas tebu dimasukkan ke dalam rotary digester (alat pemasak, Gambar 21). Pemasakan menggunakan konsentrasi asetat yang 80% dan nisbah larutan pemasak dengan bobot serpih bagase 8:1 dan 12:1. Suhu pemasakan maksimum 160°C dengan tekanan yang terjadi pada suhu tersebut, waktu tuju ke suhu maksimum 69-90 menit, waktu pada suhu maksimum 90 menit. Tujuan proses pulping ini adalah untuk memisahkan selulosa dari lignin (delignifikasi) melalui proses hidrolisis.



Gambar 21. Rotary digister

D. Pencucian Pulp

Pulp hasil pemasakan selanjutnya dicuci dengan menggunakan air. Proses ini bertujuan membebaskan pulp dari larutan pemasak. Pencucian dilakukan hingga pulp tidak mengandung lagi asam asetat yang ditandai dengan hasil cucian bening dan ph normal yaitu mendekati 7.

E. Disintegrasi

Disintegrasi adalah proses yang bertujuan untuk memisahkan serat. Proses ini dilakukan dengan disintegrator yang memiliki prinsip kerja seperti blender. Disintegrasi dilakukan hingga pulp terurai menjadi serat-serat mandiri. Proses ini dilakukan selama 3-5 menit (Gambar 24).



Gambar 24. Disintegrator

E. Penyaringan Pulp

Pulp disaring dengan menggunakan hidrolis screener yang berfungsi menyaring pulp yang telah menjadi serat-serat yang mandiri pada kisaran 80 mesh. Setelah pulp tersaring, dikeringkan dengan memasukkan pulp tersaring ke dalam centrifuge. Pulp hasil sentrifugasi ditimbang untuk ditentukan rendemennya dengan metode kering oven.

G. Penggilingan Pulp

Pulp digiling dengan menggunakan niagara beater hollander. Dalam proses pembuatan lembaran dengan gramatur kurang lebih 60 g/m² atau untuk setiap lembaran dengan diameter 21,5 cm dibutuhkan pulp sebanyak 2,1783 g pulp kering oven. Pulp sebanyak 234 g kering oven, ditambah air hingga mencapai 15,4 L kemudian dimasukkan ke dalam niagara beater hollander. Mesin dijalankan selama 15-20 menit. Untuk memperbaiki ikatan antar serat, maka pulp harus ²⁹ digiling dengan menggunakan niagara beater sampai derajat kehalusan serat mendekati 300 ml CSF(*Canadian Standard Freeness*). Pembentukan lembaran pulp dilakukan berdasarkan SNI 14-0489-1989 dengan target bobot dasar (gramatur) sebesar 60 g/m². Uji derajat freeness atau uji kehalusa serat dilakukan pada waktu 0 menit dilakukan dengan mesin dalam keadaan beroperasi. Pengujian derajat freeness dilakukan hingga pulp mencapai 200-300 derajat freeness. Pada waktu giling dicapai, beban diangkat dan sampel diambil untuk pengujian derajat freeness dan untuk pembuatan lembaran. Pengujian derajat freeness dilakukan dengan cara mengambil 200 mL suspensi pulp (setara dengan 3 g pulp kering oven), ¹¹³ kemudian dimasukkan ke dalam gelas ukur dan ditambahkan air sampai 1000 mL, setelah itu dimasukkan ke dalam alat uji canadian standar freeness dan diuji derajat freeness-nya. Uji dilakukan secara duplo dengan menggunakan alat uji derajat freeness (Gambar 25).



Gambar 25. Canadian Standar Freeness

H. Pembuatan Lembaran Pulp

Pembuatan lembaran pulp dibentuk dengan derajat kehalusan 200-300 derajat freeness. Suspensi pulp sebanyak 1430 ml dan dimasukkan ke dalam stock chest (pengaduk), selanjutnya ditambahkan air sampai 10 L untuk setiap pembuatan 10 lembaran pulp. Bentuk lembaran dengan setiap pengambilan suspensi dari stock chest.

I. Rendemen Pulp

Untuk menghitung rendemen pulp dilakukan dengan cara yaitu pulp hasil pemasakan ditimbang dalam keadaan basah (A g), kemudian diambil contoh pulp sebanyak B g dan dikeringkan ³⁸ dalam oven pada suhu 105 C selama 3 jam. Pengeringan diulang hingga dicapai bobot konstan selama 24 jam. Rendemen dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Rendemen \%} = C/B \times A \times 100\%$$

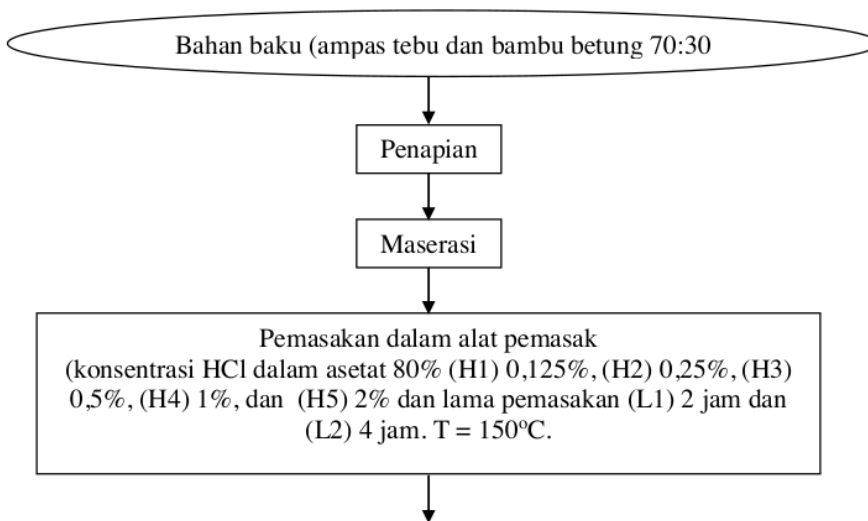
A=Bobot total pulp basah

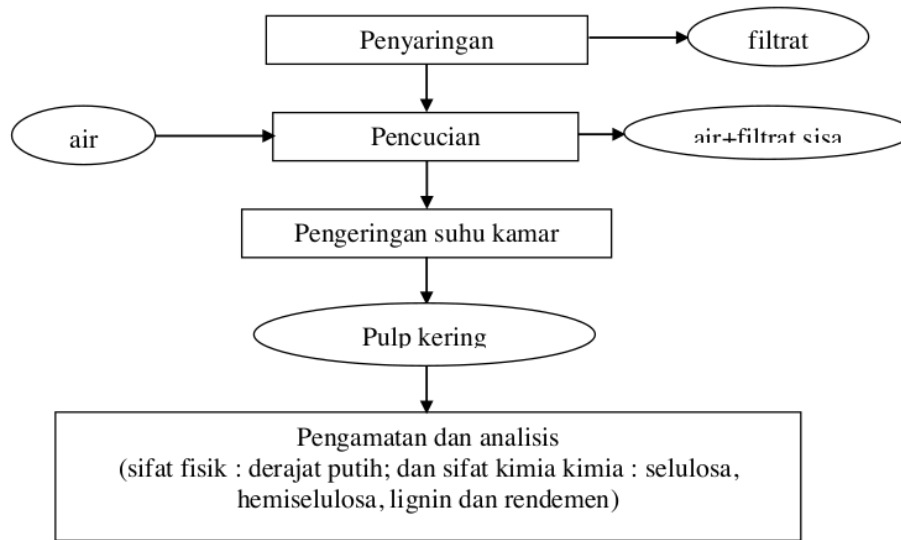
B=Bobot contoh pulp basah

C=Bobot contoh pulp kering

Zulferiyenni dan Hidayati (2010) melakukan proses pemasakan pulp dari ampas tebu dan bambu betung. Ampas tebu yang akan digunakan sebagai bahan baku pembuatan pulp sebelumnya dijemur sampai kering kemudian empelurnya dihilangkan dengan cara ditampi hingga tersisa serat-seratnya. Sedangkan bambu betung kering yang akan digunakan sebelumnya dilakukan pengecilan ukuran dengan cara diserut dan dipotong-potong dengan panjang 4-6 cm.

Pemasakan pulp ampas tebu dan bambu betung dilakukan menggunakan pelarut asam asetat 80% dengan penambahan HCl sebagai katalisator. Perbandingan bahan baku dengan larutan pemasak yang digunakan 1:15 (b/v).. Sebelum pemasakan, bahan baku dimaserasi selama satu jam dengan masing-masing pelarut. Suhu pemasakan yang digunakan 150°C dengan tekanan yang terjadi pada suhu tersebut. Lama waktu pemasakan 2 dan 4 jam pada suhu yang dicapai. Setelah itu dilakukan penyaringan dan pencucian dengan air mengalir yang bersuhu ruang sampai netral atau hingga air hasil pencucian jernih. Pulp basah hasil pencucian kemudian dikeringkan pada suhu kamar 5-6 hari. Diagram alir proses pembuatan pulp dari campuran ampas tebu dan bambu betung dapat dilihat pada Gambar 26.





Gambar 26. Diagram alir produksi pulp bahan baku ampas tebu dan bambu betung
Sumber: Hidayati (1999) yang telah dimodifikasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pada konsentrasi asam asetat 80% menghasilkan selulosa sebesar 82%, hemiselulosa 0,7%, lignin 17,7%, rendemen 66%, derajat keputihan 18,2 GE, indeks retak 2,25 NM²/kg, indek sobek 10 NM²/g dan opasitas 99,8%.

Pada penelitian Zuidar dan Hidayati (2007) menggunakan ampas tebu sebagai bahan baku pada proses pemasakan menggunakan asam asetat dengan rasio larutan pemasak dengan ampas tebu 8:1 dan konsentrasi asam asetat 100% pada suhu 160°C selama 2 jam menghasilkan pulp dengan rendemen 61,24%, kadar selulosa 60,69%, hemiselulosa 13,54%, lignin 24,78% dan bilangan Kappa 28,24.

5.4 Proses Organocell

Untuk memanfaatkan soft-woodnya untuk mengembangkan pulp dengan kekuatan setara pulp kraft maka dikembangkan teknologi pulping yang baru. Karena

menemukan kesulitan pembuatan pulp dengan proses alkohol-asam maka dipilihlah solvolisis alakalin dua tahap yang disebut dengan organocell (Casey, 1981).

5.5 Proses Alcell

Salah satu proses organosolve yang menggunakan etanol sebagai larutan pemasak adalah proses alcell. Proses ini sangat potensial untuk dijadikan proses pulping yang bersahabat dengan lingkungan. By product paling unik dari proses ini adalah ligninnya. Lignin alcell adalah satu-satu produk lignin tanpa sulfur yang beredar di pasaran. Lignin tersebut sudah dimanfaatkan secara komersial. Beberapa kelebihan dari proses ini adalah bebas masalah bau akibat sulfur, by product alcell bersifat renewable, dan limbah cair klor dapat dikurangi (Sherrard, 1991).

Ciri-ciri penting organosolv :

1. Siklus pemasakan relatif lebih pendek terutama untuk kayu lebih lebar sehingga produktivitas tinggi
2. Impregnasi pelarut lebih baik dari pelarut anorganik
3. Pemutihan pulp lebih mudah, dapat menggunakan senyawa non klor
4. Daur ulang pemasakan lebih mudah, dengan metode penguapan

Faktor yang mempengaruhi pulping organosolv antara lain rasio antara pelarut organik dengan air, rasio antara jumlah pelarut pemasak dengan bahan yang dimasak, Suhu pemasakan dan Lama waktu pemasakan. Sedangkan kelemahan proses organosolv antara lain :

1. Pencucian pulp tidak dapat menggunakan air
2. Bahan kimia yang bersifat volatil sehingga mudah terbakar bila digester mengalami kebocoran
3. Tidak cocok untuk proses pulping dengan campuran dari beberapa jenis kayu

Daftar Pustaka

- 3 Aziz, S. and K. V. Sarkanen: 1989. Organosolv pulping-A review. *Tappi Journal*, 72, 169-175
- Bahar, N. 1983. Pembuatan Pulp dengan Pelarut Organik (Studi Literatur). Kompilasi Simposium Selulosa dan Kertas V (3-5 Agustus 1983). Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Selulosa. Bandung.
- Casey, J.P. 1981. Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology VI : Pulping and Bleaching. 3rd edition. Interscience Publisher Inc. New York.
- 58 de la Torre, M.J., Moral, A., Hernández, M.D., Cabeza, E., and Tijero, A., (2013), Organosolv Lignin for Biofuel, *Industrial Crops and Products Journal*, 45, pp. 58-63.
- 92 Fang, W. and Sixta, H., (2015), Advanced Biorefinery Based on The Fractionation of Biomass in Valerolactone and Water, *Chem. Sus. Chem. Journal*, 8, pp. 73-76.
- 28 Fengel, D. dan G. Wegener. 1995. Kayu : Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi. Diterjemahkan oleh Hardjonosastro Hamidjojo. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 729 hal.
- 54 Hergert, H.L., (1998), *Developments in Organosolv Pulping: An Overview*. In: Environmental Friendly Technologies for the Pulp and Paper Industry. Eds. R.A. Young, M. Akhtar. Wiley, New York. pp. 5-67.
- 35 Hidayati, S., Zuidar, A.S; Fahreza, A., 2016. Optimasi Produksi Pulp *Formacell* dari Tandan Kelapa Sawit (TKKS) dengan Metode Permukaan Respon. *Reaktor*, Vol. 16 No. 4, Desember Tahun 2016, Hal. 161-171
- Hidayati, S., Zuidar, A.S; Satyajaya, W . 2017. Effect of Acetic Acid: Formic Acid Ratio on Characteristics of Pulp From Oil Palm Empty Fruit Bunches (OPEFB). *ARNP JEAS*, Vol 12, No.12
- 3 Johansson, A., O. Aaltonen and P. Ylinen: Organosolv pulping methods and pulping properties. *Biomass*, 13, 45-65 (1987).
- 3 Kordsachia, O., B. Wandinger and R. Patt: Some investigations an ASAM pulping and chlorine free bleaching of Eucalyptus from Spain. *Holzals Roh und Werkstof*, 50, 85-91 (1992).
- 57 Lavarack, B.P., Rainey, T.J., Falzon, K.L., and Bullock, G.E., (2005), A Preliminary Assessment of Aqueous Ethanol Pulping of Bagasse: The Ecopulp Process, *International Sugar Journal*, 107, pp. 611-615.
- 104 Li, M.F., Sun, S.N., Xu, F., and Sun, R.C., (2012), *Organosolv Fractionation of Lignocelluloses for Fuels, Chemicals and Materials: A Biorefinery Processing Perspective*. In: Biomass Conversion, The Interface of Biotechnology, Chemistry and Materials Science, Editors, Springer Berlin, Heidelberg, pp. 341-379.

- ¹⁷ Ligeró, P., Villaverde, J.J., Vega, A., Bao, M., (2007), Acetosolv Delignification of Defoliated Cardoon (*Cynara cardunculus*) Stalks, *Industrial Crops and Products*, 27, pp. 294-300.
- Ligeró, P., Vega, A., Bao, M., (2005), Acetosolv Delignification of *Miscanthus Sinensis* Bark – Influence of Process Variables, *Industrial Crops and Products*, 21, pp. 235-240.
- ⁸⁵ López, F., Alfaro, A., Jiménez, L., and Rodríguez, A., (2006), Alcohols ⁹⁸ Organic Solvents for The Obtainment of Cellulose Pulp, *Afinidad*, 63(523), pp. 174-182.
- Muurinen, E., (2000), *Organosolv Pulping (A Review and Distillation Study Related to Peroxyacid Pulping)*, Fakultas Teknologi Universitas Oulu, Linnanmaa, pp. 1-314.
- ¹⁰³ Nimz, H.H. and Schoen, M., (1993) ⁹¹ on Waste Pulping and Bleaching with Acetic Acid, *ISWPC Proceeding*, Beijing, pp. 258-265.
- Pan, XJ. and Sano, Y., (1999), Acetic Acid Pulping of Wheat Straw Under Atmospheric Pressure, *Journal Wood Science*, 45, pp. 319-325.
- ¹⁰⁹ Pan, X., Gilkes, N., Kadla, J., Pye, K., Saka, S., Gregg, D., and Ehara, K., (2006), Bioconversion of Hybrid Poplar to Ethanol and Co-Products using An Organosolv Fractionation Process: Optimization of Process Yields, *Biotechnology and Bioengineering*, 94, pp. 851-861.
- ³ Patt, R., O. Kordsachia and H.L. Schubert: Laboratory and Pilot Plant Scale ASAM Pulping of Soft and Hardwoods and Chlorine Free Bleaching of The resulting Pulps, Proc. Braz. Symp. Chem. Lignins Other Wood Compan. 2nd, 3, 56-71 (1992).
- ¹²⁰ Rodríguez, A. and Jiménez, L., (2008), Pulping with Organic Solvents Others than Alcohols, *Afinidad*, 65(535), pp. 188–196.
- ¹⁷ Sahin, H.T. and Young, R.A. (2008). Auto-Catalyzed Acetic Acid Pulping of Jute, *Industrial Crops and Products*, 28(1), pp. 24-28.
- ³² Shatalov, A.A. and Pereira, H., (2004), Arundo donax L. Reed: New Perspectives For Pulping And Bleaching. Part 3. Ethanol Reinforced Alkaline Pulping, *Tappi Journal*, 3(2), pp. 27–31.
- ⁸⁴ Sidiras, D. and Koukios, E., (2004), Simulation of Acid-Catalysed Organosolv Fractionation of Wheat Straw, *Bioresources Technology*, 94(1), pp. 91-98.
- ⁷⁴ Simkhovich, B.S., Zilbergleit, M.A., and Reznikov, V.M., (1987), Papermaking Properties of Acetic Acid Pulp from Hardwoods, *Bum Prom*, 7, pp. 25-26.
- ³ Sundquist, J., L. Laamanen and K. Poppius: Problem of non-conventional pulping processes in the peroxyformic acid cooking experiments. *Paperi Ja Puu.*, 70,143-148 (1988).

- 9
Simanjuntak, H.M. 1994. Mempelajari pengaruh komposisi larutan pemasak dan suhu pemasakan pada pengolahan pulp acetosolv Kayu Eucalyptus Deglupta. Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor.
- 3
Stockburger, P.: An overview of near-commercial solvent-based pulping process. *Tappi Journal*, 76, 71-74 (1993).
- Sherrard, 1991 Sherrard, E. *Alcell Can Offer a Green Solution*. *J. Tappi*. 74 (10), April 1991, tidak dipublikasikan.
- 67
Tu, Q., Fu, S., Zhan, H., Chai, X., Lucia, L.A., (2008), Kinetic Modeling Of Formic Acid Pulping of Bagasse, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56 (9), pp. 3097–3101.
- Zulferiyenni, Hidayati, S dan Nawansih, O. . 2010. Proses pembuatan Pulp Berbasis Ampas Tebu: Bambu dengan metode Acetosolve. *Jurnal Riset Kimia*, Vol. 2 No. 2:196-201.
- Zuidar, Hidayati, S, Hanum, T dan Suroso, E. 2007. *Agritek*, Vol. 15, No. 4: 698-987.
- 118
Zuidar, Hidayati, S dan Jamhuri. 2013. Kajian Penggunaan Katalisator Asam Sulfat dan Lama Pemasakan pada Proses Produksi Pulp Acetosolve dari Ampas Tebu dan Bambu Betung. *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian* Volume 18 No.2, September 2013
- 52
Zhou, S., Liu, L., Wang, B., Xu, F., and Sun, R.C., (2012), Microwave-Enhanced Extraction of Lignin from Birch in Formic Acid: Structural Characterization and Antioxidant Activity Study, *Process Biochemistry Journal*, 47, pp. 1799-1806.
- 51
Zhao, X. and Liu, D., (2012), Fractionating Pretreatment of Sugarcane Bagasse by Aqueous Formic Acid with Direct Recycle of Spent Liquor to Increase Cellulose Digestibility—The Formiline Process, *Bioresources Technology*, 117, pp. 25-32.
- 60
Zhang, M., Qi, W., Liu, R., Su, R., Wu, S and He, Z., (2010), Fractionating Lignocellulose by Formic Acid: Characterization of Major Components, *Biomass Bioenergy*, 34, pp. 525-532.
- 32
Yawalata, D. and Paszner, L., (2004), Anionic Effect in High Concentration Alcohol Organosolv Pulping, *Holzforchung*, 58(1), pp. 1–6.
- 39
Young, R.A. and M. Akhtar. 1998. *Environmentally Friendly Technologies for the Pulp and Paper Industry*. John Willey and Sons, Inc.

VI. PENGUJIAN SIFAT KIMIA DAN FISIK PULP

6.1 Pendahuluan

Pengujian sifat kimiawi dan fisik diperlukan untuk mengetahui mutu dari pulp yang dihasilkan setelah proses pulping. Pengujian ditujukan untuk mengetahui sifat bahan baku dan mutu pulp maupun kertas yang dihasilkan. Pengujian mutu dapat terbagi atas pengujian mutu secara kimiawi dan secara fisik. Pengujian mutu kimiawi seperti kandungan selulosa, lignin, hemiselulosa dan kadara abu diperlukan untuk mengetahui kegunaan bahan baku pulp selanjutnya sedangkan pengujian sifat fisik seperti kuat tarik, daya regang, daya sobek dilakukan untuk mengetahui apakah kertas yang dihasilkan sudah sesuai dengan spesifikasi kertas yang diinginkan dan untuk mengetahui kegunaan lanjut dari kertas apakah sebagai kertas tulis, kertas kemasan atau kertas untuk penyimpan

6.2 Pengujian Kandungan Kimiawi

Sifat kimia yang diuji untuk masing-masing pulp yaitu selulosa, hemiselulosa, lignin dan rendemen (metode Chesson, 1978 dalam Datta 1981).

A. Analisis Selulosa, Hemiselulosa, dan Lignin (Chesson, 1978 dalam Datta, 1981)

Sebanyak 1 gram bahan kering (berat konstan) dimasukkan dalam gelas beker dan ditambah aquades 150 ml. Panaskan selama 2 jam di dalam penangas suhu 100°C. Saring dan cuci dengan aquades sampai volume filtrat 300 ml. Kemudian residu dikeringkan pada oven bersuhu 105°C hingga beratnya konstan (a). Residu kering (a) dimasukkan kedalam erlenmeyer 250 ml ditambah 150 ml H₂SO₄ 1N, kemudian di panaskan pada

penangas air 100°C selama 1 jam. Lakukan penyaringan dan residu ⁹⁶ dicuci dengan aquades sampai volume filtrat 300 ml. Residu dikeringkan hingga beratnya konstan dan ditimbang (b). Selanjutnya residu kering (b) dimasukkan lagi ¹⁴⁵ ke dalam erlenmeyer 250 ml dan ditambahkan 10 ml H₂SO₄ 72%. Diredam, selama 4 jam pada suhu kamar kemudian ditambahkan 150 ml H₂SO₄ 1 N (untuk pengenceran), dipanaskan pada penangas air suhu 100°C selama 2 jam. Setelah itu melakukan proses penyaringan dan pencucian dengan aquades hingga volume filtrat 400 ml. Residu dikeringkan hingga beratnya konstan dan di timbang (c). Residu (c) tersebut kemudian diabukan selama 6 jam (600°C).

Kadar Hemiselulosa dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Kadar Hemiselulosa} = \frac{a - b}{\text{Berat sampel}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Selulosa} = \frac{b - c}{\text{Berat sampel}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Lignin} = \frac{c - \text{berat abu}}{\text{Berat sampel}} \times 100\%$$

²² B. Cara Uji Kadar Selulosa Alfa, Beta dan Gamma pada Pulp

²² Cara uji kadar selulosa alfa, beta dan gamma pada pulp diatur dalam SNI 0444 tahun 2009. Adapun yang dimaksud selulosa alfa, selulosa beta dan selulosa gamma yaitu:

a. Selulosa Alfa

Merupakan bagian pulp yang tidak larut dan tahan terhadap larutan NaOH 17,5% dan 9,45% serta memiliki berat molekul tinggi.

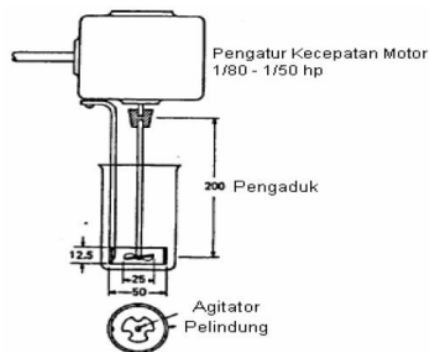
b. Selulosa Beta

Merupakan bagian pulp yang larut dalam NaOH dan bisa diendapkan dengan larutan asam, merupakan bagian ⁸ selulosa yang terdegradasi.

c. Selulosa **Gamma**

Merupakan bagian pulp yang tetap tertinggal dalam larutan dan kandungan utamanya terdiri dari hemiselulosa.

Adapun prinsip pengujiannya yaitu dengan larutan natrium hidroksida 17,5% pada suhu 25°C. Bagian terlarut yang terdiri dari selulosa beta dan gamma, dioksidasi oleh kalium dikromat kemudian ditentukan secara volumetrik, sedangkan selulosa alfa merupakan bagian dari yang tidak larut. Berikut gambar alat pendispersi pulp:



Gambar 27. Alat pendispersi pulp

C. Cara Uji Kadar Air Pulp dengan Metoda Pemanasan dalam Oven

Cara Uji Kadar Air Pulp dengan Metoda Pemanasan dalam Oven ini diatur dalam SNI 08-7070-2005. Prinsip pengujiannya yaitu pulp dikeringkan dalam lemari pengering 105°C ± 3°C selama 3 jam untuk menghilangkan air, kemudian ditimbang sampai berat konstan (tetap). Berikut prosedur pengujian kadar air pulp menurut SNI 08-7070-2005:

1. Tentukan terlebih dahulu berat kering botol, caranya yaitu botolkan dipanaskan dalam oven pada suhu 105°C ± 3°C selama 1 jam, kemudian botol timbang beserta tutupnya

dipindahkan kedalam desikator dan didiamkan selama 10 menit baru kemudian ditimbang. Pemanasan dan penimbangan diulangi hingga diperoleh berat konstan.

2. Pulp dikeringkan dalam lemari pengering $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ selama 3 jam untuk menghilangkan air, kemudian pulp tersebut dimasukkan kedalam botol timbang kering. Selanjutnya dilakukan penimbangan sampai beratnya konstan (tetap).

D. Cara Uji Kadar Abu pada 525°C

Untuk menguji Uji Kadar Abu pada 525°C ini diatur dalam SNI 0442 tahun 2009. Secara umum prinsip pengujiannya yaitu contoh uji ditimbang dalam cawan tahan panas (cawan), kemudian diabukan dalam tanur pada suhu $525 \pm 25^{\circ}\text{C}$ selama 3 jam. Kadar abu ditentukan berdasarkan perbandingan berat abu terhadap berat kering contoh uji. Contoh uji tersebut yaitu kertas, karton dan pulp. Adapun prosedur pengujiannya yaitu:

1. Dipanaskan cawan kosong dalam tanur selama 30 menit sampai 60 menit pada suhu (525 ± 25) oC.
2. Dipindahkan cawan kosong ke dalam oven bersuhu (105 ± 3) oC selama 1 jam.
3. Didinginkan cawan kosong dalam desikator sampai mencapai suhu kamar (15 menit sampai 30 menit).
4. Di timbang cawan kosong sampai diperoleh berat tetap (A).
5. Contoh uji yang telah diketahui kadar airnya selanjutnya ditimbang (B). Jumlah contoh uji yang ditimbang sekurang-kurangnya 1 gram kering atau yang menghasilkan abu lebih dari 10 mg.
6. Dimasukkan cawan yang telah berisi contoh uji ke dalam tanur dan selanjutnya diabukan pada suhu $525 \pm 25^{\circ}\text{C}$ selama 3 jam.

7. Di pindahkan cawan yang telah berisi abu ke dalam oven bersuhu $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ selama 1 jam.
8. Didinginkan cawan berisi abu tersebut dalam desikator sampai mencapai suhu kamar (15 menit sampai 30 menit).
9. Di timbang cawan dan abu sampai diperoleh berat tetap (C) dengan beda berat penimbangan maksimal 0,2 mg.

Selanjutnya Kadar abu dihitung menurut rumus sebagai berikut:

$$D = \frac{C - A}{B} \times 100$$

Dengan :

D: kadar abu (%)

C: berat cawan dan abu (g)

A : berat cawan kosong (g)

B : berat kering contoh (g).

E. Cara Uji Kadar Lignin dengan Metode Klason (SNI 0492-2008)

Lignin merupakan bagian yang terdapat dalam lamela tengah dan dinding sel yang berfungsi sebagai perekat antar sel, merupakan senyawa aromatik berbentuk amorf.

Adapun prosedur pengujiannya yaitu:

1. Contoh pulp kering sebanyak 10 g contoh pulp kering udara, kemudian cabik kecil-kecil sebelum digunakan.
2. Kemudian pulp atau kayu tersebut diekstraksi dengan campuran alkohol benzena 1 : 2 untuk menghilangkan ekstraktif.
3. Contoh uji bebas ekstraktif dipindahkan ke dalam gelas piala 100 mL dan ditambahkan asam sulfat 72 % sebanyak 15 mL untuk kayu dan 40 mL untuk pulp. Penambahan dilakukan perlahan-lahan dalam bak perendam pada temperatur (20°C)

- $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$) sambil dilakukan pengadukan dan maserasi dengan batang pengaduk selama 2 sampai 3 menit.
4. Jika sudah terdispersi sempurna, gelas piala ditutup dengan kaca arloji dan di biarkan pada bak perendam selama dua jam dan dilakukan pengadukan sekali-kali selama proses berlangsung.
 5. Air suling sebanyak 300 mL ditambahkan untuk kayu dan 400 mL untuk pulp ke dalam labu erlenmeyer 1000 mL untuk kayu dan 2000 mL untuk pulp dan contoh dipindahkan dari gelas piala secara kuantitatif. Tambahkan lagi air sampai volume 575 mL untuk kayu dan 1540 mL untuk pulp, sehingga konsentrasi asam sulfat menjadi 3 %.
 6. Diatas penangas air, larutan di panaskan dalam erlenmeyer sampai mendidih selama empat jam dengan api kecil. Jaga supaya volume larutan tetap, dapat pula menggunakan pendingin balik
 7. Didinginkan dan didiamkan sampai endapan lignin mengendap sempurna
 8. Dekantasi larutan dan di pindahkan endapan secara kuantitatif ke dalam cawan masir atau corong gelas dengan dilapisi kertas yang telah diketahui beratnya.
 9. Endapan lignin di cuci sampai bebas asam dengan air panas (uji dengan lakmus).
 10. Endapan lignin yang berada pada cawan masir atau kertas saring dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu ($105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$), didinginkan dalam desikator dan ditimbang sampai berat konstan. Lakukan pengerjaan dua kali penetapan (duplo).

F. Rendemen Pulp

Pulp hasil pemasakan ditimbang dalam keadaan basah (A gr), kemudian diambil contoh pulp sebanyak B gr dan dikeringkan dalam oven pada suhu $102\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 3 jam selama 24 jam sampai dicapai bobot konstan. Rendemen dihitung dengan rumus :

$$\text{Rendemen}(\%) = \frac{C/B \times A}{\text{bobot pulp kering}} \times 100\%$$

Keterangan :

A = Bobot total pulp basah

B = Bobot contoh pulp basah

C = Bobot contoh pulp kering

G. Sifat Optis/Derajat Keputihan (SNI 14-0696-1989)

Derajat keputihan adalah ²⁹ perbandingan antara intensitas cahaya derajat biru dengan panjang gelombang 457 nm yang dipantulkan oleh permukaan kertas, dengan cahaya sejenis yang dipantulkan oleh permukaan lapisan magnesium oksida. Derajat putih diukur dengan alat *brightness tester*. Nilai derajat putih pulp dapat langsung dibaca pada alat. Cara kerja:

- 1) Disiapkan contoh uji berdasarkan SNI 14-0696-1989,
- 2) Contoh uji disimpan ¹³² dalam ruang kondisi sesuai dengan SNI 14-0402-1989, Kondisi ruang pengujian untuk lembaran pulp, kertas dan karton, selama 24 jam.
- 3) Contoh uji disiapkan memiliki ukuran 10 cm x 10 cm yang bebas tanda air, noda atau cacat-cacat lainnya.
- 4) Contoh uji disusun dalam satu tumpukan (sampai tidak tembus pandang) dengan sisi yang akan diuji menghadap ke atas.
- 5) Tambahkan kertas dengan ukuran yang sama di bagian atas dan bawah tumpukan untuk melindungi contoh uji.
- 6) Hindari contoh dari kontaminasi, pemanasan atau penyinaran yang berlebihan. dan nyalakan alat dan biarkan selama 15 menit untuk pemanasan.

- 7) Periksa apakah filter yang digunakan sudah tepat.
- 8) Atur nilai nol alat dengan standar hitam.
- 9) Kalibrasi standar kerja terhadap standar primer

H. Uji indeks Sobek (SNI 14-4737-1998)

⁷ Ketahanan sobek adalah gaya yang diperlukan untuk menyobek lembaran kertas pada kondisi standar. Ketahanan sobek dipengaruhi oleh tiga faktor yaitu, (1) jumlah total serat yang berpartisipasi dalam *rupture* kertas; (2) panjang serat; (3) jumlah dan kekuatan ikatan antar serat (Casey, 1981). Panjang serat merupakan faktor penting dalam ketahanan sobek.

⁷ Prinsip kerja: Setumpuk lembaran contoh uji, yang sudah mengalami penyobekan awal kemudian disobek menggunakan pendulum pada jarak tertentu. Terlihat bahwa gaya sobek yang ditimbulkan oleh pendulum bergerak dalam bidang yang tegak lurus terhadap bidang contoh uji. Usaha untuk menyobek contoh uji diindikasikan dengan hilangnya energi potensial dari pendulum.

Prosedur:

- 1) Pastikan alat uji sudah terkalibrasi.
- 2) Siapkan sektor pendulum pada kedudukan awal dan jarum penunjuk pada titik nol.
- 3) Pasang 4 lembar contoh uji pada alat penjepit dengan posisi vertikal searah lebar contoh uji.
- 4) Penyobekan awal dilakukan dengan mempergunakan pisau yang tersedia pada alat uji hingga jarak sobek yang tersisa $43,0 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$.
- 5) Alat penahan sektor pendulum ditekan sedemikian rupa sehingga pendulum mengayun bebas.

- 6) Kemudian pendulum ditahan setelah sobekan menyeluruh dan kembalikan pada kedudukan awal tanpa mengganggu kedudukan jarum penunjuk.
- 7) Catat angka pada skala yang ditunjukkan oleh jarum penunjuk. Perlu diingat jika arah sobekan menyimpang tegak lurus ke arah garis sobek, hasil uji dibatalkan dan pengujian diulang. Jika hal tersebut terjadi lebih dari sepertiga jumlah pengukuran maka hasil uji sobek untuk silang mesin tidak berlaku.
- 8) Lakukan pengujian 10 kali dengan contoh uji yang sama masing-masing untuk arah mesin dan silang mesin.
- 9) Perhitungan Gaya sobek rata-rata adalah usaha dibagi jarak total, diindikasikan oleh skala pendulum atau tampilan digital. Ketahanan sobek ditentukan dari rata-rata gaya sobek dan jumlah lembaran.

Ketahanan sobek (KS) = $S \times 9,807$

Indeks Sobek (Nm^2/kg) = KS/G

S = Ketahanan sobek contoh uji

G = Gramatur (gr/m^2)

I. Uji Indeks Tarik (SNI-14-4737-1998)

Uji ketahanan tarik merupakan salah satu uji sifat fisik pulp dan kertas. Dimana ketahanan tarik merupakan gaya tarik atau gaya tahan lembaran pulp/kertas terhadap gaya tarik yang bekerja pada kedua ujungnya, yang dinyatakan dalam kilogram gaya atau kiloNewton per meter sedangkan indeks tarik merupakan ketahanan tarik lembaran pulp/kertas dibagi gramatur, dinyatakan dalam Nm/g (SNI 14-4737- 1998). Sifat fisik ini dianggap penting untuk jenis kertas tertentu seperti tas belanja. Faktor yang mempengaruhi kekuatan tarik pulp atau kertas menurut saranah, 2002 adalah;

- a. Arah serat dalam lembaran pulp
- b. Jika arah seratnya sejajar dengan arah tarikannya maka nilai ketahanan tarik lembaran pulp akan lebih tinggi.
- c. Ikatan antar serat Makin besar kekuatan ikatan antarserat maka ketahanan tarik lembaran pulp makin besar.

Untuk menentukan nilai kekuatan tarik dengan menggunakan *paper tensile strength tester* dengan contoh berukuran panjang minimal 22 cm dan lebar 1,5 cm. Cara melakukan pengukuran **kekuatan tarik** yaitu dengan menekan tuas sebelah kanan alat ke arah bawah. Alat akan menarik klem ke bawah dan contoh mendapat beban tarik tertentu. Bersamaan dengan itu jarum penunjuk bergerak ke atas menunjuk angka tertentu sesuai dengan beban tarik yang bekerja pada contoh uji. Pada saat contoh uji putus, jarum akan berhenti bergerak. Hasil berupa nilai yang ditunjukkan oleh jarum pada saat contoh uji putus ditengah dan secara bersamaan adalah nilai beban tariknya.

Ketahanan tarik (KT) = $T \times 0,6538$

Indeks tarik (Nm/kg) = $(KT/G) \times 1000$

T = Rata-rata ketahanan tarik

Standar Nasional Indonesia (SNI) merupakan salah satu acuan yang dapat dijadikan sebagai standar dalam melaksanakan suatu pengujian. SNI biasanya disusun oleh panitia teknis perumus, dimana selanjutnya akan diadakan jajak pendapat yang dihadiri oleh wakil-wakil dari pemerintah, produsen, konsumen, tenaga ahli, Asosiasi Pulp dan Kertas Indonesia dan institusi terkait lainnya. SNI juga mengatur tentang bagaimana proses uji pulp dan kertas. Terdapat beberapa cara uji pulp dan kertas menurut SNI, diantaranya yaitu sebagai berikut:

J. Cara Uji Ketahanan Sobek Kertas

Ketahanan sobek adalah gaya yang diperlukan untuk menyobek lembaran kertas yang dinyatakan dalam gram gaya (gf) atau miliNewton (mN) yang diukur pada kondisi standar. Didefinisikan sebagai gaya dalam satuan gram gaya atau gram force (gf) atau miliNewton (mN), yang diperlukan untuk menyobek lembaran pulp pada kondisi standar (SII-0435-81). Faktor yang mempengaruhi nilai kekuatan pulp adalah

a. Panjang

Ketahanan sobek pada lembaran pulp akan meningkat seiring dengan peningkatan panjang serat. Hal ini disebabkan karena serat-serat panjang dapat menyebarkan daerah perusakan ikatan yang lebih besar daripada serat pendek saat dilakukan penyobekan.

b. Pada saat penyobekan, jumlah serat sangat berperan penting. Masing-masing serat yang menyusun suatu lembaran pulp pada gramatur tertentu (massa lembaran pulp dalam gram per satuan luasnya dalam meter persegi yang diukur pada kondisi standar (SII-0439-81) turut menyumbangkan energy terhadap keseluruhan energy yang dibutuhkan untuk penyobekan. Sehingga lembaran pulp dengan jumlah serat lebih banyak akan memiliki ketahanan sobek lebih tinggi.

c. Ikatan antar serat. Ikatan antarserat turut berpengaruh terhadap ketahanan sobek lembaran pulp. Kekuatan ikatan sangat tergantung pada proses fibrilasi (penguraian mikrofibril serat) yang terjadi pada saat pulping dan disempurnakan melalui proses refining. Pada proses refining sebagian mikrofibril serat akan mengalami pemipihan dan penguraian sehingga luas permukaan yang berpotensi membentuk ikatan hydrogen bertambah, akibatnya ikatan antarserat makin kuat. Ketahanan sobek lembaran pulp meningkat seiring dengan peningkatan ikatan antarserat sampai pada batas tertentu saat

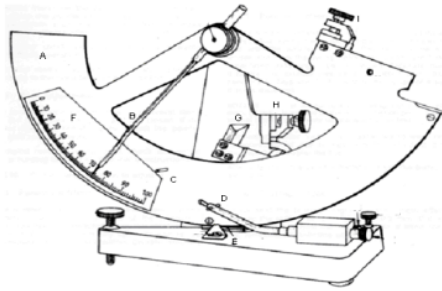
masing masing serat mengalami tarikan yang sangat kuat sehingga ikatan antar keduanya mudah putus (Zulfikar dkk, 2014).

Pada uji nilai ketahanan sobek dinyatakan dengan indeks sobek, yaitu ketahanan sobek dibagi dengan gramatur kertas. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat tearing tester. Cara pengujian ketahanan sobek kertas ini (metode Elmendorf) diatur dalam SNI 0436 tahun 2009. Kondisi ruang pengujian kertas yaitu suhu ruangan yaitu $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ dan RH unya yaitu $50\% \pm 2\%$ atau pengujian dengan suhu $27^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ dan RH $65\% \pm 2\%$. Adapun prinsip uji ketahanan sobek pada kertas menurut SNI 0436 yaitu: dengan cara ⁷ setumpuk lembaran contoh uji, yang sudah mengalami penyobekan awal kemudian disobek menggunakan pendulum pada jarak tertentu. Gaya sobek yang ditimbulkan oleh pendulum bergerak dalam bidang yang tegak lurus terhadap bidang contoh uji.

Usaha untuk menyobek contoh uji diindikasikan dengan hilangnya energi potensial dari pendulum. Gaya sobek rata-rata adalah usaha dibagi jarak total, diindikasikan oleh skala pendulum atau tampilan digital. Ketahanan sobek ditentukan dari rata-rata gaya sobek dan jumlah lembaran tersebut. Berikut gambar 28 Alat uji ketahanan sobek metode Elmendorf:

Keterangan:

- A. Pendulum
- B. Jarum penunjuk
- C. Penahan pendulum (*stopper*)
- D. Penahan pendulum dapat diatur
- E. Kaitan pendulum
- F. Skala
- G. Pisau
- H. Penjepit statis
- I. Penjepit pada pendulum



Gambar 28. Alat uji ketahanan sobek metode Elmendorf

Menurut SNI 0436 tahun 2009, prosedur pengujian yang dilakukan dalam uji ketahanan sobek pada kertas yaitu sebagai berikut:

- a. Penyiapan 40 lembar contoh uji berbentuk empat persegi panjang dengan ukuran antara $50 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ dan $76 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$, masing-masing untuk arah mesin dan silang mesin. Ukuran contoh uji tergantung dari disain penjepit yang digunakan. Untuk uji, dimensi lebar dan panjang contoh uji adalah $50 \text{ mm} \times 63 \text{ mm}$, $50 \text{ mm} \times 65 \text{ mm}$ atau $63 \text{ mm} \times 76 \text{ mm}$.
- b. Dilakukan pengkalibrasian alat uji (sektor pendulum pada kedudukan awal dan jarum penunjuk pada titik nol).
- c. Dilakukan pemasangan 4 lembar contoh uji pada alat penjepit dengan posisi vertikal searah lebar contoh uji.
- d. Dilakukan penyobekan awal dengan mempergunakan pisau yang tersedia pada alat uji hingga jarak sobek yang tersisa $43,0 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$.
- e. Di tekan alat penahan sektor pendulum sedemikian rupa sehingga pendulum mengayun bebas.

- f. Pendulum di tahan setelah sobekan menyeluruh dan di kembalikan pada kedudukan awal tanpa mengganggu kedudukan jarum penunjuk.
- g. Di catat angka pada skala yang ditunjukkan oleh jarum penunjuk. Bila arah sobekan menyimpang tegak lurus ke arah garis sobek, hasil uji dibatalkan dan pengujian diulang. Bila yang demikian terjadi lebih dari sepertiga jumlah pengukuran maka hasil uji sobek untuk silang mesin tidak berlaku.
- h. Di lakukan pengujian 10 kali dengan contoh uji yang sama masing-masing untuk arah mesin dan silang mesin hingga pembacaan berada antara 20% sampai 80% dari pembacaan skala penuh. Apabila pembacaan lebih besar dari 80% maka kapasitas sektor pendulum diganti dengan yang lebih besar, demikian juga untuk pembacaan lebih kecil dari 20% kapasitas sektor pendulum diganti dengan yang lebih kecil.

Ketahanan sobek dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$X = \frac{F \times p}{n}$$

Dimana :

X, adalah ketahanan sobek (mN)

F, adalah pembacaan skala rata-rata (mN)

n ,adalah jumlah lembar contoh uji

p, adalah faktor pendulum (biasanya 2, 4, 8, 16, 32, 64).

K. Cara Uji Ketahanan Lipat Kertas

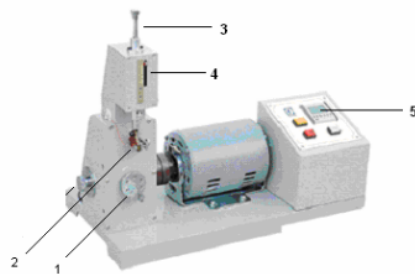
Uji untuk ketahanan lipat merupakan salah satu uji untuk sifat fisik pulp dan kertas. Ketahanan lipat adalah angka yang menunjukkan berapa kali kertas tersebut dapat dilipat sampai putus pada kondisi standar. Cara uji ketahanan lipat kertas ini diatur dalam SNI 0491 tahun 2009. Pengujian ketahanan lipat dilakukan dengan menggunakan alat *Folding Tester*. Ketahanan lipat adalah pengujian empiris yang mengukur jumlah lipatan yang dilakukan terhadap kertas sampai kekuatannya di bawah nilai standar (hingga kertas

tersebut terbagi). Ketahanan lipat adalah modifikasi penentuan ketahan kertas, tetapi hasilnya secara dominan dipengaruhi oleh kemampuan lengkung kertas. Dalam pengujian ini serat tidak terputus (rusak), tetapi ikatan serat akan berkurang secara bertahap yang menurunkan daya tahan kertas.

Adapun prinsip uji dalam pengujian ketahanan lipat kertas menurut SNI 0491 yaitu ⁴ Melipat jalur uji ke kiri dan ke kanan ⁴ dengan tegangan sejajar bidang kertas sampai putus. Perlengkapan uji yang digunakan yaitu:

- a. Penjepit yang dihubungkan dengan pegas penarik dan beban yang dapat diatur dari 0,5 kg sampai dengan 1,5 kg.
- b. Kepala pelipat dengan penjepit, yang dapat berputar pada sudut $(135 \pm 2)^\circ$ ke kiri dan kekanan. Lengkungan ujung pelat pelipat bergaris tengah $(0,38 \pm 0,02)$ mm. Jarak antara dua pelat pelipat tidak lebih dari 0,25 mm. Panjang ujung pelat pelipat tidak kurang dari 19 mm. Jarak antara penjepit dan ujung pelipat 9,5 mm.
- c. Pengatur ⁴ penggerak kepala pelipat dengan kecepatan (175 ± 25) lipatan per menit.
- d. Pengatur suhu kepala pelipat, agar selama proses pelipatan suhu tidak naik lebih dari $0,5^\circ\text{C}$.

Berikut gambar alat yang sering dipergunakan dalam uji ketahanan lipat:



Keterangan:

- 1 Kepala pelipat
- 2 Penjepit
- 3 Pegas penarik
- 4 Skala beban
- 5 Pencatat jumlah lipatan

Gambar 29. Alat uji ketahanan lipat

Proses pengujian ketahanan lipat kertas menurut SNI yaitu:

- a) Persiapkan 10 lembar contoh uji dengan panjang 130 mm sampai 150 mm dan lebar $(15 \pm 0,02)$ mm masing-masing untuk arah mesin dan silang mesin. Hindari tanda air, kerutan dan lipatan. Pastikan lembaran contoh uji bebas dari kotoran.
- b) Di pastikan motor dalam posisi *off*.
- c) Di atur kepala pelipat (*folding head*) hingga celah terbuka tempat contoh uji lurus ke bawah.
- d) Di letakkan beban 1 kg di atas pegas penarik, kemudian kunci pegas penarik pada posisinya.
- e) Di jepit jalur uji pada kepala pelipat dan alat penjepit hingga jalur uji datar dan paralel. Hindari jangan sampai memegang bagian jalur uji yang akan dilipat.
- f) Pelonggaran kunci pegas penarik, hingga jalur uji tertarik dengan gaya 1 kg atau sesuai dengan tarikan yang diminta.
- g) Pengaturan alat penghitung jumlah lipatan ganda menunjuk angka nol.
- h) Motor di jalankan sampai jalur uji yang terlipat putus.
- i) Di catat angka lipatan ganda yang dibaca pada alat penghitung jumlah lipatan ganda. Jika jumlah lipatan ganda kurang dari 10 atau lebih besar dari 10 000, kurangi atau tambah beban pada pegas penarik.

L. Pengujian Derajat Putih

Derajat putih adalah perbandingan antara intensitas cahaya biru dengan panjang gelombang 457 nm yang dipantulkan oleh permukaan lembaran pulp dengan cahaya sejenis yang dipantulkan oleh permukaan lapisan magnesium oksida (MgO) pada kondisi sudut datang cahaya 45 dan sudut pantul 0 serta dinyatakan dalam % GE (SNI 14-0436-

1989). Derajat putih diukur dengan alat *Brightness Tester*. Nilai derajat putih pulp bisa langsung dibaca pada alat. Berikut gambar alat untuk mengukur derajat putih:



Gambar 30. Alat untuk mengukur derajat putih

M. Cara Uji Ketebalan Lembaran Pulp dan Kertas

Cara Uji Ketebalan Lembaran Pulp dan Kertas telah diatur dalam SNI 14-0435 tahun 1998. Adapun prinsip pengujiannya yaitu pengukuran jarak tegak lurus permukaan lembaran pulp dan kertas dengan menggunakan alat Mikrometer yang dijalankan dengan tangan maupun yang digital. Prosedur pengukuran ketebalan lembaran kertas dan pulp dengan menggunakan mikrometer yang dijalankan dengan tangan yaitu:

1. Contoh uji diletakkan diatas landasan, kaki penekan diturunkan keatas permukaan contoh uji
2. Kaki penekan dinaikkan dan contoh uji digeser ke daerah pengukuran.
3. Kaki penekan diturunkan perlahan-lahan sampai menyentuh contoh uji , kemudian kaki penekan dilepaskan.
4. Pengukuran dilakukan pada 5 tempat contoh uji.

5. Untuk pengukuran lembaran tunggal, pengukuran dilakukan paling sedikit 6 mm dari tepi, sedangkan untuk contoh uji yang ditumpuk, pengukuran tidak kurang dari 20 mm dari tepi.

Berikut gambar alat mikrometer yang digunakan dalam pengukuran ketebalan pulp dan kertas:

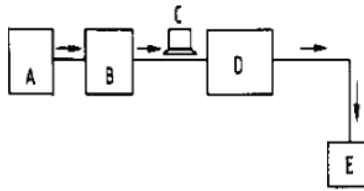


Gambar 31. Alat pengukuran ketebalan pulp dan kertas

N. Cara Uji Daya Tembus Udara Keras dan Karton dengan Metode Bendtsen (SNI 0585.2-2009)

Daya tembus udara merupakan laju rata-rata aliran udara yang melalui luas contoh uji tertentu pada beda tekanan tertentu per satuan waktu tertentu, diukur pada kondisi standar. Contoh uji dijepit diantara gasket berbentuk lingkaran dengan permukaan datar suatu saluran yang diketahui dimensinya. Tekanan udara mutlak pada satu sisi dari contoh uji setara dengan tekanan atmosfer. Perbedaan tekanan antara dua sisi dari contoh uji dijaga tetap kecil dan konstan selama pengujian. Laju alir udara yang melalui contoh uji diukur pada selang waktu tertentu.

Berikut diagram rangkaian alat ujinya:



Keterangan Gambar:

- A Kompresor
- B Bejana penstabil tekanan
- C Manostat
- D Flowmeter
- E Sensor pengukur

Gambar 32. Rangkaian alat uji daya tembus udara

Adapun prosedur uji yang dilakukan yaitu:

1. Kedudukan alat uji di pastikan berada di tempat datar yang bebas getaran dan di kalibrasikan sesuai dengan petunjuk pabrik pembuat.
2. Kompresor pemasok udara di jalankan.
3. Di tetapkan daerah ukur flowmeter yang akan digunakan untuk pengujian, sehingga hasil pembacaan berada di atas 20 % dari batas skala pembacaan manostat 1,47 kPa. Untuk akurasi pengujian, penggunaan tekanan manostat 1,47 kPa disarankan hanya untuk hasil uji berada di bawah 1200 mL/mnt.
4. Pengaturan klep pada aliran udara keluar, sehingga udara keluar secara perlahan.
5. Di hubungkan sensor pengukur pada flowmeter, siapkan penjepit datar bukan logam dan gasket berbentuk lingkaran. Pastikan variabel rotor (petunjuk flowmeter) pada posisi nol.
6. Di jepit selembat contoh uji dalam sensor pengukur, baca dan catat variabel luas pada flowmeter tidak kurang dari lima detik.
7. Hasil pembacaan daya tembus udara dari masing-masing contoh uji dinyatakan sebagai q dalam satuan mililiter per menit (mL/mnt).

O. Cara Uji Noda Pada Pulp (SNI 0697-2009)

Noda (*speck*) adalah benda asing dalam lembaran pulp yang saat diperiksa dengan cahaya pantul tampak kontras dan berukuran lebih besar atau sama dengan 0,04 mm². Noda terdiri dari *dirt* dan *shive*. *Dirt* merupakan partikel non serat yang tampak kontras dalam lembaran sedangkan *shive* merupakan partikel serat yang tampak kontras dalam lembaran biasanya perbandingan antara panjang maksimum dan lebar minimum 1 : 3, dan panjang sekurang-kurangnya 1 mm. Adapun peralatan yang digunakan dalam pengujian noda pada pulp ini yaitu:

1. Peta standar noda (*dirt estimation chart*). Ukuran 87,5 mm x 137 mm, memuat foto suatu seri standar noda hitam bulat di atas dasar putih dengan luas 0,02 mm²; 0,03 mm²; 0,04 mm²; 0,05 mm²; 0,06 mm²; 0,07 mm²; 0,08 mm²; 0,09 mm²; 0,10 mm²; 0,15 mm²; 0,20 mm²; 0,25 mm²; 0,30 mm²; 0,40 mm²; 0,60 mm²; 0,80 mm²; 1,00 mm²; 1,50 mm²; 2,00 mm²; 2,50 mm²; 3,00 mm²; 4,00 mm²; 5,00 mm².
2. Sumber cahaya, menghasilkan sinar putih dengan kekuatan sekitar 535 lumen/m².
3. Sikat halus.
4. Corong Buchner atau alat pembuat lembaran (*hand sheet machine*)
5. Kertas saring tebal, kecepatan saring 3 detik/100 ml sampai dengan 40 detik/100 ml
6. Timbangan.

Prinsip pengujiannya yaitu contoh uji diperiksa pada kedua sisinya di bawah sumber cahaya yang jatuh tegak lurus pada semua daerah pengamatan. Luas noda hitam setara dibandingkan dengan luas pada peta standar noda.

Ringkasan

1. SNI sangat dibutuhkan sebagai acuan bagaimana cara pengujian pulp dan kertas sehingga dihasilkan pulp dan kertas dengan mutu yang baik.
2. Beberapa cara uji pulp dan kertas yang diatur dalam SNI yaitu Cara pengujian ketahanan sobek kertas (metode Elmendorf) diatur dalam SNI 0436 tahun 2009, Cara uji ketahanan lipat kertas diatur dalam SNI 0491 tahun 2009, pengujian derajat putih pulp dan kertas (SNI 14-0436-1989), Cara uji kadar selulosa alfa, beta dan gamma pada pulp diatur dalam SNI 0444 tahun 2009, Cara Uji Kadar Air Pulp dengan Metoda Pemanasan dalam Oven diatur dalam SNI 08-7070-2005, Cara Uji Kadar Abu pada 525°C diatur dalam SNI 0442 tahun 2009, Cara Uji Ketebalan Lembaran Pulp dan Kertas diatur dalam SNI 14-0435 tahun 1998, Cara Uji Kadar Lignin dengan Metode Klason (SNI 0492-2008), Cara Uji Daya Tembus Udara Keras dan Karton dengan Metode Bendtsen (SNI 0585.2-2009), Cara Uji Noda Pada Pulp (SNI 0697-2009) dan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- 102
Datta, R. 1981. Acidogenic fermentation of linocellulose acid yield conversion of components. *Biotechnol. Bioeng* 23: 2167-2170.
- 90
Haygreen, J.G., Bowyer, J.L., 1998, Hasil Hutan dan Ilmu Kayu, Suatu Pengantar, Penerjemah; Hadikusumo, S.A., Gajah Mada University Press, Yogyakarta, pp 581-600.
- BSN 0436. 2009. Cara pengujian ketahanan sobek kertas (metode Elmendorf). Jakarta
- 169
BSN 0442. 2009. Cara Uji Kadar Abu pada 525°C . Jakarta
- 22
BSN 0444. 2009. Cara uji kadar selulosa alfa, beta dan gamma pada pulp. Jakarta
- BSN 0491. 2009. Cara uji ketahanan lipat kertas. Jakarta

151
BSN 0585-2. 2009. Cara Uji Daya Tembus Udara Keras dan Karton dengan Metode Bendtsen. Jakarta

BSN 0697. 2009. Cara Uji Noda Pada Pulp. jakarta

BSN 0492. 2008. Cara Uji Kadar Lignin dengan Metode Klason. Jakarta

33
BSN 08-7070. 2005. Cara Uji Kadar Air Pulp dengan Metoda Pemanasan dalam Oven. Jakarta

87
BSN 14-0435. 1998. Cara Uji Ketebalan Lembaran Pulp dan Kertas. jakarta

TEKNOLOGI PULP DAN KERTAS

SERI: PULPING NON KAYU

Teknologi Pulp dan kertas merupakan salah satu mata kuliah yang mempelajari proses pembuatan pulp dimulai dari pengenalan bahan baku pulp, faktor-faktor yang mempengaruhi mutu pulp baik faktor fisik maupun kimia, proses pulping baik secara konvensional maupun non konvensional dan bagaimana pengujian mutu sebelum dan sesudah pulp maupun kertas selesai diproses. Seri pulping non kayu merupakan kajian yang sangat menarik karena selama ini proses pembuatan pulp dan kertas masih didominasi dari bahan baku kayu. Dengan mengetahui potensi, sifat fisik dan kimia pada bahan baku non kayu diharapkan kelak, bahan hasil samping produk pertanian yang terkadang hanya dipandang sebelah mata dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pengganti kayu.

Biodata penulis



Dr. Sri Hidayati, S.T.P, M.P dilahirkan di Bandarjaya 30

September 1971 merupakan anak pertama dari enam bersaudara

buah hati dari bapak Drs. Eye Susila dan ibunda Alm Sri

Lestariyah. Penulis menyelesaikan sekolah SD Yos Sudarso

tamat tahun 1984, SMPN I Poncowati tamat tahun 1987, SMAN

I Poncowati tamat tahun 1990, S1 pada jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas

lampung tahun 1995, lulus S2 di jurusan Teknologi Hasil Perkebunan Universitas Gadjah

Mada dan lulus S3 di jurusan Teknologi Industri Pertanian Institut Pertanian Bogor tahun

2006. Menikah dengan Dr. Muh Sarkowi, S.Si, M.Si tahun 1997 dan tahun 1999

dikaruniai anak yaitu Widya Khairunnisa Sarkowi mahasiswa Kedokteran Umum di UGM dan Syifa Nazwa Amanda Sarkowi yang lahir tahun 2007. Penulis pernah menjaabat sebagai kepala laboratorium pengolahan hasil pertanian dan biomass, ketua Tim Penjamin Mutu Jurusan dan sekarang sebagai kepala program studi S2 Magister Teknologi Industri pertanian.



Wisnu Satyajaya lahir di Pangkal Pinang pada tahun 1975. Jenjang pendidikan dasar (SD-SMA) ditempuh di Sungailiat Bangka. Setelah menyelesaikan Studi ¹²⁵ S1 di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya pada tahun 1999, ¹⁴³ penulis sempat bekerja pada beberapa perusahaan swasta nasional dan asing khususnya perusahaan di bidang Industri Pangan hingga tahun 2006 diterima menjadi Dosen ¹⁴² di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Pada tahun 2003, penulis berkesempatan mengikuti pendidikan Magister Manajemen Fakultas Ekonomi Universitas Lampung dan diselesaikan pada 2005. Pada tahun 2009 melalui program Beasiswa Program Pasca Sarjana (BPPS-Dikti) mengikuti kembali program S2 di Magister Teknologi Agroindustri Fakultas Pertanian dan memperoleh gelar M.Si pada tahun 2011.

TEKNOLOGI PULP DAN KERTAS SERI: PULPING NON KAYU

ORIGINALITY REPORT

20%

SIMILARITY INDEX

19%

INTERNET SOURCES

7%

PUBLICATIONS

4%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

kebun-bambu.blogspot.com

Internet Source

1%

2

m45r1.wordpress.com

Internet Source

<1%

3

jeb.co.in

Internet Source

<1%

4

ejournal.undip.ac.id

Internet Source

<1%

5

ridanurfa.blogspot.com

Internet Source

<1%

6

niwanti.blogspot.com

Internet Source

<1%

7

sisni.bsn.go.id

Internet Source

<1%

8

yoeselynwangi.blogspot.com

Internet Source

<1%

9

www.mitrariset.com

Internet Source

<1%

10	jurnal.fp.unila.ac.id Internet Source	<1%
11	kiskis.mahasiswa.unimus.ac.id Internet Source	<1%
12	repository.unpas.ac.id Internet Source	<1%
13	ryandjuvi33.blogspot.com Internet Source	<1%
14	lukmansains.blogspot.com Internet Source	<1%
15	msglarva.blogspot.com Internet Source	<1%
16	jurnal.uimedan.ac.id Internet Source	<1%
17	scielo.conicyt.cl Internet Source	<1%
18	atiqahidris7.blogspot.com Internet Source	<1%
19	fuurflect.blogspot.com Internet Source	<1%
20	akhmadfarmasi08.blogspot.com Internet Source	<1%
21	kurniarobby.blogspot.com Internet Source	<1%

22

www.rjpbcs.com

Internet Source

<1%

23

Submitted to Universitas Negeri Surabaya The State University of Surabaya

Student Paper

<1%

24

Afrizal Vachlepi, M.T. "PROSPEK PEMANFAATAN KAYU KARET SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN PULP", Warta Perkaretan, 2019

Publication

<1%

25

jurnal.uns.ac.id

Internet Source

<1%

26

203.19.4.210

Internet Source

<1%

27

www.bc.bangor.ac.uk

Internet Source

<1%

28

Yunilas ., Lili Warli, Yetti Marlida, Irsan Riyanto. "Potency of Indigenous Bacteria from Oil Palm Waste in Degrades Lignocellulose as a Sources of Inoculum Fermented to High Fibre Feed", Pakistan Journal of Nutrition, 2013

Publication

<1%

29

Nina Elyani, Jenni Rismijana, Teddy Kardiansyah, Cucu ,. "PATI TERMODIFIKASI ENZIMATIS SEBAGAI KOMPONEN PEREKAT

<1%

BAHAN SALUT KERTAS CETAK", JURNAL SELULOSA, 2016

Publication

-
- | | | |
|----|---|-----|
| 30 | iptek.its.ac.id
Internet Source | <1% |
| 31 | caridokumen.com
Internet Source | <1% |
| 32 | www.ijwp.ir
Internet Source | <1% |
| 33 | Arini Hidayati Jamil, Heronimus Judi Tjahjono, Parnidi Parnidi, Marjani Marjani. "Potensi Penggunaan Dua Spesies Agave untuk Pembuatan Pulp dan Kertas", JURNAL SELULOSA, 2018
Publication | <1% |
| 34 | arisudaryatno.blogspot.com
Internet Source | <1% |
| 35 | tpa.fateta.unand.ac.id
Internet Source | <1% |
| 36 | Submitted to Politeknik Negeri Bandung
Student Paper | <1% |
| 37 | jamurtiramputihisuriyanisuryanto.blogspot.com
Internet Source | <1% |
| 38 | jurnal.untad.ac.id
Internet Source | <1% |
-

39

www.cib.csic.es

Internet Source

<1%

40

Erwinsyah ., Atika Afriani, Teddy Kardiansyah.
"POTENSI DAN PELUANG TANDAN KOSONG
SAWIT SEBAGAI BAHAN BAKU PULP DAN
KERTAS: STUDI KASUS DI INDONESIA",
JURNAL SELULOSA, 2015

Publication

<1%

41

semuatentangkita5.blogspot.com

Internet Source

<1%

42

jurnal.balithutmakassar.org

Internet Source

<1%

43

ranniarif.blogspot.com

Internet Source

<1%

44

lib.itenas.ac.id

Internet Source

<1%

45

slidedocuments.org

Internet Source

<1%

46

kampungku3bukit.blogspot.com

Internet Source

<1%

47

sumarni07.blogspot.com

Internet Source

<1%

48

agris.fao.org

Internet Source

<1%

49	journal.upgris.ac.id Internet Source	<1%
50	www.telix.se Internet Source	<1%
51	s-space.snu.ac.kr Internet Source	<1%
52	academic.hep.com.cn Internet Source	<1%
53	impas-itsb.blogspot.com Internet Source	<1%
54	"Biodegradable Polymers and Plastics", Springer Science and Business Media LLC, 2003 Publication	<1%
55	johnkelik.blogspot.com Internet Source	<1%
56	blogger-ivan.blogspot.com Internet Source	<1%
57	Submitted to University of Southern Queensland Student Paper	<1%
58	Pooja Yadav, Dimitris Athanassiadis, Io Antonopoulou, Ulrika Rova, Paul Christakopoulos, Mats Tysklind, Leonidas Matsakas. "Environmental impact and cost	<1%

assessment of a novel lignin production method", Journal of Cleaner Production, 2021

Publication

59

www.indonesianforest.com

Internet Source

<1%

60

Noor Amirah Abdul Halim, Norzita Ngadi, Mohammad Nasir Mohammad Ibrahim, Suriyati Mohamed Ansari. "Monomeric Structure Characterization of Different Sources Biomass Lignin", Key Engineering Materials, 2016

Publication

<1%

61

worlducations.blogspot.com

Internet Source

<1%

62

onahrohanah.blogspot.com

Internet Source

<1%

63

J. Gierer. "Chemistry of delignification", Wood Science and Technology, 1986

Publication

<1%

64

e-journal.unipma.ac.id

Internet Source

<1%

65

energibio.blogspot.com

Internet Source

<1%

66

Nina Elyani, Jenni R., Sonny K. Wirawan, Cucu .. "PENANGANAN STICKY DAN PITCH SECARA ENZIMATIS PADA DAUR ULANG

<1%

67 Submitted to Covenant University <1 %
Student Paper

68 www.crushersforsale.net <1 %
Internet Source

69 id.indocrushers.com <1 %
Internet Source

70 T Sucipto, R Hartono, W Dwianto. " Determination of wood wettability properties of oil palm trunk, sp. and by contact angle method ", IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2018 <1 %
Publication

71 Sri Hidayati, Ribut Sugiharto, Ahmad Sapta Zuidar. "Karakteristik Pulp Hasil Pemutihan Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Hasil Pemasakan Yang Menggunakan Limbah Lindi Hitam Siklus Ketiga", Journal of Tropical Upland Resources (J. Trop. Upland Res.), 2019 <1 %
Publication

72 Harmohinder S. Sabharwal, Masood Akhtar, Robert A. Blanchette, Raymond A. Young. "Refiner Mechanical and Biomechanical Pulping of Jute", Holzforschung, 1995 <1 %
Publication

73	widyariset.pusbindiklat.lipi.go.id Internet Source	<1%
74	www.tandfonline.com Internet Source	<1%
75	Adi Cifriadi. "PENGUNAAN LINDI HITAM SEBAGAI BAHAN PELUNAK DALAM KOMPON KARET ALAM", Jurnal Penelitian Karet, 2013 Publication	<1%
76	eprints.polsri.ac.id Internet Source	<1%
77	belajarkimiaorganikii.blogspot.com Internet Source	<1%
78	rvdollections.blogspot.com Internet Source	<1%
79	myendraarif.blogspot.com Internet Source	<1%
80	cariconthugasakhir.blogspot.com Internet Source	<1%
81	repository.ugm.ac.id Internet Source	<1%
82	www.wasiwa.com Internet Source	<1%

www.automotive-connectors.com

83

Internet Source

<1%

84

Submitted to University College London

Student Paper

<1%

85

elib.sfu-kras.ru

Internet Source

<1%

86

Rachmawati Apriani, Ni Njoman Manik
Susantini. "Studi pemanfaatan limbah pelepah
sawit sebagai bahan baku pulp metode
Organosolv disertai hidrotermal pretreatment",
JURNAL VOKASI TEKNOLOGI INDUSTRI
(JVTI), 2019

Publication

<1%

87

andrewopunk.blogspot.com

Internet Source

<1%

88

rahmana28.blogspot.com

Internet Source

<1%

89

forest.mtu.edu

Internet Source

<1%

90

. Fauziah, Dwiria Wahyuni, Boni Pahlanop
Lapanporo. "Analisis Sifat Fisik dan Mekanik
Papan Partikel Berbahan Dasar Sekam Padi",
POSITRON, 2014

Publication

<1%

91

Xuejun Pan, Neil Gilkes, Jack N. Saddler.

"Effect of acetyl groups on enzymatic hydrolysis of cellulosic substrates", *Holzforschung*, 2006

Publication

<1%

92

www.degruyter.com

Internet Source

<1%

93

semuatentangtekstil.wordpress.com

Internet Source

<1%

94

cikotokbloggers.blogspot.com

Internet Source

<1%

95

nasih.files.wordpress.com

Internet Source

<1%

96

agusnuroso81.blogspot.com

Internet Source

<1%

97

sip-belajar.blogspot.com

Internet Source

<1%

98

Submitted to University of Surrey Roehampton

Student Paper

<1%

99

www.journal.uad.ac.id

Internet Source

<1%

100

ejournal3.undip.ac.id

Internet Source

<1%

101

cyber.kamarasta.web.id

Internet Source

<1%

Aliyu Salihu, Olagunju Abbas, Abdullahi

102	Balarabe Sallau, Md. Zahangir Alam. "Agricultural residues for cellulolytic enzyme production by <i>Aspergillus niger</i> : effects of pretreatment", 3 Biotech, 2015 Publication	<1%
103	JAHAN, M.Sarwar, LEE, Z.Z. and JIN, Yongcan. "Organic acid pulping of rice straw. 1:Cooking", TÜBİTAK, 2006. Publication	<1%
104	doria.fi Internet Source	<1%
105	www.yumpu.com Internet Source	<1%
106	kerobeary.blogspot.com Internet Source	<1%
107	ipb.ac.id Internet Source	<1%
108	carabudidaya77.blogspot.com Internet Source	<1%
109	www.smjournals.com Internet Source	<1%
110	Jin-Ho Seo, Hyung-Jin Kim. "Properties of Bleachability of Paper Mulberry Pulp by Hydrogen Peroxide and Ultrasonication Bleaching System", Journal of Korea Technical	<1%

Association of The Pulp and Paper Industry, 2012

Publication

111	dosen.narotama.ac.id Internet Source	<1%
112	www.cirebonmedia.com Internet Source	<1%
113	lawangarl71.blogspot.com Internet Source	<1%
114	www.manufacturinget.org Internet Source	<1%
115	doaj.org Internet Source	<1%
116	bioscientiae.unlam.ac.id Internet Source	<1%
117	eprints.unisbank.ac.id Internet Source	<1%
118	portalgaruda.ilkom.unsri.ac.id Internet Source	<1%
119	Rachel Breemer, Trisonda Sigmarlatu, Febby J Polnaya. "Pengaruh Penambahan Sodium Tripoly-Phosphat Terhadap Karakteristik Tepung Buru Hotong (<i>Setaria italica</i> L Beauv.) Fosfat", AGRITEKNO: Jurnal Teknologi Pertanian, 2020	<1%

120 "Biomass Conversion", Springer Science and Business Media LLC, 2012 <1 %
Publication

121 Lucy Arianie. "Potention of Lignin, Lignin Sulfonate and Lignin Acetate from Palm Empty Bunch as an Additive Substance in Urea Fertilizer as an Effort to Reduce the Solubility of Urea Nitrogen", Advanced Materials Research, 2010 <1 %
Publication

122 www.pdfdocuments.com <1 %
Internet Source

123 repository.unja.ac.id <1 %
Internet Source

124 docslides.net <1 %
Internet Source

125 balitek-agroforestry.org <1 %
Internet Source

126 atrindia.co.in <1 %
Internet Source

127 journal.fi <1 %
Internet Source

128 primanandafauziah.blogspot.com <1 %
Internet Source

129	mariefhusaeniar1996.blogspot.com Internet Source	<1%
130	online-journal.unja.ac.id Internet Source	<1%
131	tugaskuliahbk.blogspot.com Internet Source	<1%
132	meubelenpollier.be Internet Source	<1%
133	riaal-taheer.blogspot.com Internet Source	<1%
134	Kristaufan Joko Pramono, Krisna Adhitya Wardana, Prima Besty Asthary, Saepulloh .. "BIOKONVERSI PADA PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI PULP DAN KERTAS MENGGUNAKAN MEMBRANE-LESS MICROBIAL FUEL CELL (ML-MFC)", JURNAL SELULOSA, 2015 Publication	<1%
135	newenergi.blogspot.com Internet Source	<1%
136	Sri Astuti, Ridwan Yahya, Agus Sundaryono. "ANALISIS KADAR KOMPONEN KIMIA PELEPAH SAWIT VARIETAS DURA SEBAGAI BAHAN BAKU PULP YANG DITERAPKAN PADA PEMBELAJARAN KIMIA", PENDIPA	<1%

137	people.mech.kuleuven.be Internet Source	<1 %
138	Michael Finell, Calle Nilsson. "Kraft and soda-AQ pulping of dry fractionated reed canary grass", <i>Industrial Crops and Products</i> , 2004 Publication	<1 %
139	moxahenrijnadeak.blogspot.com Internet Source	<1 %
140	pdf.kq5.org Internet Source	<1 %
141	ronyastrajingga.blogspot.com Internet Source	<1 %
142	lkssekolahdasar.blogspot.com Internet Source	<1 %
143	aetos.gregoreo.org Internet Source	<1 %
144	jengsrihartini.wordpress.com Internet Source	<1 %
145	akubaikbaiksaja.blogspot.com Internet Source	<1 %
146	mercedeh1rajpar.blogspot.com Internet Source	<1 %

147	kutuphane.ksu.edu.tr Internet Source	<1%
148	maxrodrigueezz.blogspot.com Internet Source	<1%
149	obattradisional123.com Internet Source	<1%
150	abenchanafia.blogspot.com Internet Source	<1%
151	erwinsugiar toe.blogspot.com Internet Source	<1%
152	atteubear.blogspot.com Internet Source	<1%
153	repository.ubaya.ac.id Internet Source	<1%
154	amridaa.blogspot.com Internet Source	<1%
155	www.wcre.us Internet Source	<1%
156	Suryanti Suryanti, Susilo Hadi, Rosmawaty Peranginangin. "Ekstraksi Gelatin dari Tulang Ikan Kakap Merah (<i>Lutjanus sp</i>) secara Asam", Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, 2006 Publication	<1%

157	repository.unika.ac.id Internet Source	<1%
158	vandajulita.blogspot.com Internet Source	<1%
159	ristahennipurba.wordpress.com Internet Source	<1%
160	elisajulianti.files.wordpress.com Internet Source	<1%
161	garuda.ristekbrin.go.id Internet Source	<1%
162	www.toodledo.com Internet Source	<1%
163	jibrilherbalagency.blogspot.com Internet Source	<1%
164	www.litbang.deptan.go.id Internet Source	<1%
165	eprints.upnjatim.ac.id Internet Source	<1%
166	ilmumanajemendanakuntansi.blogspot.com Internet Source	<1%
167	"AE-Manual der Endoprothetik", Springer Science and Business Media LLC, 2012 Publication	<1%

Andre Fahriz Perdana Harahap, Jabosar Ronggur Hamonangan Panjaitan, Catia Angli Curie, Muhammad Yusuf Arya Ramadhan et al. "Techno-Economic Evaluation of Hand Sanitiser Production Using Oil Palm Empty Fruit Bunch-Based Bioethanol by Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) Process", Applied Sciences, 2020

Publication

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography On