



**PENURUNAN BILANGAN KAPPA
PULP ALCELL KAYU PINUS (*Pinus merkusii* Jungh. et de vriese)
MELALUI PENCUCIAN PULP SECARA BERTAHAP**

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Oleh :

DENI RAKHMAT NURYADIN

E 31.1368



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

1999



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



RINGKASAN

Deni Rakhmat Nuryadin. E 31.1368. Penurunan Bilangan Kappa Pulp *Alcell* Kayu Pinus (*Pinus merkusii* Jungh. et de vriese) Melalui Pencucian Pulp Secara Bertahap. Dibawah bimbingan Dr. Ir. Wasrin Syafii, M.Agr., Dr. Ir. Gatot Ibhasantosa dan Dra Susi Sugesty.

Kebutuhan kertas selalu meningkat setiap tahun seiring dengan tingkat pertumbuhan penduduk, kemampuan ekonomi, tingkat teknologi, dan perubahan sosial budaya masyarakat. Peningkatan kebutuhan kertas tersebut mengarahkan kepada penambahan kapasitas terpasang industri pulp dan kertas yang ada serta usaha mendirikan industri yang baru.

Pada umumnya industri pulp dan kertas di Indonesia menggunakan proses sulfat (kraft) yang dapat menimbulkan pencemaran udara akibat terbentuknya gas hidrogen sulfida (H_2S) dan gas methyl mercaptan (CH_3SH) serta dapat menimbulkan pencemaran terhadap badan air.

Salah satu alternatif penanggulangannya pembuatan pulp dengan mengembangkan proses *alcell*, karena selain pencemaran lingkungan yang ditimbulkan rendah, proses ini juga memungkinkan pemanfaatan lignin dan karbohidrat serta sistem daur ulang bahan kimia mudah dan penggunaannya dapat diterapkan pada skala kecil. Namun hingga saat ini masih terdapat kelemahan dalam pembuatan pulp dengan proses *alcell* yaitu tingginya bilangan kappa. Dari kelemahan yang ada maka perlu dilakukan proses pencucian pulp secara bertahap setelah proses pemasakan, karena pulp *alcell* hasil pemasakan biasanya masih banyak mengandung sisa-sisa lignin sehingga dengan adanya proses pencucian pulp dapat diharapkan bilangan kappa yang diperoleh lebih rendah.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh pencucian pulp secara bertahap dengan menggunakan ethanol dan NaOH terhadap penurunan bilangan kappa pulp *alcell* kayu pinus (*Pinus merkusii* Jungh. et de vriese).

Metode penelitian yang dilakukan yaitu kayu dibuat menjadi serpih sehingga diperoleh ukuran (20x20x3) mm dan kemudian ditentukan kadar airnya. Kondisi



pemasakan pulp meliputi campuran ethanol-air (v:v) = 50 : 50 dengan menggunakan ethanol teknis 95%, suhu maksimum 175⁰C, waktu tuju ke suhu maksimum 2 jam, suhu maksimum 1jam dengan rasio larutan pemasak : serpih kayu = 8 : 1.

Pulp hasil pemasakan dicuci menggunakan corong buchner secara bertahap. Tahapan pencuciannya adalah sebagai berikut : pulp dicuci dengan air kemudian dilanjutkan dengan air panas ($\pm 50^0\text{C}$) setelah itu dicuci dengan etahanol-air (v:v) = (0:0 ; 25:75 ; 50:50 ; 75:25 ; 100:0) selanjutnya pulp dicuci dengan NaOH pada konsentrasi 3% dan 5% lalu dilanjutkan dengan penetralan menggunakan air.

Rendemen pulp hasil pemasakan pada proses *alcell* sebesar 73,36% Setelah mengalami pencucian pulp secara bertahap ternyata rendemen dan bilangan kappa mengalami penurunan dengan persentase penurunan yang berbeda-beda.

Pada pencucian menggunakan ethanol yang dilanjutkan dengan pencucian menggunakan NaOH, pada umumnya persentase penurunan rendemen cenderung bertambah besar dengan bertambahnya konsentrasi ethanol sedangkan persentase penurunan bilangan kappa pulp cenderung bertambah kecil dengan bertambahnya konsentrasi ethanol.

Besarnya penurunan rendemen dan bilangan kappa pulp setelah mengalami pencucian pulp secara bertahap sekitar 0,68% - 7,79% dan 0,22% - 3,99%. Rendemen dan bilangan kappa pulp yang diperoleh masih cukup tinggi yaitu berkisar antara 65,59% - 73,26% dan 139,09 – 150,93.

Pada penelitian ini bilangan kappa yang paling rendah terdapat pada saat pencucian menggunakan 50% ethanol yang dilanjutkan dengan menggunakan NaOH 3% yaitu sebesar 139,09 dengan rendemen sebesar 67,76%.

Untuk penelitian yang lebih lanjut disarankan bahwa pulp hasil pemasakan sebaiknya langsung dicuci dengan menggunakan pelarut organik (ethanol) selain itu juga perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap sifat fisik dan optik pulp *alcell* setelah mengalami pencucian pulp secara bertahap.



Hak Cipta Dilindungi. Sifatnya sebagai...
1. Dilarang...
a. Pengutipan...
b. Pengutipan tidak mengizinkan...
2. Dilarang mengumumkkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

**PENURUNAN BILANGAN KAPPA
PULP ALCELL KAYU PINUS (*Pinus merkusii* Jungh. et de vriese)
MELALUI PENCUCIAN PULP SECARA BERTAHAP**

Oleh :

DENI RAKHMAT NURYADIN

E 31.1368

Karya Ilmiah

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar

Sarjana Kehutanan

Pada Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor

JURUSAN TEKNOLOGI HASIL HUTAN

FAKULTAS KEHUTANAN

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

1999

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@tikopia milik IPB University

Judul Penelitian : **Penurunan Bilangan Kappa Pulp *Alcell* Kayu Pinus (*Pinus merkusii* Jungh. et de vriese) Melalui Pencucian Pulp Secara Bertahap**

Nama Mahasiswa : **Deni Rakhmat Nuryadin**

Nomor Pokok : **E 31.1368**

Disetujui

Ketua Komisi Pembimbing

Dr. Ir. Wasrin Syafii, M.Agr

Tanggal : 21/4/99

Anggota

Komisi Pembimbing I

Dr. Ir. Gatot Imanantosa

Tanggal : 14/4/99

Komisi Pembimbing II

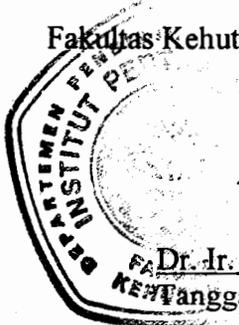
Dra. Susi Sugesty

Tanggal : 19/4/99

Disahkan oleh :

Ketua Jurusan Teknologi Hasil Hutan

Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor



Dr. Ir. Wasrin Syafii, M.Agr

Tanggal : 21/4/99

Tanggal Lulus : 10 April 1999

Hal-hal yang terdapat dalam naskah ini tanpa mencantumkan dan menandatangani dengan nama dan jabatan yang sebenarnya. 1. Tidak bertanggung jawab atas kesalahan yang terdapat dalam naskah ini. 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Karawang, Jawa Barat pada tanggal 11 Maret 1975 sebagai anak pertama dari keluarga H. Ijob Suparta (ayah) dan Hj. Uneh Nuryati (ibu).

Pada tahun 1987, penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SDN Karang Pawitan II Karawang, kemudian melanjutkan ke SMP Negeri 5 Bandung hingga tahun 1990. Pada tahun 1993 penulis menyelesaikan pendidikan di SMA Negeri 9 Bandung.

Pada tahun 1994 penulis melanjutkan pendidikan di Institut Pertanian Bogor (IPB) melalui jalur UMPTN. Setelah lulus di Tingkat Persiapan Bersama (TPB) pada tahun 1995, kemudian memilih Fakultas Kehutanan Jurusan Teknologi Hasil Hutan dan memilih Sub Program Studi Pengolahan Hasil Hutan.

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kehutanan di Fakultas kehutanan IPB, penulis melakukan penelitian yang berjudul “**Penurunan Bilangan Kappa Pulp Alcell kayu pinus (*Pinus merkusii* Jungh. et de vriese) Melalui Pencucian Pulp Secara Bertahap**” dibawah bimbingan Dr. Ir. Wasrin Syaffii, M.Agr., Dr. Ir. Gatot Ibusantosa dan Dra. Susi Sugesty.



KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kehutanan pada Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Wasrin Syafii, M.Agr., Bapak Dr. Ir. Gatot Ibnu Santosa dan Ibu Dra. Susi Sugesty sebagai dosen pembimbing yang telah membimbing penulis sejak awal penelitian sampai selesainya skripsi ini.
2. Bapak Dr. Ir. H. M. Yahya Fakuara Ts., MSc. dan Bapak Ir. Agus Priyono, MS. selaku dosen penguji dari Jurusan Manajemen Hutan dan Konservasi Sumberdaya Hutan atas ilmu dan masukan-masukannya terhadap penulisan skripsi ini.
3. Pimpinan dan seluruh staf Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Selulosa Bandung atas bantuan dan kerjasamanya.
4. Sahabat-sahabat tercinta di KOMANDO (GG, Sodak S.Hut, NC, Ewo S.Hut, Bakti, QQ S.Hut, Bimbim, Cucu, Rinal, Inov S.Hut, Kholid, Yadi, Husni, Jaya, Ilo S.Hut, Komet, Aq, Bang Nuzul, Hardian S.Hut, Indrawan S.Hut, Yayat, Budi, Yoyo S.Hut, Orok, Bolu, Apung, Asep, Icoy, Waluh, Odoy S.Hut dan Cengo), Keluarga Alm. Ricky (Mama, mia dan pipit), Kru PTD, dan Kru Jamparing.
5. Rekan-rekan Angkatan 31 Khususnya warga THH dan teman seperjuangan Freddy S.Hut serta warga Fahutan pada umumnya.
6. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu atas kerjasama dan bantuannya dalam penyusunan skripsi ini.

Disadari sepenuhnya bahwa skripsi ini tidak luput dari kekurangan, kritik dan saran selalu penulis harapkan terhadap penulisan skripsi ini sehingga dapat menjadi masukan yang membangun bagi penulis-penulis selanjutnya. Semoga karya yang sederhana ini dapat bermanfaat, terutama bagi pembaca.

Bogor, April 1999

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan Penelitian.....	2
TINJAUAN PUSTAKA	
A. Karakteristik Kayu Pinus (<i>Pinus merkusii</i> Jungh. et de vriese) sebagai Bahan Baku Pulp.....	3
B. Proses <i>Organosolv</i>	4
C. Proses <i>Alcell</i>	5
D. Bilangan Kappa.....	6
E. Pencucian Pulp.....	7
BAHAN DAN METODE	
A. Bahan Penelitian.....	10
1. Bahan Baku.....	10
2. Bahan Kimia.....	10
3. Alat Penelitian.....	10
B. Metode Penelitian.....	10
1. Persiapan bahan Baku.....	10
2. Pemasakan.....	11
3. Pencucian Pulp.....	12
4. Penentuan Rendemen.....	14
5. Penentuan Bilangan Kappa.....	14

Hak cipta ini dilindungi undang-undang. Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

1. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
2. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.



IV.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Rendemen 15

B. Bilangan Kappa 20

 Kebutuhan Larutan Pencuci Pulp 25

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan 31

B. Saran 31

DAFTAR PUSTAKA 32

LAMPIRAN 35

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Dimensi Serat dan Analisis Kimia Kayu Pinus (<i>Pinus merkusii</i> Jungh. et de Vriese)	3
2.	Rendemen Pulp <i>Alcell</i> Kayu <i>P. merkusii</i> Setelah Mengalami Pencucian Pulp Secara Bertahap.....	15
3.	Bilangan Kappa Pulp <i>Alcell</i> Kayu <i>P. merkusii</i> Setelah Mengalami Pencucian Pulp Secara Bertahap.....	20
4.	Kebutuhan Air , Air Panas, dan Ethanol pada Berbagai Variasi Ethanol-Air Sebagai Larutan Pencuci Pulp	25
5.	Kebutuhan NaOH 3% dan NaOH 5% Sebagai Larutan Pencucian Pulp.....	26
6.	Kebutuhan Air Pencuci Setelah Pencucian dengan Menggunakan NaOH	26

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.





DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Histogram Rendemen Pulp setelah mengalami Pencucian Pulp Secara Bertahap dengan menggunakan NaOH 3%.....	16
2.	Histogram Rendemen Pulp setelah mengalami Pencucian Pulp Secara Bertahap dengan menggunakan NaOH 5%.....	16
3.	Histogram Rendemen Pulp setelah mengalami Pencucian Menggunakan Variasi Ethanol-Air	17
4.	Histogram Rendemen Pulp Pencucian Menggunakan NaOH 3% Pada Berbagai Variasi Ethanol-Air.....	18
5.	Histogram Rendemen Pulp Pencucian Menggunakan NaOH 5% Pada Berbagai Variasi Ethanol-Air.....	19
6.	Histogram Bilangan Kappa Pulp setelah mengalami Pencucian Pulp Secara Bertahap dengan menggunakan NaOH 3%.....	21
7.	Histogram Bilangan Kappa Pulp setelah mengalami Pencucian Pulp Secara Bertahap dengan menggunakan NaOH 5%.....	21
8.	Histogram Bilangan Kappa Pulp setelah mengalami Pencucian Menggunakan Variasi Ethanol-Air	22
9.	Histogram Bilangan Kappa Pulp Pencucian Menggunakan NaOH 3% dan NaOH 5% Pada Berbagai Variasi Ethanol-Air	23
10.	Histogram Kebutuhan Ethanol-Air Sebagai Larutan Pencuci Pulp.....	27
11.	Histogram Kebutuhan NaOH Sebagai Larutan Pencuci Pulp pada Berbagai Variasi Ethanol-Air	28
12.	Histogram Kebutuhan Air Pencuci Setelah Pencucian dengan Menggunakan NaOH Melalui Pencucian Pulp Secara Bertahap.....	29



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1	Prosedur Penetapan Bilangan Kappa SNI 0494 - 1989 - A	35
2	Tahapan Penelitian	37
3	Tahapan Pencucian Pulp	38
4	Data Bilangan Kappa, Rendemen, dan Jumlah Larutan Pencuci Pulp Pada setiap Tahapan pencucian Pulp	39

@lak ciya mlk IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Di larang menyalin atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Di larang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kebutuhan kertas selalu meningkat setiap tahun seiring dengan tingkat perkembangan jumlah penduduk, kemampuan ekonomi, tingkat teknologi dan perubahan sosial budaya masyarakat. Peningkatan kebutuhan kertas tersebut mengarahkan kepada penambahan kapasitas terpasang industri pulp dan kertas yang ada serta usaha mendirikan industri yang baru.

Pada umumnya industri pulp dan kertas di Indonesia menggunakan proses sulfat (kraft) yang banyak menimbulkan pencemaran udara akibat terbentuknya gas hidrogen sulfida (H_2S) dan gas methyl mercaptan (CH_3SH) serta adanya pencemaran terhadap badan air.

Dalam rangka mencari pemecahan masalah di atas maka perlu diteliti dan dikembangkan proses-proses pembuatan pulp yang memungkinkan untuk memberi hasil yang optimal dengan tingkat pencemaran yang serendah mungkin. Salah satu alternatif pembuatan pulp yang mungkin dapat diterapkan adalah proses *organosolv*. Hal ini disebabkan karena proses *organosolv* mempunyai keuntungan potensial antara lain tidak menggunakan unsur sulfur, bahan kimia pemasaknya dapat didaur ulang, memungkinkan memproduksi pulp dengan rendemen tinggi, menghasilkan produk sampingan (lignin dan karbohidrat), serta pengoperasiannya dapat diterapkan pada skala kecil (200 ton/hari) (Worster dalam Paszer and Cho, 1989).

Proses *organosolv* ini didasarkan pada perbedaan kelarutan komponen kimia bahan baku pulp, yaitu lignin dan zat ekstraktif larut dalam pelarut organik, karbohidrat dengan berat molekul rendah dapat larut dalam air, sedangkan selulosa tidak larut dalam kedua larutan tersebut. Pelarut organik berfungsi untuk dapat melarutkan lignin serta memudahkan penguraian serat dan reaksi delignifikasi dapat berjalan lebih merata (Bahar, 1983).

Salah satu dari proses *organosolv* ini adalah proses *alcell*. Proses ini diperkirakan dapat memberikan keuntungan yang besar terutama rendemennya

yang tinggi dan menghasilkan kekuatan pulp kayu daun lebar yang sama dengan proses kraft (Cronlund and Powers, 1992). Namun demikian, hingga saat ini masih terdapat kelemahan dalam pembuatan pulp dengan proses *alcell* yaitu masih tingginya bilangan kappa (Putra, W.A., 1996). Dengan tingginya bilangan kappa berarti sisa kandungan lignin dalam pulp masih tinggi, sehingga akan sulit untuk diputihkan dan akan banyak mengkonsumsi bahan kimia pemutih.

Untuk mengatasi kelemahan yang ada pada proses *alcell*, maka perlu dilakukan kondisi pencucian yang optimal setelah proses pemasakan pulp, karena pulp *alcell* hasil pemasakan biasanya masih banyak mengandung sisa-sisa lignin sehingga dengan adanya proses pencucian pulp dapat diharapkan bilangan kappa yang diperoleh akan lebih rendah. Selain itu proses pencucian yang baik merupakan salah satu faktor penting untuk menghasilkan pulp dengan kualitas baik (Aziz dan Sarkanen, 1989).

Dalam penelitian ini akan dilakukan pencucian pulp dengan menggunakan metode secara bertahap, yaitu dengan menggunakan larutan pencuci : air, air panas ($\pm 50^{\circ}\text{C}$), ethanol dan NaOH. Untuk mendapatkan kondisi pencucian yang optimal dicoba beberapa variasi tahapan pencucian pulp. Pulp hasil pencucian kemudian ditentukan rendemen dan bilangan kappa pada setiap tahapannya. Selain itu ditentukan pula jumlah larutan pencucinya. Bahan baku pulp yang digunakan yaitu kayu *Pinus merkusii* yang mengandung serat panjang.

B. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pencucian secara bertahap dengan menggunakan ethanol dan NaOH terhadap penurunan bilangan kappa pulp *alcell* kayu pinus (*Pinus merkusii* Jungh. et de Vriese).





II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Karakteristik Kayu Pinus (*Pinus merkusii* Jungh. et de vriese) sebagai Bahan Baku Pulp

Pinus merkusii, genus termasuk divisi Embryophyta Siphonogoma atau lebih dikenal sebagai divisi Spermatophyta sub divisi Gymnospermae, ordo Coniferae famili Pinaceae (Mirov, 1967).

Berat jenis kayunya adalah sekitar 0,40 - 0,75 atau rata-ratanya 0,55. Kayu pinus mempunyai tingkat kelarutan 11,1% dalam NaOH 1%, 6,3% dalam alkohol benzene, 0,4% dalam air dingin dan 3,2% dalam air panas (Martawijaya, et al., 1989).

Menurut Martawijaya, et al. (1989) nama daerah kayu pinus itu sendiri antara lain damar batu, damar bunga, huyam, kayu sala, kayu sugi, tusam, uyam (Sumatera), dan pinus (Jawa). Daerah penyebarannya meliputi Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Barat, dan seluruh Jawa.

Kayu pinus sangat potensial sebagai bahan baku pulp karena sifatnya yang mudah ditanam dan memenuhi syarat yang baik untuk dijadikan sebagai bahan baku pulp serat panjang. Panjang seratnya tergantung kepada umur pohon yaitu cenderung naik dengan bertambahnya umur. Selain itu juga tergantung pula kepada tempat tumbuhnya (Rasimin dan Eddi, 1983).

Kayu pinus mempunyai dimensi serat dan sifat kimia seperti pada tabel 1.

Tabel 1 : Dimensi Serat dan Analisis Kimia Kayu Pinus (*Pinus merkusii* Jungh. et de vriese)

Dimensi serat*		Analisis kimia	
Panjang serat (mm)	: 4	Abu	: 0,47%
Diameter serat (μ)	: 36,7	Selulosa	: 42,59%
Diameter lumen (μ)	: 25,1	Lignin	: 27,90%
Tebal dinding serat (μ)	: 5,8	Pentosan	: 11,94%
Bilangan runkel	: 0,47	Sari	: 5,0%
Daya lenting	: 1,25	Kelarutan dalam air dingin	: 1,25%
Kelemasan	: 0,68	Kelarutan dalam air panas	: 3,36%
Koefisien kekakuan	: 0,158		

Sumber: * = Margono, S (1969). Pinus berasal dari Lembang

^ = Sugesty, S (1991). Diktat Pengetahuan Bahan Baku

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



B. Proses *Organosolv*

Proses *organosolv* adalah suatu proses pembuatan pulp yang menggunakan pelarut organik (ethanol, metanol, asam asetat, kelompok amina dengan atom karbon yang rendah) sebagai larutan pemasaknya. Berdasarkan bahan kimia yang digunakan dikenal beberapa proses yaitu proses *organocell* yang menggunakan bahan kimia pemasak metanol, proses *alcell* dengan bahan kimia pemasak ethanol, dan proses *acetocell* menggunakan bahan kimia pemasak asam asetat (Shcroeter, 1991).

Proses ini diperkenalkan oleh Aranovsky dan Gortner serta Brounstein dengan penekanan pada pengaturan kecepatan dan tingkat delignifikasi (Paszner and Cho, 1989). Aranovsky dan Gortner dalam Paszner and Cho (1989) menyatakan bahwa alkohol primer merupakan agen delignifikasi yang lebih selektif dibandingkan alkohol sekunder dan alkohol tersier.

Bahar (1983) menyebutkan bahwa pelarut organik berfungsi untuk melarutkan lignin memudahkan penguraian serat dan menjadikan proses delignifikasi dapat berlangsung lebih merata.

Delignifikasi pada proses *organosolv* disebabkan terputusnya ikatan eter dan aril gliserol- β -aril eter dalam molekul lignin. Hidrolisis α -aril eter bereaksi cepat dengan energi aktivitasi 15 kkal/mol. Sedangkan untuk memutuskan ikatan aril gliserol- β -aril eter energi aktivitasnya 36 kkal/mol (Sarkanen, 1990 dalam Darmawan 1995).

Faktor yang berpengaruh terhadap sifat pulp *organosolv* adalah perbandingan antara berat kayu dengan larutan pemasak yang digunakan, katalisator, suhu dan waktu pemasakan, serta konsentrasi larutan pemasak (Sherrard, 1991).

Proses *organosolv* memiliki beberapa keuntungan seperti dapat beroperasi secara ekonomis dengan kapasitas 200 ton/hari, dampak terhadap lingkungan rendah karena proses ini tidak mengandung sulfur, tidak menghasilkan bahan ber-klor pada sisa pemutihannya, dan memberikan produk sampingan karena mudahnya pemisahan lignin sebagai bahan padat dan karbohidrat sebagai bahan

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

gula. Beberapa kelemahan dari proses organosolv ini adalah pencucian pulp tidak dapat menggunakan air, bahan kimia pemasak yang bersifat menguap (volatile) sehingga mudah terbakar bila digester mengalami kebocoran serta tidak cocok untuk proses pulping dengan campuran dari beberapa jenis kayu (Azis dan Sarkanen, 1989).

Wistara (1994) menyebutkan bahwa lignin *organosolv* yang dihasilkan merupakan salah satu hasil sampingan pabrik pulp yang mempunyai masa depan baik untuk digunakan sebagai perekat komposit kayu seperti papan partikel dan kayu lapis. Lignin sebagai suatu senyawa fenol, diharapkan menjadi alternatif pengganti perekat fenol sintetik.

C. Proses Alcell

Proses *alcell* adalah proses *organosolv* yang menggunakan kombinasi alkohol alifatik dengan berat molekul rendah dalam air. Untuk delignifikasi campuran sulfur atau alkali tidak digunakan dalam pemasakan, sebagai gantinya digunakan ethanol pada temperatur yang tinggi dan akan menghasilkan kekuatan pulp kayu daun lebar sama dengan proses kraft (Crounlund and Powers, 1992).

Penggunaan pelarut ethanol dimaksudkan agar delignifikasi lebih sempurna dan merata dengan hanya sedikit sisa saring dan juga untuk mengurangi waktu pemasakan. Kecepatan delignifikasi pada kayu daun lebar lebih cepat 2 kali di bandingkan kayu daun jarum (Bahar, 1983 dalam Sudrajat 1997).

Suhu pemasakan yang paling selektif untuk delignifikasi proses *alcell* adalah berkisar pada selang antara 135°C - 175°C. Suhu pemasakan yang lebih tinggi cenderung akan mendegradasi fraksi polisakarida secara total (Sarkanen, 1980 dalam Gunawan 1994).

Sherrard menyebutkan bahwa pembuatan pulp *alcell* menggunakan bahan kimia pemasak berupa campuran ethanol air ketika serpih kayu dipanaskan dalam larutan alkohol, asam asetat yang timbul bereaksi dengan gugus acetyl yang terdapat secara alami dalam hemiselulosa. Sifat asam ini berfungsi sebagai katalis untuk depolimerisasi pada hidrolisis lignin (Pye, et al., 1992).

Jamieson (1991) menyatakan bahwa pulp *alcell* mempunyai kandungan selulosa yang lebih tinggi dan hemiselulosa yang lebih rendah dari pulp kraft, ini mungkin disebabkan pembuatan pulp *alcell* dalam kondisi asam.

Selanjutnya Sherrard (1991) menyatakan bahwa proses *alcell* dengan campuran alkohol (ethanol) dan air memiliki viskositas yang rendah pada suhu proses yang digunakan dan cepat berpenetrasi pada seluruh serpih kayu.

Pelarut organik (ethanol) dapat menurunkan tegangan permukaan bahan pemasak pada suhu tinggi yang memudahkan untuk berpenetrasi dan melarutkan hasil pemecahan lignin dari kayu kedalam larutan pemasak (Marton dan Granzow, 1982).

D. Bilangan Kappa

Tingkat kematangan pulp dalam proses pembuatan pulp ditujukan oleh bilangan kappa. Selain itu bilangan kappa merupakan indikator kandungan lignin yang masih terdapat pada pulp (Deparemen Perindustrian, 1981). Bilangan kappa yang tinggi berarti sisa kandungan lignin dalam pulp masih tinggi, tingkat kematangan pulpnya rendah, dan tingkat delignifikasinya rendah, sehingga menghasilkan pulp berkualitas kurang baik. Kandungan lignin yang cukup tinggi didalam pulp akan menurunkan ketahanan fisik pulp serta menghasilkan warna pulp yang gelap (Casey, 1980 dalam Rofiah 1993). Dalam pembuatan pulp diharapkan bilangan kappa yang dihasilkan serendah mungkin, sehingga bahan kimia pemutih yang diperlukan lebih sedikit untuk menghasilkan pulp putih.

Cara pemasakan yang berbeda dan jenis kayu yang berbeda akan menghasilkan bilangan kappa yang berbeda pula (Rofiah, 1993).

Pada proses *alcell* bilangan kappa mengalami sedikit peningkatan dengan menurunnya rasio larutan – serpih kayu pada pemasakan. Pada rasio larutan – serpih kayu yang rendah khususnya saat tahap akhir pemasakan, bilangan kappa yang dihasilkan tinggi akibat repolimerisasi lignin (Pye, et al., 1992).

Hasil penelitian Pye, et al. (1992) menunjukkan bahwa pada proses *alcell* konsentrasi ion hidrogen kritis untuk pemutusan α dan ikatan β agar lignin dapat larut dalam larutan pemasak. Disebutkan pula bahwa rendahnya konsentrasi ion hidrogen menyebabkan lignin sedikit terdegradasi sehingga bilangan kappa tinggi. Konsentrasi ion hidrogen yang rendah ini akibat rasio larutan - serpih kayu pada pemasakan yang rendah.

Pada proses degradasi lignin ikatan α -aril eter lebih mudah diputuskan dibanding β -aril eter, terutama dalam unit struktur lignin yang mengandung hidroksi fenolik bebas. Pemutusan ikatan α -aril adalah dengan reaksi hidrolisis. Jenis kayu hardwood dapat didelignifikasi relatif lebih cepat dibanding softwood, sebab kandungan α -aril eter dalam ligninnya lebih tinggi. Selain itu softwood cenderung melakukan kondensasi lebih besar (Mc Donough, 1993).

Reaksi kondensasi lignin dapat terjadi dalam proses pembuatan pulp karena terciptanya suasana asam, yaitu dengan keluarnya gugus asetil dari serpih kayu selama pemasakan. Dengan demikian pengendalian pH merupakan hal yang penting untuk keseluruhan delignifikasi, sebab jika tidak dikendalikan akan menghasilkan pulp dengan bilangan kappa tinggi (Schroeter, 1991).

Reaksi kondensasi lignin terlarut cenderung meningkatkan bobot molekulnya, sekaligus dapat meningkatkan bilangan kappa. Untuk itu perlu dicari tingkat konsentrasi pelarut yang memberikan kondisi optimum untuk mencegah terjadi reaksi tersebut (Wistara dan Nawawi, 1995).

B. Pencucian Pulp

Pada dasarnya tujuan dari proses pencucian pulp adalah menghilangkan sebanyak mungkin cairan sisa pemasak dari suspensi pulp dengan menggunakan sedikit mungkin larutan pencuci. Sisa-sisa zat terlarut yang tertinggal didalam pulp mengakibatkan pewarnaan, pembusaan, bintik-bintik pada kertas, dan kerusakan pada peralatan mesin pembuat kertas. Pencucian yang baik merupakan salah satu faktor penting menghasilkan pulp dengan kualitas yang baik (Azis dan Sarkanen, 1989).

Proses pencucian juga berhubungan dengan sistem pemulihan bahan kimia dan unit pemutihan pulp. Dimana padatan terlarut yang terbawa dalam pulp setelah proses pencucian akan menentukan biaya pemakaian bahan pemutih demikian juga terhadap bahan kimia pemakai tambahan dan biaya pengolahan limbahnya.

Ada beberapa variabel dalam proses pencucian pulp yang mempengaruhi efisiensi penghilangan padatan terlarut dari pulp. Variabel-variabel tersebut antara lain :

- a. Jumlah air yang digunakan selama pencucian (*exces water*).

Faktor pengenceran (*Excess water*) adalah jumlah air yang digunakan untuk mencuci setiap satuan berat pulp, dinyatakan dalam kg air/kg pulp atau dalam m^3 air/ metrik ton pulp.

Semakin tinggi jumlah *excess water* atau faktor pengenceran maka semakin menurun padatan terlarut yang terikat dalam pulp, akan tetapi hal ini akan menaikkan biaya evaporasi lindi hitam.

- b. Temperatur air pencuci.

Temperatur air pencuci sangat berpengaruh terhadap efisiensi pencucian. Smyth, 1983 menyatakan bahwa viskositas air pencuci yang rendah akan menghasilkan difusi air pencuci yang lebih baik kedalam lembaran pulp. Semakin tinggi temperatur, viskositas air semakin rendah. Penurunan viskositas yang sedikit terjadi pada temperatur diatas $52^{\circ}C$. Untuk pencucian pulp pinus, sebaiknya digunakan temperatur pencucian antara $52^{\circ}C$ - $79^{\circ}C$ dengan temperatur optimumnya $63^{\circ}C$. Sedangkan untuk kayu hardwood berkisar antara $52^{\circ}C$ - $85^{\circ}C$.

Peningkatan temperatur pencucian pada waktu difusi dan pelepasan (adsorption) air pencuci dapat meningkatkan penghilangan lignin dalam proses pencucian. Jumlah total lignin yang dapat dihilangkan selama proses *leaching* adalah sekitar 1.6% terhadap berat pulp.

Berbeda dengan pulp kimia konvensional, pulp *organosolv* tidak mudah dicuci dengan air, karena cenderung akan mengendapkan kembali lignin terlarut pada serat-serat (Azis dan Sarkanen, 1989).

Pulp hasil pemasakan biasanya masih banyak mengandung sisa-sisa lignin. Kondensasi lignin biasa terjadi pada tahap akhir pemasakan. Lignin ini tidak mudah dihilangkan dengan pencucian biasa menggunakan air setelah pemasakan, tetapi memerlukan bahan pelarut lignin yang lebih kuat seperti aseton, tetrahidrofuran (THF), dimetilsulfoksida (DMSO), 3–5 % alkali panas untuk melarutkannya (Paszner dan Cho, 1989).

Pelarut organik yang disarankan adalah alkohol dan aseton. Untuk memilih larutan terbaik dari kedua larutan organik tersebut telah dilakukan percobaan yang hasilnya diperoleh bahwa pemakaian larutan pencuci alkohol (ethanol) memperoleh bilangan kappa pulp yang lebih baik (rendah) daripada pemakaian larutan pencuci aseton pada konsentrasi yang sama (Rostika, et al., 1994).

Menurut Wise dan Jahn (1952) dalam Koch (1972), alkali pada suhu kamar mampu menghancurkan sebagian hemiselulosa dan menyerang lignin untuk membentuk kompleks alkali lignin.

Selanjutnya Wise dan Jahn (1952) dalam Koch (1972) menyebutkan bahwa alkali pada suhu dan tekanan tinggi mampu menghancurkan hemiselulosa dan lignin lebih banyak terutama pada konsentrasi yang semakin tinggi.

Acmadi (1990) menyebutkan bahwa NaOH dengan konsentrasi 1% pada suhu 100°C mampu mengekstraksi zat ekstraktif, sebagian lignin, hemiselulosa berbobot molekul rendah dan selulosa terdegradasi.





III. BAHAN DAN METODE

A. Bahan Penelitian

1. Bahan Baku

Kayu yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu pinus (*Pinus merkusii* Jungh. et de vriese) berumur 20 tahun dan berasal dari Jawa Barat. Kayu yang dimasak terdiri dari campuran bagian pangkal, tengah dan ujung batang.

2. Bahan Kimia

Larutan kimia pemasak yang digunakan untuk proses *Alcell* ini yaitu ethanol ($C_2H_5O_5$) teknis 95%. dan untuk pencuciannya menggunakan ethanol teknis 95% dan NaOH.

Bahan kimia yang digunakan untuk menetapkan bilangan kappa adalah H_2SO_4 4 N; $KMnO_4$ 0.1 N; KI 10%; $Na_2S_2O_3$ 0.2 N dan kanji 0.2%.

3. Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *chipper*, *rotary digester*, *flat refiner*, alat penentuan bilangan kappa (blender, gelas piala, dan pengaduk magnetik), pH indikator universal, corong buchner f., kertas saring, batang pengaduk, *vacuum*, labu reaksi, gelas ukur, timbangan semi analitis dan *infra red moisture tester* untuk penentuan kadar air pulp.

B. Metode Penelitian

1. Persiapan Bahan Baku

Kayu yang sebelumnya sudah dikuliti, diserpih menggunakan *chipper* dengan ukuran (20 x 20 x 3) mm. Kemudian dikondisikan hingga mencapai kadar air (KA) kesetimbangan ($\pm 15\%$).

Sebelum proses pengolahan, KA ditentukan terlebih dahulu dengan cara mengambil contoh serpih secara acak sebanyak 2 kali 30 gram (A gram).

Kemudian dimasukkan kedalam oven pada suhu $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ hingga tercapai berat yang konstan (B gram).

Kadar air ditentukan dengan rumus :

$$\text{KA (\%)} = \frac{A - B}{B} \times 100\%$$

Untuk mencegah terjadinya perubahan kadar air maka serpih dimasukkan kedalam kantong plastik.

Bila kadar air sudah ditentukan maka dapat dihitung berat basah serpih (BB) yang akan digunakan untuk pemasakan berdasarkan rumus :

$$\text{BB (gram)} = \frac{\text{KA (\%)} \times \text{BKT} + \text{BKT}}{100}$$

Keterangan :

BKT = Berat kering tanur serpih

2. Pemasakan

Serpih lalu dimasukkan kedalam *digester* dengan kondisi pemasakan sebagai berikut :

- Campuran ethanol-air sebagai larutan pemasak dengan rasio 50% : 50%
 - Suhu maksimum pemasakan 175°C
 - Waktu tuju ke suhu maksimum 2 jam
 - Waktu pada suhu maksimum 1 jam
 - Berat kering tanur sebanyak 200 gram dengan rasio larutan-serpih kayu 8 : 1.
- Pulp hasil pemasakan dipisahkan dari cairan pemasaknya (lindi hitam).



3. Pencucian Pulp

Pulp hasil pemasakan yang telah dipisahkan dari lindi hitam dan masih berbentuk serpih digiling menggunakan *refiner* untuk diuraikan menjadi serat. Selama penguraian serat, ditentukan berapa jumlah air yang digunakan. Setelah serat pulp terurai kemudian dilakukan pembagian sampel terhadap pulp. Setiap sampel pulp mempunyai Berat Kering Tanur yang sama. Sampel pulp kemudian dilakukan proses pencucian pulp secara bertahap dengan menggunakan corong Buchner. Selama pencucian, pulp diaduk dan larutan pencucinya diisap menggunakan *vacuum*. Proses pencucian pulp dihentikan pada setiap tahapannya apabila pH pulp konstan atau (pH dan warna) filtrat yang konstan.

Tahapan pencucian pulp tersebut adalah sebagai berikut:

a. Pencucian dengan menggunakan air

Pencucian pulp menggunakan air dilakukan secara bertahap. Jumlah air yang digunakan pada setiap tahapannya diperbandingkan terhadap BKT pulp. Filtrat (pH dan warna) dan pH pulp ditentukan pada setiap tahap.

Setelah pH pulp atau (pH dan warna) filtrat konstan, kemudian ditentukan berapa jumlah air yang digunakan seluruhnya, jumlah filtrat yang dihasilkan seluruhnya, rendemen dan bilangan kappa.

b. Pencucian menggunakan air panas ($\pm 50^{\circ}\text{C}$)

Setelah dicuci dengan air kemudian dilanjutkan dengan pencucian air panas ($\pm 50^{\circ}\text{C}$). Pencuciannya dilakukan secara bertahap. Jumlah air panas yang digunakan pada setiap tahapannya diperbandingkan terhadap BKT pulp. Filtrat (pH dan warna) dan pH pulp ditentukan pada setiap tahap.

Setelah pH pulp atau (pH dan warna) filtrat konstan, kemudian ditentukan berapa jumlah air panas yang digunakan seluruhnya, jumlah filtrat yang dihasilkan seluruhnya, rendemen dan bilangan kappa.

c. Pencucian menggunakan ethanol-air

Setelah dicuci dengan air panas kemudian dilanjutkan dengan pencucian menggunakan ethanol-air pada berbagai variasi yaitu 0:0; 25:75; 50:50; 75:25 ; 100:0 secara bertahap. Jumlah ethanol-air pada setiap tahapannya diperbandingkan terhadap BKT pulp. Filtrat (pH dan warna) dan pH pulp ditentukan pada setiap tahap.

Setelah pH pulp atau (pH dan warna) filtrat konstan, kemudian ditentukan berapa jumlah ethanol-air yang digunakan seluruhnya, jumlah filtrat yang dihasilkan seluruhnya, rendemen dan bilangan kappa.

d. Pencucian menggunakan NaOH.

Setelah dicuci dengan ethanol-air, pulp dicuci dengan NaOH pada konsentrasi 3% dan 5% secara bertahap. Jumlah NaOH yang digunakan pada setiap tahapannya diperbandingkan terhadap BKT pulp. Filtrat (pH dan warna) dan pH pulp ditentukan pada setiap tahap.

Setelah pH pulp atau (pH dan warna) filtrat konstan, kemudian ditentukan berapa jumlah NaOH yang digunakan seluruhnya, jumlah filtrat yang dihasilkan seluruhnya.

e. Pencucian dengan air

Setelah dicuci dengan NaOH, kemudian dilanjutkan pencucian dengan menggunakan air. Pencucian dengan air adalah tahap akhir pencucian pulp. Dimana pulp dibersihkan dengan air sampai pH pulp netral (± 7) secara bertahap. Jumlah air yang digunakan pada setiap tahapannya diperbandingkan terhadap BKT pulp. Filtrat (pH dan warna) dan pH pulp ditentukan pada setiap tahap.

Setelah pH pulp netral, kemudian ditentukan berapa jumlah air yang digunakan seluruhnya, jumlah filtrat yang digunakan seluruhnya, rendemen dan bilangan kappa.

4. Penentuan Rendemen

Sebelum dilakukan perhitungan rendemen, berat kering tanur pulp ditentukan terlebih dahulu dengan cara mengambil contoh pulp secara acak sebanyak a gram. Setelah itu contoh pulp diukur Kadar Air dengan alat *Infra red moisture metre* (*Infra red moisture metre* menggunakan standar SII).

Berat kering tanur pulp ditentukan dengan rumus :

$$\text{BKT Pulp} = \text{BB Pulp} (1 - \text{KA}/100)$$

Keterangan : BKT = Berat Kering Tanur
BB = Berat Basah
KA = Kadar Air pulp

Bila berat kering tanur sudah ditentukan maka dapat dihitung rendemen total hasil pemasakan dan rendemen total hasil pencucian pada setiap tahap.

a. Rendemen Total Hasil Pemasakan

$$R (\%) = \frac{\text{BKT pulp Hasil Pemasakan} \times 100\%}{\text{BKT Serpih}}$$

Keterangan : R (%) = Rendemen Total Hasil Pemasakan
BKT = Berat Kering Tanur

b. Rendemen Total Pulp pada Setiap Tahapan Pencucian.

$$R_c (\%) = (B/A) \times R (\%)$$

Keterangan : R_c (%) = Rendemen total hasil pencucian
A = Berat Kering Tanur Awal Pulp Sampel
B = Berat Kering Tanur Pulp Sampel Hasil Pencucian

5. Penentuan Bilangan Kappa

Analisis terhadap besarnya bilangan kappa ditentukan berdasarkan SNI 0494 - 1989 - A tentang Prosedur Penetapan Bilangan Kappa (Lampiran 1.).



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Rendemen

Nilai rendemen pulp kayu *P. merkusii* dari pemasakan proses *Alcell* adalah sebesar 73,36%. Setelah pulp dicuci secara bertahap rendemennya mengalami penurunan. Penurunan rendemen pencucian pulp secara bertahap secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 4. Sedangkan hasil rendemen pada setiap tahapannya disajikan pada tabel 2 berikut ini.

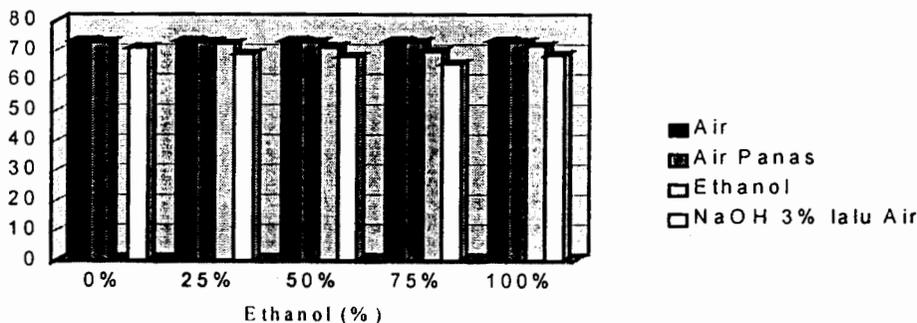
Tabel 2 : Rendemen Pulp *Alcell* Kayu *P. merkusii* setelah mengalami Pencucian Pulp Secara Bertahap

Tahapan Pencucian	Rendemen (%)
A	73.26
A, B	72.28
A, B, C ₂	72.19
A, B, C ₃	71.10
A, B, C ₄	69.66
A, B, C ₅	71.55
A, B, C ₁ , D ₁ , E	70.84
A, B, C ₂ , D ₁ , E	68.87
A, B, C ₃ , D ₁ , E	67.76
A, B, C ₄ , D ₁ , E	65.59
A, B, C ₅ , D ₁ , E	68.39
A, B, C ₁ , D ₂ , E	70.54
A, B, C ₂ , D ₂ , E	69.04
A, B, C ₃ , D ₂ , E	68.82
A, B, C ₄ , D ₂ , E	66.66
A, B, C ₅ , D ₂ , E	65.98

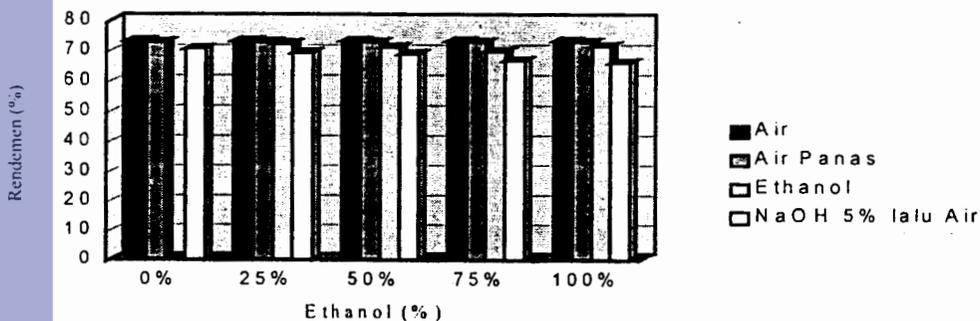
Keterangan :

- A = Air
- B = Air Panas
- C₁ = Ethanol-Air ; 0 : 0
- C₂ = Ethanol-Air ; 25 : 75
- C₃ = Ethanol-Air ; 50 : 50
- C₄ = Ethanol-Air ; 75 : 25
- C₅ = Ethanol-Air ; 100 : 0
- D₁ = NaOH 3%
- D₂ = NaOH 5%
- E = Air

Secara umum, rendemen pulp setelah dicuci secara bertahap mengalami penurunan dengan bertambahnya konsentrasi ethanol maupun konsentrasi NaOH. Penurunan rendemen pulp setelah mengalami pencucian pulp secara bertahap dapat dilihat pada gambar 1 dan 2 berikut ini.



Gambar 1 : Histogram Rendemen Pulp setelah mengalami Pencucian Pulp Secara Bertahap dengan menggunakan NaOH 3%.

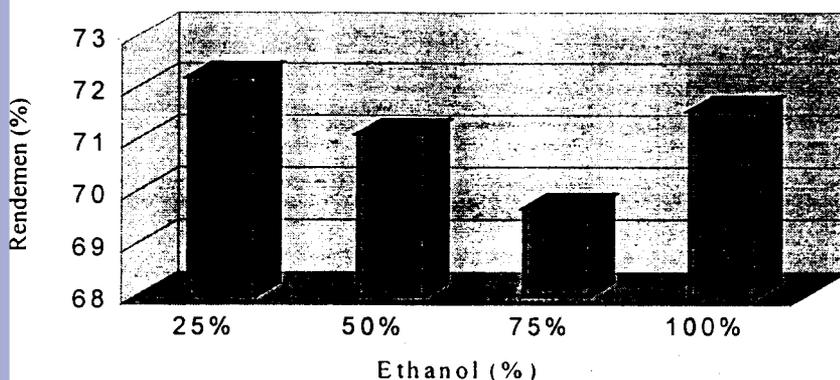


Gambar 2 : Histogram Rendemen Pulp setelah mengalami Pencucian Pulp Secara Bertahap dengan menggunakan NaOH 5%.

Pada pencucian menggunakan air mengalami penurunan yang sangat kecil, yaitu sebesar 0,14%. Hal ini dikarenakan lignin dan komponen kimia pulp lainnya sudah banyak terlarutkan pada proses penguraian pulp menjadi serat yang menggunakan air, sehingga pada saat dilakukan pencucian lagi menggunakan air, tidak banyak berpengaruh terhadap pelarutan komponen kimia pulp. Selain itu, menurut Aziz dan Sarkanen (1983) bahwa pulp *organosolv* tidak mudah dicuci dengan air karena cenderung akan mengendapkan kembali lignin terlarut pada serat.

Setelah pulp dilanjutkan dengan pencucian menggunakan air panas, dapat menurunkan rendemen sebesar 0,68%. Penurunan rendemen ini disebabkan oleh adanya peningkatan temperatur ($\pm 50^{\circ}\text{C}$) pada larutan pencuci. Smyth (1983) menyatakan bahwa peningkatan temperatur pencucian pada waktu difusi dan pelepasan (adsorption) air pencuci dapat meningkatkan penghilangan lignin dalam proses pencucian. Semakin tinggi temperatur maka viskositas air semakin rendah sehingga akan menghasilkan difusi air yang lebih baik kedalam lembaran pulp.

Pencucian pulp menggunakan ethanol-air pada berbagai variasi setelah dicuci dengan air panas menghasilkan rendemen yang bervariasi. Rendemen pulp dengan pencucian menggunakan berbagai variasi ethanol-air dapat dilihat pada gambar 3 di bawah ini :



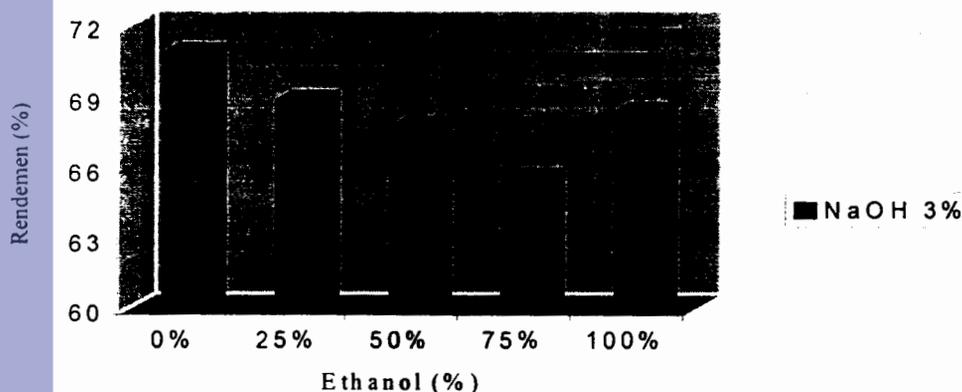
Gambar 3 : Histogram Rendemen Pulp setelah mengalami Pencucian Menggunakan Variasi Ethanol-Air

Dari gambar 3 terlihat bahwa rendemen pulp cenderung menurun dengan bertambahnya konsentrasi ethanol. Hal ini dikarenakan dengan peningkatan volume ethanol akan menyebabkan banyaknya komponen kimia pulp yang terlarutkan terutama lignin. Sesuai dengan pendapat Alvarez dan Tjeerdsma, (1995) yang menyatakan bahwa ada hubungan linier antara penurunan keasaman dengan peningkatan konsentrasi alkohol. Keasaman yang rendah dapat mempercepat laju delignifikasi. Akan tetapi pada pencucian dengan 100% ethanol, rendemennya lebih tinggi dibandingkan dengan pencucian menggunakan 50% dan

75% ethanol. Menurut Bahar (1983), lignin larut dalam pelarut organik, hemiselulosa larut dalam air, dan selulosa tidak larut dalam kedua larutan tersebut. Sehingga dengan 100% ethanol diduga hemiselulosa lebih sedikit larut karena air tidak terdapat pada 100% ethanol. Hal inilah yang mengakibatkan pada 100% ethanol rendemennya lebih tinggi.

Penurunan rendemen pulp dengan pencucian NaOH 3% setelah pencucian dengan 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% ethanol, berturut-turut sebesar 2,67%, 4,60%, 4,70%, 5,84%, dan 4,42%. Rendemen pulp yang tertinggi dengan pencucian NaOH 3% ini terdapat pada saat pencucian dengan 0% ethanol, yaitu sebesar 70,84% dan yang terendah sebesar 65,60 pada 75% ethanol.

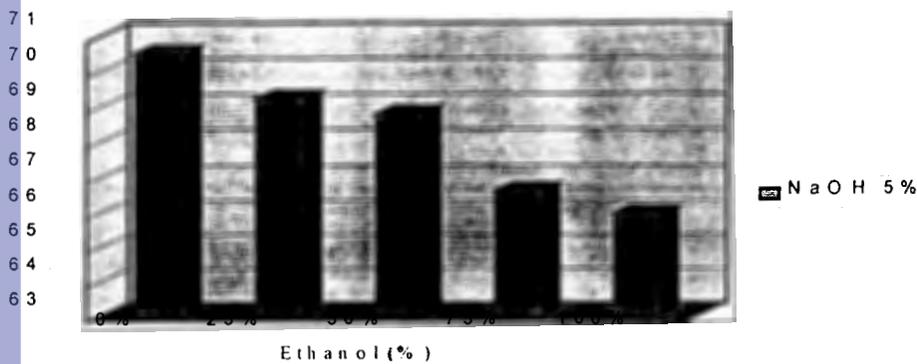
Rendemen pulp *alcell* dengan NaOH 3% pada berbagai variasi ethanol-air dapat dilihat pada gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4 : Histogram Rendemen Pulp Pencucian Menggunakan NaOH 3% Pada Berbagai Variasi Ethanol-Air.

Penurunan rendemen pulp dengan pencucian NaOH 5% setelah pencucian dengan 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% ethanol berturut-turut sebesar 3,08%, 4,09%, 3,21%, 4,31%, dan 7,79%. Rendemen tertinggi dengan pencucian NaOH 5% ini didapat pada saat pencucian dengan 0% ethanol, yaitu sebesar 70,74% dan yang terendah sebesar 65,98 pada 100% ethanol.

Rendemen pulp *alcell* dengan NaOH 5% pada berbagai variasi ethanol-air dapat dilihat pada gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5 : Histogram Rendemen Pulp Pencucian Menggunakan NaOH 5% Pada Berbagai Variasi Ethanol-Air.

Secara umum, pada pencucian menggunakan ethanol yang dilanjutkan dengan pencucian menggunakan NaOH, persentase penurunan rendemen pulp cenderung bertambah besar dengan bertambahnya konsentrasi ethanol. Hal ini dikarenakan dengan bertambahnya volume ethanol, konsentrasi ion Hidrogen kritis yang dihasilkan semakin aktif mendegradasi komponen kimia pulp, sehingga pada saat pulp dilakukan pencucian lagi menggunakan NaOH, komponen kimia pulp yang telah terdegradasi semakin banyak yang terlarutkan. Sesuai dengan pendapat Wise dan Jahn (1952) dalam Koch (1972) bahwa alkali pada suhu kamar mampu menghancurkan sebagian hemiselulosa dan menyerang lignin untuk membentuk kompleks alkali lignin.

Pencucian menggunakan ethanol yang dilanjutkan pencucian menggunakan NaOH persentase penurunan rendemen terbesar terjadi pada saat pulp telah dilakukan pencucian menggunakan 100% ethanol dilanjutkan dengan NaOH 5%. Hal ini dikarenakan semakin tinggi konsentrasi NaOH yang digunakan semakin banyak pelarutannya terhadap komponen kimia pulp. Casey (1952) mengatakan bahwa konsentrasi NaOH yang terlalu tinggi akan lebih intensif menyerang selulosa daripada lignin dan zat kayu lainnya sehingga rendemen yang diperoleh lebih rendah.

Rendemen yang tertinggi setelah akhir pencucian pulp terdapat pada pencucian NaOH 3%, yaitu sebesar 70,84% dengan 0% ethanol, sedangkan rendemen terendah terdapat pada pencucian menggunakan NaOH 3% dengan 75% ethanol, yaitu sebesar 65,60%.

B. Bilangan Kappa

Hasil pengujian bilangan kappa pulp *alcell* kayu *P. merkusii* setelah dicuci secara bertahap dapat dilihat pada tabel 3, sedangkan data selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 4.

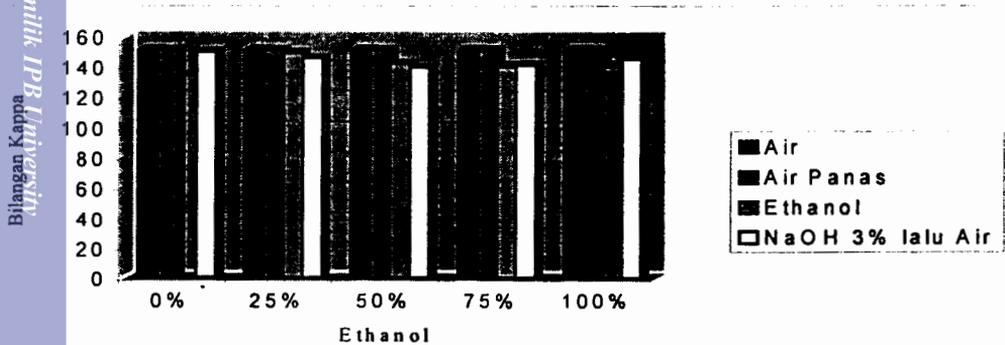
Tabel 3 : Bilangan Kappa Pulp *Alcell* Kayu *P. merkusii* setelah mengalami Pencucian Pulp Secara Bertahap

Tahapan Pencucian	Bilangan Kappa
A	150,93
A, B	150,60
A, B, C ₂	148,87
A, B, C ₃	141,76
A, B, C ₄	139,93
A, B, C ₅	139,76
A, B, C ₁ , D ₁ , E	149,33
A, B, C ₂ , D ₁ , E	145,31
A, B, C ₃ , D ₁ , E	139,09
A, B, C ₄ , D ₁ , E	140,65
A, B, C ₅ , D ₁ , E	144,70
A, B, C ₁ , D ₂ , E	149,05
A, B, C ₂ , D ₂ , E	142,93
A, B, C ₃ , D ₂ , E	144,69
A, B, C ₄ , D ₂ , E	141,06
A, B, C ₅ , D ₂ , E	140,56

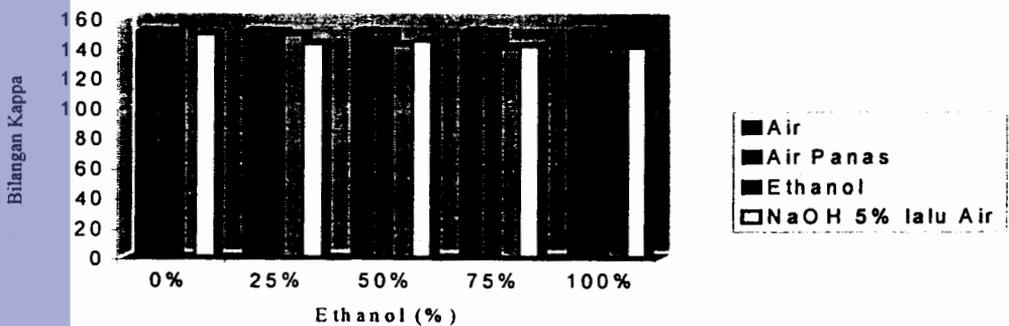
Keterangan :

- A = Air
- B = Air Panas
- C₁ = Ethanol-Air ; 0 : 0
- C₂ = Ethanol-Air ; 25 : 75
- C₃ = Ethanol-Air ; 50 : 50
- C₄ = Ethanol-Air ; 75 : 25
- C₅ = Ethanol-Air ; 100 : 0
- D₁ = NaOH 3%
- D₂ = NaOH 5%
- E = Air

Dari tabel 3 terlihat bahwa bilangan kappa pulp *alcell* kayu *P. merkusii* setelah dicuci secara bertahap hasilnya sangat bervariasi. Pada umumnya, bilangan kappa turun berdasarkan kenaikan konsentrasi ethanol sedangkan setelah dilanjutkan dengan pencucian NaOH, hasilnya sangat beragam. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6 : Histogram Bilangan Kappa Pulp setelah mengalami Pencucian Pulp Secara Bertahap dengan menggunakan NaOH 3%.



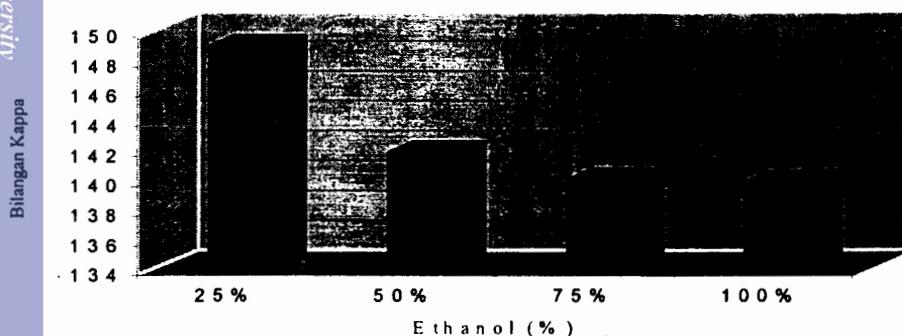
Gambar 7 : Histogram Bilangan Kappa Pulp setelah mengalami Pencucian Pulp Secara Bertahap dengan menggunakan NaOH 5%.

Pencucian pulp menggunakan air panas ($\pm 50^{\circ}\text{C}$), setelah dicuci dengan air ternyata dapat menurunkan bilangan kappa sebesar 0,22%. Hal ini dikarenakan dengan meningkatnya suhu air menyebabkan viskositas air menurun, sehingga difusi air kedalam pulp menjadi lebih baik. Hal ini diperkuat dengan pendapat Smyth (1983) yang mengatakan bahwa peningkatan temperatur pencucian pada waktu difusi dan pelepasan (adsorption) air pencuci dapat meningkatkan penghilangan lignin dalam proses pencucian.

Pencucian air panas dilanjutkan dengan pencucian ethanol ternyata dapat menurunkan bilangan kappa. Penurunan bilangan kappa pulp hasil pencucian 25%, 50%, 75%, 100% ethanol berturut-turut sebesar 1,15%, 5,87%, 7,09%, dan

7,20%. Bilangan kappa tertinggi terdapat pada pulp dengan pencucian 25% ethanol, yaitu sebesar 148,87 sedangkan bilangan kappa terendah terdapat pada pulp dengan pencucian 100% ethanol yaitu sebesar 139,76.

Bilangan kappa dengan pencucian ethanol-air setelah pencucian dengan air panas dapat dilihat pada gambar 8 berikut ini.

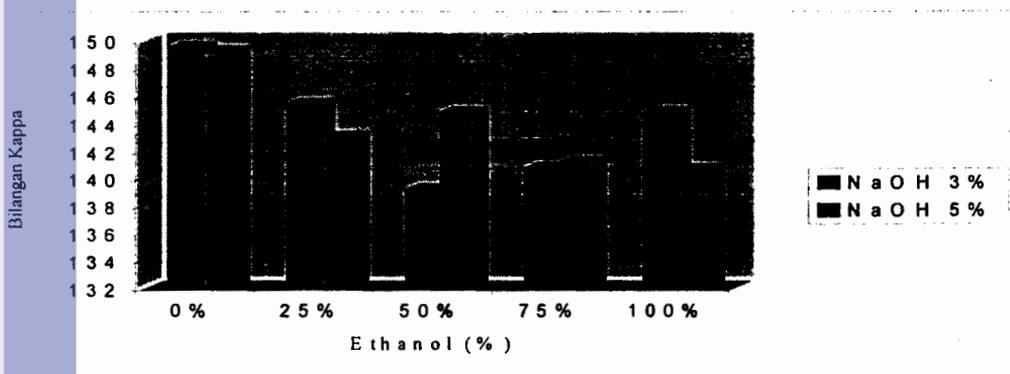


Gambar 8 : Histogram Bilangan Kappa Pulp setelah mengalami Pencucian Menggunakan Variasi Ethanol-Air.

Dari gambar terlihat bahwa bilangan kappa terendah dengan penurunan bilangan kappa tertinggi terdapat pada pencucian 100% ethanol. Hal ini menandakan banyaknya lignin yang terlarutkan pada kondisi tersebut. Penurunan bilangan kappa ini berhubungan erat dengan berkurangnya kadar lignin dalam pulp karena bilangan kappa dapat dijadikan indikator adanya kandungan lignin sisa di dalam pulp. Pye, et al. (1991) mengatakan bahwa semakin tinggi volume ethanol yang digunakan maka semakin tinggi konsentrasi ion hidrogen kritis untuk pemutusan ikatan eter, yaitu α -aryl eter dan aril gliserol β -aryl eter. Selain itu, laju pembentukan gugus hidroksil fenolik bebas lebih cepat, akibatnya laju delignifikasi menjadi lebih cepat. Selanjutnya, menurut Galagher, et al. (1989) dalam Mc Donough (1993), kandungan hidroksil fenolik bebas berfungsi untuk pemutusan ikatan β -eter dalam degradasi lignin. Hasil pemutusan ikatan β -eter ini disebut *Ketone Hibbert's*.

Pencucian menggunakan NaOH, setelah dicuci menggunakan ethanol tidak dapat langsung ditentukan bilangan kappanya, akan tetapi harus dilanjutkan pencucian dengan air sampai pH pulp netral (± 7). Hal ini dikarenakan NaOH dapat bereaksi dengan salah satu bahan kimia penentu bilangan kappa. Setelah pulp dalam keadaan netral ternyata pada pencucian menggunakan NaOH 3% hanya dapat menurunkan bilangan kappa sampai pada pencucian 50% ethanol. Sedangkan pada pencucian dengan menggunakan NaOH 5% hanya dapat menurunkan bilangan kappa sampai pada pencucian 25% ethanol.

Bilangan kappa pulp *alcell* melalui pencucian pulp secara bertahap pada berbagai variasi ethanol-air dengan menggunakan NaOH 3% dan NaOH 5% dapat dilihat pada gambar 9 di bawah ini :



Gambar 9 : Histogram Bilangan Kappa Pulp Pencucian Menggunakan NaOH 3% dan NaOH 5% Pada Berbagai Variasi Ethanol-Air.

Bilangan kappa tertinggi pada pulp dengan pencucian NaOH 3% adalah sebesar 149,33 pada pencucian 0% ethanol, sedangkan bilangan kappa terendah terdapat pada pulp dengan pencucian 50% ethanol, yaitu sebesar 139,09. Penurunan bilangan kappa pulp dengan pencucian NaOH 3% setelah dicuci pada 0%, 25%, dan 50% ethanol berturut-turut sebesar 0,84%, 2,39%, dan 1,88%.

Bilangan kappa tertinggi pada pulp dengan pencucian NaOH 5% adalah sebesar 149,05 pada pencucian 0% ethanol, sedangkan bilangan kappa pulp terendah sebesar 140,56 pada pencucian 100% ethanol. Penurunan bilangan kappa pulp dengan pencucian NaOH 5% setelah dicuci pada 0% dan 25% ethanol berturut-turut sebesar 1,04% dan 3,99%.

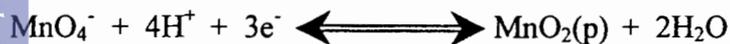
Pada pencucian menggunakan NaOH, penurunan bilangan kappa pulp terbesar diperoleh pada saat pulp telah dicuci menggunakan 25% ethanol, yaitu 2,39% untuk NaOH 3% dan 3,99% untuk NaOH 5%. Hal ini dikarenakan pada saat pencucian menggunakan 25% ethanol, volume ethanol yang digunakan jumlahnya tidak mencukupi, sehingga konsentrasi ion hidrogen menjadi rendah dan kurang kuat dalam memutuskan ikatan-ikatan yang terdapat pada lignin, tetapi hanya bisa melarutkan lignin sedikit dan melemahkan ikatan-ikatan yang terdapat pada lignin tersebut. Sehingga pada saat pencucian menggunakan NaOH, lignin yang sudah lemah ikatannya terlarutkan kedalam larutan pencuci lebih banyak.. Hidayat (1996) mengatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi NaOH yang digunakan maka bilangan kappa yang dihasilkan akan semakin menurun, yang disebabkan penetrasi bahan kimia kedalam pulp lebih banyak sehingga lignin yang terlarut semakin banyak.

Naiknya bilangan kappa pulp setelah mengalami pencucian menggunakan NaOH 5% setelah dicuci menggunakan 50% ethanol dan pada pencucian menggunakan NaOH (3% dan 5%) setelah dicuci menggunakan 75%, 100% ethanol. Hal ini diduga ada kesalahan di dalam perhitungan bilangan kappa. Kesalahan ini dikarenakan pulp pada saat dicuci menggunakan air untuk menetralkan pulp, NaOH tidak terlarutkan semua. Masih adanya NaOH yang terdapat didalam pulp dapat mempengaruhi dalam penentuan bilangan kappa. Menurut Fengel dan Wegener (1995), bahwa dalam penentuan lignin dengan bilangan permanganat atau bilangan kappa, reaksi utama adalah oksidasi lignin dengan kalium permanganat (KmnO_4) dalam larutan asam.

Menurut Day dan Underwood (1990) bahwa KmnO_4 dapat tereduksi menjadi Mn^{2+} pada suasana sangat asam dan dapat tereduksi menjadi MnO_2 pada suasana larutan berasam rendah dan menonjol dalam batas-batas pH antara kira-kira 2-12. Dalam larutan yang sangat asam, ion permanganat direduksi sehingga bilangan oksidasi mangan berubah dari +7 ke +2 :



Akibat masih adanya NaOH dalam pulp, kemungkinan proses yang terjadi tidak sempurna, karena NaOH akan bereaksi dengan asam sehingga terjadi penetralan larutan atau larutan berubah menjadi sangat sedikit asam. Dalam larutan yang sedikit asam atau netral reaksinya menjadi :



Sehingga daya oksidasi kalium permanganat menjadi berkurang, yang menyebabkan KMnO_4 yang diperlukan akan lebih banyak. Semakin banyak KMnO_4 ditambahkan akan menyebabkan bilangan kappa yang terhitung menjadi tinggi, karena bilangan kappa menunjukkan jumlah KMnO_4 yang terpakai oleh 1 gram pulp kering tanur pada kondisi standar.

Bilangan kappa tertinggi setelah akhir pencucian pulp terdapat pada pencucian NaOH 3%, yaitu sebesar 149,33 dengan 0% ethanol, sedangkan bilangan kappa terendah terdapat pada pencucian menggunakan NaOH 3% dengan 50% ethanol., yaitu sebesar 139,09.

C. Kebutuhan Larutan Pencuci Pulp

Kebutuhan pemakaian larutan pencuci pulp pada umumnya berbeda tergantung dari variasi ethanol-air dan juga konsentrasi NaOH. Kebutuhan pemakaian larutan pencuci pulp hasil penelitian secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 4, sedangkan kebutuhan larutan pencuci pulp secara total dapat dilihat pada tabel 4, tabel 5, dan tabel 6.

Tabel 4 : Kebutuhan Air, Air Panas,dan Ethanol pada Berbagai Variasi Ethanol-Air sebagai Larutan Pencuci Pulp

Larutan Pencuci Pulp	Lampiran Pencuci Pulp	Jumlah (ml/g BK) Pulp
Air	Refiner	384
Air	A	140
Air Panas	A, B	280
Ethanol 25%	A, B, C ₂	140
Ethanol 50%	A, B, C ₃	100
Ethanol 75%	A, B, C ₄	100
Ethanol 100%	A, B, C ₅	80

Tabel 5 : Kebutuhan NaOH 3% dan NaOH 5% sebagai Larutan Pencucian Pulp

Larutan Pencuci Pulp	Tahapan Pencuci Pulp	Jumlah (ml/g) BKT Pulp
NaOH 3%	A, B, C ₁ , D ₁ , E	90
	A, B, C ₂ , D ₁ , E	90
	A, B, C ₃ , D ₁ , E	80
	A, B, C ₄ , D ₁ , E	80
	A, B, C ₅ , D ₁ , E	80
NaOH 5%	A, B, C ₁ , D ₂ , E	80
	A, B, C ₂ , D ₂ , E	80
	A, B, C ₃ , D ₂ , E	70
	A, B, C ₄ , D ₂ , E	70
	A, B, C ₅ , D ₂ , E	70

Tabel 6 : Kebutuhan Air Pencuci Setelah Pencucian dengan Menggunakan NaOH

Larutan Pencuci Pulp	Tahapan Pencuci Pulp	Jumlah (ml/g) BKT Pulp
Air	A, B, C ₁ , D ₁ , E	320
	A, B, C ₂ , D ₁ , E	320
	A, B, C ₃ , D ₁ , E	360
	A, B, C ₄ , D ₁ , E	410
	A, B, C ₅ , D ₁ , E	450
	A, B, C ₁ , D ₂ , E	320
	A, B, C ₂ , D ₂ , E	320
	A, B, C ₃ , D ₂ , E	380
	A, B, C ₄ , D ₂ , E	430
A, B, C ₅ , D ₂ , E	450	

Keterangan :

- A = Air
 B = Air Panas
 C₁ = Ethanol-Air ; 0 : 0
 C₂ = Ethanol-Air ; 25 : 75
 C₃ = Ethanol-Air ; 50 : 50
 C₄ = Ethanol-Air ; 75 : 25
 C₅ = Ethanol-Air ; 100 : 0
 D₁ = NaOH 3%
 D₂ = NaOH 5%
 E = Air

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 @Hak cipta milik IPB University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

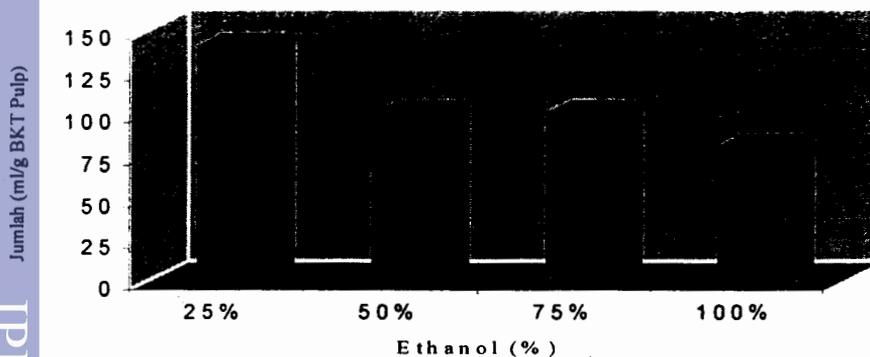


Pulp *alcell* kayu *P. merkusii* hasil pemasakan masih berbentuk serpih. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kematangan pulpnya masih rendah (kandungan lignin masih tinggi). Untuk memudahkan proses pencucian, maka pulp yang masih berbentuk serpih itu digiling menggunakan refiner 2 tingkat untuk dijadikan serat. Selama proses penguraian ini diperlukan air sebanyak 384 ml/g BKT pulp. Banyaknya penggunaan air ini menandakan pulp kayu *P. merkusii* yang masih berbentuk serpih sulit untuk dijadikan serat karena rendahnya tingkat delignifikasi.

Pada pencucian pulp dengan menggunakan air, jumlah yang dibutuhkan tergolong sedikit, dikarenakan pulp sudah mengalami pencucian pada saat proses penguraian serat, sehingga pada saat penggunaan air 140 ml/g BKT pulp sudah tidak efektif lagi dilihat dari warna filtrat yang tidak mengalami perubahan (bening) dengan pH 7.

Setelah dilanjutkan dengan pencucian menggunakan air panas, ternyata air panas dapat melarutkan lignin. Hal ini terlihat dari warna filtrat yang dihasilkan berwarna bening kecoklatan. Pada saat jumlah air panas yang digunakan sebanyak 280 ml/g BKT pulp, warna filtrat sudah berubah menjadi agak bening dengan pH 7. Hal ini menandakan pada jumlah selanjutnya tidak berpengaruh terhadap pelarutan lignin.

Pada pencucian menggunakan ethanol-air pada berbagai variasi, setelah dicuci dengan air panas membutuhkan jumlah larutan pencuci yang tidak sama. Jumlah penggunaan ethanol dapat dilihat pada gambar 10 dibawah ini :

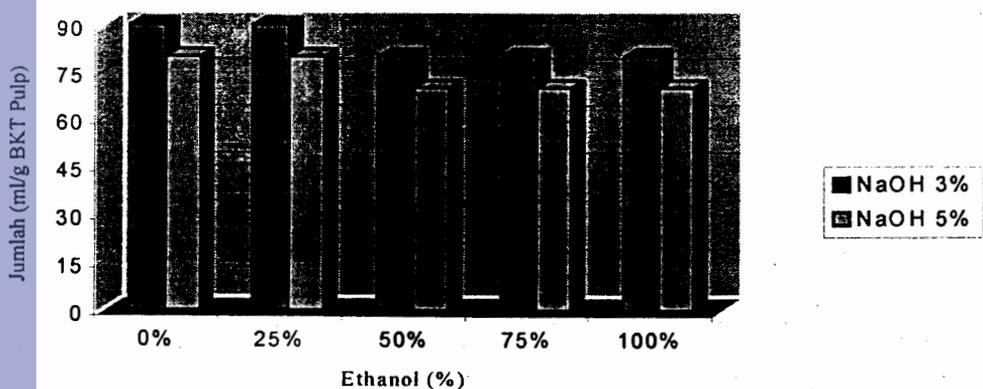


Gambar 10 : Histogram Kebutuhan Ethanol-Air sebagai Larutan Pencuci Pulp.

Pada pencucian dengan 25% ethanol, membutuhkan jumlah larutan yang lebih banyak. Hal ini dikarenakan konsentrasi ethanol yang semakin rendah akan melarutkan lignin lebih sedikit, sehingga kebutuhan ethanolnya lebih banyak. Sedangkan pada pencucian pulp dengan 50% dan 75% ethanol membutuhkan jumlah larutan yang sama. Hal ini disebabkan tingkat kecepatan pelarutannya relatif sama. Kemudian dengan pencucian 100% ethanol lebih sedikit, hal ini dikarenakan tingkat kecepatan pelarutan delignifikasinya lebih cepat dibandingkan dengan yang lain. Hal ini dapat dilihat dari pengamatan visual, warna filtrat yang dihasilkan hampir sama pada saat akhir pencucian, yaitu bening kecoklatan dengan pH 7.

Pencucian pulp menggunakan ethanol, pada tahap pertama pH pulp dan pH filtrat turun menjadi 6. Hal ini menurut Schroter (1991) disebabkan keluarnya gugus asetil dari pulp, sehingga suasana menjadi asam dalam larutan. Dengan pencucian yang lebih intensif lagi, pHnya menjadi normal kembali, yaitu pH 7.

Kebutuhan larutan pencuci NaOH 3% dan NaOH 5% jumlahnya berbeda, tergantung kepada variasi ethanol-air. Lebih jelasnya kebutuhan NaOH dalam pencucian pulp setelah dicuci dengan menggunakan ethanol-air dapat dilihat pada gambar 11 berikut ini.

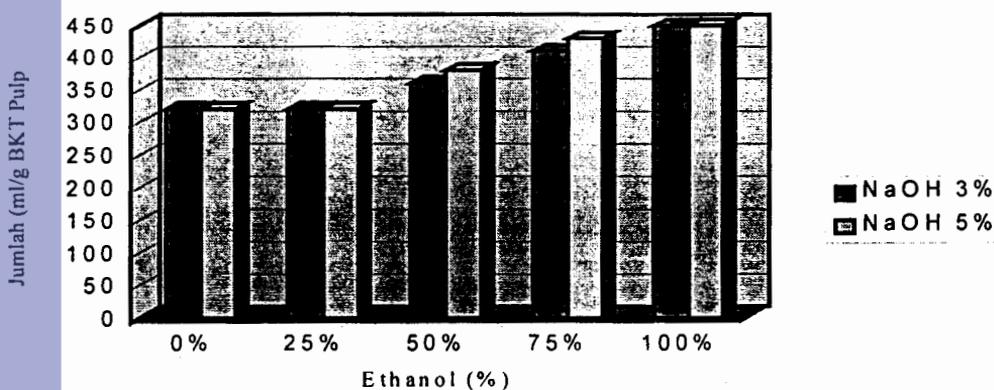


Gambar 11 : Histogram Kebutuhan NaOH Sebagai Larutan Pencuci Pulp Pada Berbagai Variasi Ethanol-Air.

Dilihat dari gambar, kebutuhan NaOH 3% lebih besar dibandingkan kebutuhan NaOH 5% terhadap variasi ethanol-air. Hal ini dikarenakan pada konsentrasi NaOH 5% tingkat kecepatan dalam melarutkan komponen kimia pulp lebih cepat dibanding NaOH 3%. Hal ini dilihat dari pengamatan visual, warna filtrat yang dihasilkan hampir sama pada akhir pencucian yaitu bening kecoklatan dengan pH 14.

Kebutuhan NaOH 3% dan NaOH 5% pada 50%, 75% dan 100% ethanol jumlahnya lebih sedikit dibandingkan dengan 0% dan 25 % ethanol. Hal ini dikarenakan NaOH pada 50%, 75%, dan 100% ethanol kecepatan pelarutannya dalam melarutkan komponen kimia pulp lebih cepat akibat dari sudah melemahnya ikatan-ikatan kimia pulp oleh ion-ion hidrogen pada kondisi tersebut. Hal ini dapat dilihat dari warna filtrat yang dihasilkan, walaupun penggunaan NaOH lebih sedikit tetapi warna filtratnya sama dengan penggunaan NaOH yang lebih banyak pada 0% dan 25 % ethanol, yaitu bening kecoklatan dengan pH 14.

Kebutuhan air untuk menetralkan pulp hasil pencucian menggunakan NaOH sangat bervariasi tergantung pada konsentrasi NaOH dan juga konsentrasi ethanol. Perbedaan jumlah penggunaan larutan pencuci air ini dapat dilihat pada gambar 12 di bawah ini.



Gambar 12 : Histogram Kebutuhan Air Pencuci Setelah Pencucian dengan Menggunakan NaOH Melalui Pencucian Pulp Secara Bertahap.

Dilihat dari gambar secara umum kebutuhan air pencuci meningkat dengan bertambahnya konsentrasi ethanol. Hal ini dikarenakan semakin tinggi konsentrasi ethanol, semakin lemahnya ikatan komponen kimia pulp. Dengan demikian NaOH akan lebih mudah berpenetrasi pada pulp yang akhirnya dapat merubah struktur kristalin pada serat-serat pulp menjadi struktur amorf. Dengan bertambahnya struktur amorf ini, akan menyebabkan banyaknya air yang diserap oleh pulp.

Demikian pula dengan kebutuhan air pencuci pada 50% dan 75% ethanol lebih banyak pada konsentrasi NaOH 5% dari pada NaOH 3%. Hal ini dikarenakan dengan naiknya konsentrasi NaOH maka akan bertambah struktur amorf baik pada lignin maupun selulosa. Sesuai dengan pendapat Maemuna (1994) yang mengatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi NaOH yang diberikan maka akan bertambahnya struktur amorf baik itu pada selulosa maupun lignin. Hal inilah yang menyebabkan semakin banyak air yang diabsorpsi.





V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan:

1. Pencucian menggunakan ethanol yang dilanjutkan dengan pencucian menggunakan NaOH dapat menurunkan rendemen dan bilangan kappa.
2. Pada pencucian menggunakan ethanol yang dilanjutkan dengan pencucian menggunakan NaOH, pada umumnya persentase penurunan rendemen cenderung bertambah besar dengan bertambahnya konsentrasi ethanol, sedangkan persentase penurunan bilangan kappa pulp cenderung bertambah kecil dengan bertambahnya konsentrasi ethanol.
3. Besarnya penurunan rendemen dan bilangan kappa pulp setelah mengalami pencucian pulp secara bertahap berkisar antara 0,68% - 7,79% dan 0,22% - 3,99%. Rendemen dan bilangan kappa pulp yang diperoleh masih cukup tinggi, yaitu berkisar antara 65,59% - 73,26% dan 139,09 - 150,93.
4. Pada penelitian ini bilangan kappa yang paling rendah terdapat pada saat pencucian menggunakan ethanol 50% yang dilanjutkan dengan pencucian menggunakan NaOH 3%, yaitu sebesar 139,09 dengan rendemen sebesar 67,76%.

B. Saran

1. Pulp hasil pemasakan, sebaiknya langsung dicuci dengan larutan organik (ethanol).
2. Penelitian ini perlu dilanjutkan dengan melakukan pengujian terhadap sifat fisik dan optik pulp *alcell* yang telah mengalami pencucian pulp secara bertahap



DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, S. S. 1990. Kimia Kayu. Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Alvarez, R. S. and B. Tjeerdsma. 1995. Organosolv Pulping of Juvenil Poplar Wood. Proc. Int. Symposium Wood and Pulping Chemistry, Helsinki, June, 16.
- Aziz, S. and K. Sarkanen. 1989. Organosolv pulping-a review. TAPPI Journal 72 (3) : 169-175. March 1989.
- Bahar, N. 1983. Pembuatan Pulp dengan Pelarut Organik. Berita Selulosa, Vol. XIX No. 3, September 1983. Bandung.
- Casey, J.P. 1952. Pulp and Paper : Chemistry and Chemical Technology. Vol. II. Properties of Paper and Converting. Interscience. Publisher, Inc. New York.
- Cronlund, M. and J. Powers, 1992. Bleaching of Alcell Organosolv Pulps Using Conventional and Non Chlorine Bleaching Sequences. TAPPI journal (3): 189 – 194 June 1992.
- Day, Jr. R. A. dan A.L. Underwood. 1990. Analisa Kimia Kuantitatif. Edisi keempat. Diterjemahkan oleh Rahadjeng, Widaningsih, dan Soendoro. Penerbit Erlangga . Jakarta.
- Darmawan, S. 1995. Sifat-Sifat Pulp Organocell dari Beberapa Jenis Kayu Hutan Tanaman Industri. Skripsi Jurusan Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan IPB. Bogor. Tidak Diterbitkan.
- Departemen Perindustrian. 1981. Standar Industri Indonesia. Departemen Perindustrian. Jakarta.
- Fengel, D dan G. Wegener 1995. Kayu, kimia, Ultrastruktur dan Reaksi-reaksi. Diterjemahkan oleh Hardjono Sastrohamidjojo. Penerbit Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Gunawan, I. 1994. Sifat-Sifat Pulp Alcell dari Beberapa Jenis Kayu HTI. Skripsi Jurusan Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan IPB. Bogor. Tidak Diterbitkan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

- Hidayat, T. 1992. Penggunaan Pulp *Albizia* dalam Pembuatan Kertas Koran dan Kertas Fotocopy. Symposium Selulosa dan Kertas XIII. Balai Besar Selulosa. Bandung.
- Sudrajat, H. 1997. Isolasi Lignin dan Daur Ulang Larutan Pemasak dari Lindi Hitam Proses *Organosolv* Kayu Jarum serta Sifat Pulpnya. Skripsi Jurusan Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan IPB. Bogor. Tidak Diterbitkan.
- Jamieson, S. 1991. Alcell : Humid Class Reaserch Right Here in Canada. Pulp and Paper Canada 92 : 3, p : 16-18.
- Koch, P., 1972. Utilization of Hardwood Growing on Southern Pine Site. Vol I. U.S. Departement of Agriculture, Forest Servive, Washington, D.C.
- Martawijaya, A.I., Kartasujana, Y.I. Mandang, S.A. Prawira dan K. Kadir. 1989. Atlas Kayu Indonesia. Jilid II. Departemen Kehutanan. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor.
- Marton, R. and S. Granzow, 1982. Ethanol-Alkali Pulping. TAPPI Volume 65. No 6. June 1982.
- Margono, S. 1969. Dimensi Serat dari Beberapa Kayu dan Rumput-rumputan Indonesia. Berita Selulosa No 3 : 61 – 69.
- Mc Donough, T. J. 1993. The Chemistry of Organosolv Delignivication. TAPPI Journal Vol. 76 No. 8, August 1993.
- Mirov, N.T. 1967. The Genus Pinus. The Ronald Press Company. New York.
- Paszner, L. and H.J. cho, 1989. Organosolv pulping acidic catalysis options and their effect on fiber quality and delignification. TAPPI journal 72 (2): 132-142. Februari 1989.
- Putra, W. A. 1986. Penurunan Bilangan Kappa Pulp Alcell dari Beberapa Jenis Kayu HTI. Skripsi Jurusan Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan IPB. Bogor. Tidak Diterbitkan.
- Pye, K. E., G. C. Goyal dan J. H. Lora. 1992. Autocatalyzed Organosolv Pulping of Hardwood: Effect of Pulping Condition on Pulp Properties and Characteristic of Soluble and Residual Lignin. Tappi journal Vol.2 No2, February 1992.
- Rasimin, S. dan M. Eddi. 1983. Pembuatan Pulp Kraft dari kayu *Pinus merkusii* berbagai umur. Berita Selulosa XIX (4). Bandung.

Ropiah, S. 1993. Sifat-Sifat Pulp Organosolv dari Kayu *Pinus merkusii* Jungh et De Vriese dan *A. auriculiformis* A. Cumm ex Benth. Skripsi Jurusan Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan IPB. Bogor. Tidak Diterbitkan.

Rostika, I., Eddy, M., Bastian, T., Yuliani, E. dan Ellut, D. 1994. Upaya Peningkatan Kualitas Pulp Organosolv. Symposium Selulosa dan Kertas XIV, 12-13 Januari 1994. Balai Besar Selulosa. Bandung.

Schroeter, M. C. 1991. Possible Lignin Reaction in The Organocell Pulping Process. TAPPI Journal Vol. 74 No. 10, October 1991.

Sherrard, E. 1991. Alcell can offer a green solution. TAPPI journal (4) : 53-59. April 1991.

Smyth, Jr. J. A. 1983. The Mathematics and Variable of Contercurrent Brown Stock Washing. Dalam Joseph K. Perkins. Brown. Stock. Washing using Rotary Filters. TAPPI Press, Atlanta 1983.

Sugesty, S. 1991. Diktat Pengetahuan Bahan Baku. BBPPIS. Bandung.

Wistara, N. J. 1994. Sifat Pulp Kayu Aspen (*Populus tremuloides*) dan Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria*) dari Proses Asam Asetat Suhu Rendah. Tesis. Program Studi Ilmu Pengetahuan Kehutanan. Program Pasca Sarjana IPB. Bogor. Tidak Diterbitkan.

Wistara, N. J. dan D. S. Nawawi. 1995. Penentuan Bobot Molekul Lignin Limbah Proses Pulping Organosolv. Journal Teknologi Vol. VIII No. 1. Bogor.

Prosedur Penetapan Bilangan Kappa SNI. 0494 - 1989 - A

Lampiran 1.

Timbang 1 – 2 gram contoh pulp hasil pemasakan, lalu dimasukkan kedalam gelas piala. Setelah itu tambahkan 500 ml air suling dan diuraikan dengan blender. Selain itu timbang pula contoh uji untuk penentuan kadar air.

Pindahkan contoh yang telah terurai kedalam gelas piala 2000 ml dan membilasnya dengan air suling hingga mencapai 795 ml. Kemudian memipet 100 ml larutan kalium permanganat 0,1 N dan menakar larutan asam sulfat 100 ml 4 N kedalam gelas piala 250 ml. Sesudah itu meletakkan gelas piala dalam penangas air 25°C.

Selanjutnya tuangkan larutan kalium permanganat dan asam sulfat tersebut kedalam gelas piala yang berisi contoh. Lalu membilasnya dengan air suling dan volumenya harus (1000 ± 5) ml. Reaksi ini dibiarkan selama 10 menit. Setelah itu reaksi dihentikan dengan menambahkan larutan kalium iodida sebanyak 20 ml. Sesudah bercampur, segera titrasi iodium yang bebas dengan larutan natrium tiosulfat 0,2 N. Sebagai indikator, ditambahkan beberapa tetes larutan kanji.

Pemakaian larutan natrium thiosulfat dalam titrasi a ml, dilakukan pula blanko seperti prosedur di atas tanpa menggunakan pulp. Pemakaian larutan natrium tiosulfat dalam b ml.

Perhitungan nilai bilangan kappa (K) sebagai berikut :

$$\text{Bilangan kappa} = \frac{P \times F}{W}$$

$$P = \frac{(b-a)N}{0.1}$$

dimana,

Keterangan :

- P = Faktor koreksi pada pemakaian 50 % kalium permanganat, tergantung ada harga p sesuai dengan tabel.
- W = Berat contoh kering tanur.
- p = ml Larutan kalium permanganat yang terpakai dalam titrasi contoh.
- a = ml Larutan natrium thiosulfat yang terpakai dalam titrasi blanko.
- b = ml Larutan natrium thiosulfat yang terpakai dalam titrasi contoh.
- N = Normalitas larutan thiosulfat.

Tabel Faktor Koreksi f untuk Penggunaan Persentase Permanganate yang Berbeda (p)

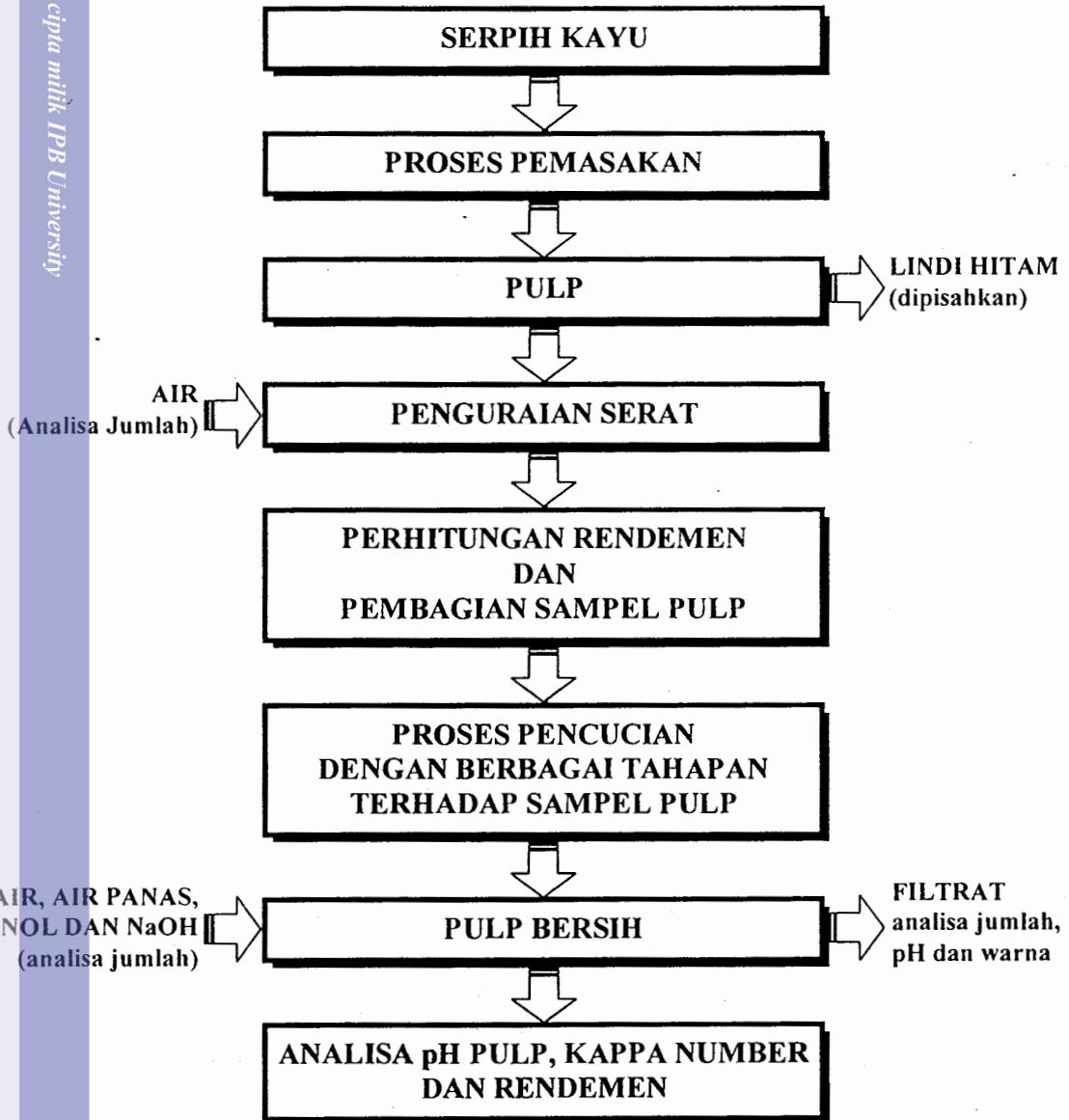
P	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	0.958	0.960	0.962	0.964	0.966	0.968	0.970	0.973	0.975	0.977
40	0.979	0.981	0.983	0.985	0.987	0.989	0.991	0.994	0.996	0.998
50	1.000	1.002	1.004	1.006	1.009	1.011	1.012	1.015	1.017	1.019
60	1.022	1.024	1.026	1.028	1.030	1.033	1.035	1.037	1.039	1.042
70	1.044									

Sumber : TAPPI Test Methods (1991), Volume 1

Lampiran 2. Tahapan Penelitian

@Hak cipta milik IPB University

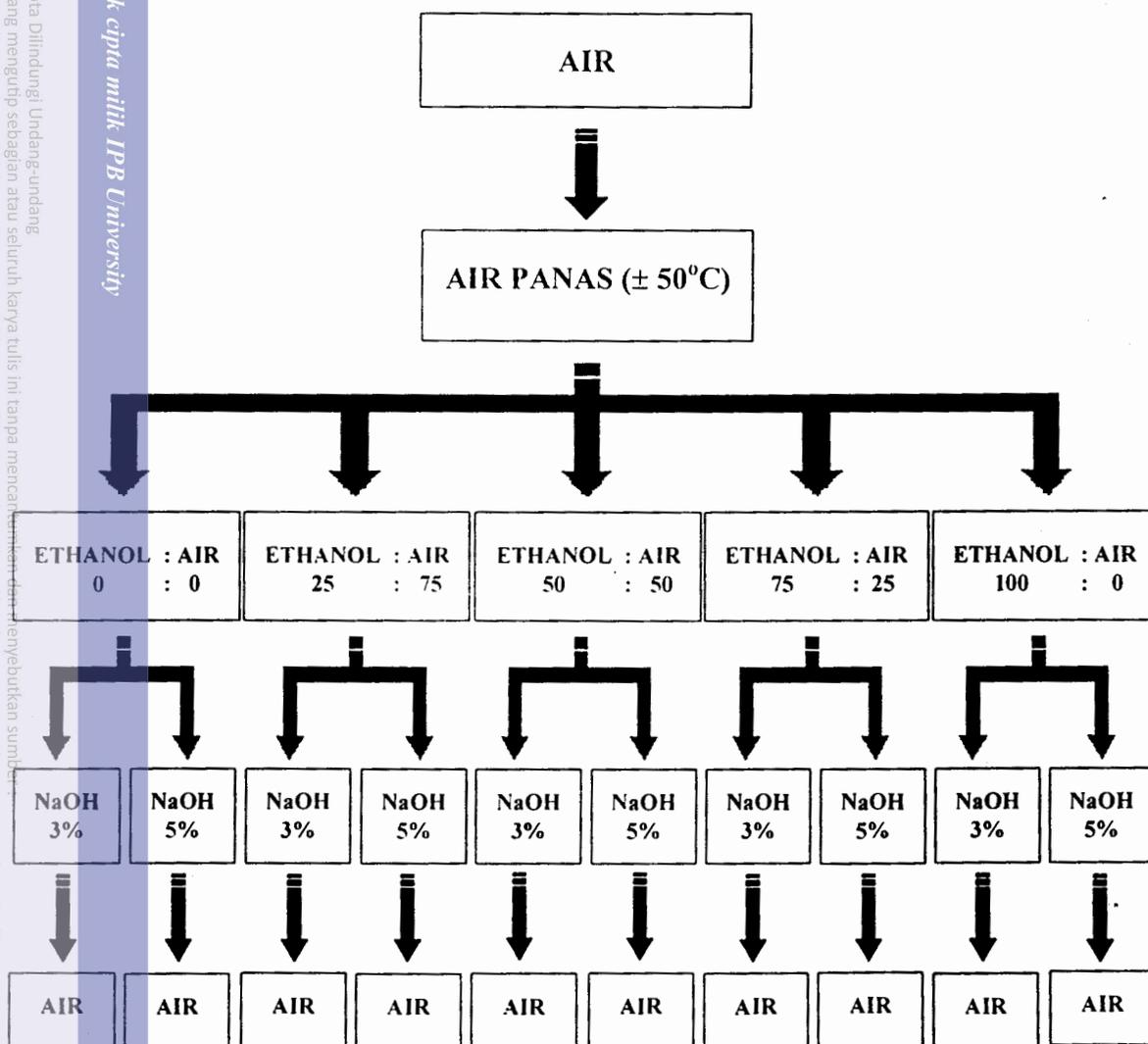
TAHAPAN PENELITIAN



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 3. Tahapan Pencucian Pulp

TAHAPAN PENCUCIAN PULP



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Lampiran 4. Data Bilangan Kappa, Rendemen, dan Jumlah Larutan Pencuci Pulp pada setiap Tahapan Pencucian Pulp

AIR

	Jumlah (ml/gr BKT Pulp)	PULP			Filtrat		
		pH	Rendemen	Kappa Number	pH	Warna	Jumlah (ml/gr)
Air	80	7			7	agak bening	
	60	7			7	bening	
Total	140		73.2637	150.93			139.0

AIR PANAS

	Jumlah (ml/gr BKT Pulp)	PULP			Filtrat		
		pH	Rendemen	Kappa Number	pH	Warna	Jumlah (ml/gr)
Air	140	7	73.2637	150.93	7	bening	139.0
Air Panas	80	7			7	bening kecoklatan	
	80	7			7	bening kecoklatan	
	80	7			7	agak bening	
	40	7			7	agak bening	
Total	280		72.7678	150.60			278.5

NaOH 3%

	Jumlah (ml/gr BKT Pulp)	PULP			Filtrat		
		pH	Rendemen	Kappa Number	pH	Warna	Jumlah (ml/gr)
Air	140	7	73.2637	150.93	7	bening	139.0
Air Panas	280	7	72.7678	150.60	7	agak bening	278.5
NaOH 3%	20	14			14	hitam	
	20	14			14	coklat kehitaman	
	20	14			14	coklat	
	20	14			14	coklat muda	
	10	14			14	bening kecoklatan	
Total	90						90.6
Air	80	13			13	bening kecoklatan	
	80	10			10	agak bening	
	80	8			8	bening	
	80	7			7	bening	
Total	320		70.8356	149.33			318.4

NaOH 5%

	Jumlah (ml/gr BKT Pulp)	PULP			Filtrat		
		pH	Rendemen	Kappa Number	pH	Warna	Jumlah (ml/gr)
Air	140	7	73.2637	150.93	7	bening	139.0
Air Panas	280	7	72.7678	150.60	7	agak bening	278.5
NaOH 5%	20	14			14	hitam	
	20	14			14	coklat	
	20	14			14	coklat muda	
	20	14			14	bening kecoklatan	
Total	80						80.4
Air	80	13			13	bening kecoklatan	
	80	10			10	agak bening	
	80	8			8	bening	
	80	7			7	bening	
Total	320		70.5436	149.05			318.0

ETHANOL 25%

	Jumlah (ml/gr BKT Pulp)	PULP			Filtrat		
		pH	Rendemen	Kappa Number	pH	Warna	Jumlah (ml/gr)
Air	140	7	73.2637	150.93	7	bening	139.0
Air Panas	280	7	72.7678	150.60	7	agak bening	278.5
Ethanol 25%	35	6			6	coklat muda	
	35	7			7	coklat muda	
	35	7			7	bening kecoklatan	
	35	7			7	bening kecoklatan	
Total	140		72.1942	148.87			139.2

ETHANOL 25% dan NaOH 3%

	Jumlah (ml/gr BKT Pulp)	PULP			Filtrat		
		pH	Rendemen	Kappa Number	pH	Warna	Jumlah (ml/gr)
Air	140	7	73.2637	150.93	7	bening	139.0
Air Panas	280	7	72.7678	150.60	7	agak bening	278.5
Ethanol 25%	140	7	72.1942	148.87	7	bening kecoklatan	139.2
NaOH 3%	20	14			14	hitam	
	20	14			14	coklat kehitaman	
	20	14			14	coklat	
	20	14			14	coklat muda	
	10	14			14	bening kecoklatan	
Total	90						91.0
Air	80	13			13	bening kecoklatan	
	80	10			10	agak bening	
	80	8			8	bening	
	80	7			7	bening	
Total	320		68.8725	145.31			319.0

ETHANOL 25% dan NaOH 5%

	Jumlah (ml/gr BKT Pulp)	PULP			Filtrat		
		pH	Rendemen	Kappa Number	pH	Warna	Jumlah (ml/gr)
Air	140	7	73.2637	150.93	7	bening	139.0
Air Panas	280	7	72.7678	150.60	7	agak bening	278.5
Ethanol 25%	140	7	72.1942	148.87	7	bening kecoklatan	139.2
NaOH 5%	20	14			14	hitam	
	20	14			14	coklat	
	20	14			14	coklat muda	
	20	14			14	bening kecoklatan	
Total	80						80.8
Air	80	13			13	bening kecoklatan	
	80	10			10	agak bening	
	80	8			8	bening	
	80	7			7	bening	
Total	320		69.2408	142.93			318.8

ETHANOL 50%

	Jumlah (ml/gr BKT Pulp)	PULP			Filtrat		
		pH	Rendermen	<i>Kappa Number</i>	pH	Warna	Jumlah (ml/gr)
Air	140	7	73.2637	150.93	7	bening	139.0
Air Panas	280	7	72.7678	150.60	7	agak bening	278.5
Ethanol 50%	20	6			6	hitam	
	20	7			7	coklat kehitaman	
	20	7			7	coklat	
	20	7			7	coklat muda	
	20	7			7	bening kecoklatan	
Total	100		71.0997	141.76			101.0

ETHANOL 50% dan NaOH 3%

	Jumlah (ml/gr BKT Pulp)	PULP			Filtrat		
		pH	Rendermen	<i>Kappa Number</i>	pH	Warna	Jumlah (ml/gr)
Air	140	7	73.2637	150.93	7	bening	139.0
Air Panas	280	7	72.7678	150.60	7	agak bening	278.5
Ethanol 50%	100	7	71.0997	141.76	7	bening kecoklatan	101.0
NaOH 3%	20	14			14	hitam	
	20	14			14	coklat	
	20	14			14	coklat muda	
	20	14			14	bening kecoklatan	
Total	80						83.2
Air	80	13			13	bening kecoklatan	
	80	11			11	agak bening	
	80	9			9	bening	
	80	8			8	bening	
	40	7			7	bening	
Total	360		67.7597	139.09			360.3

ETHANOL 50% dan NaOH 5%

	Jumlah (ml/gr BKT Pulp)	PULP			Filtrat		
		pH	Rendermen	<i>Kappa Number</i>	pH	Warna	Jumlah (ml/gr)
Air	140	7	73.2637	150.93	7	bening	139
Air Panas	280	7	72.7678	150.60	7	agak bening	278.5
Ethanol 50%	100	7	71.0997	141.76	7	bening kecoklatan	101
NaOH 5%	20	14			14	hitam	
	20	14			14	coklat	
	20	14			14	coklat muda	
	10	14			14	bening kecoklatan	
Total	70						72.4
Air	80	13			13	bening kecoklatan	
	80	11			11	agak bening	
	80	9			9	bening	
	80	8			8	bening	
	60	7			7	bening	
Total	380		68.8204	144.69			380.8

ETHANOL 75%

	Jumlah (ml/gr BKT Pulp)	PULP			Filtrat		
		pH	Rendermen	Kappa Number	pH	Warna	Jumlah (ml/gr)
Air	140	7	73.2637	150.93	7	bening	139
Air Panas	280	7	72.7678	150.60	7	agak bening	278.5
Ethanol 75%	20	6			6	hitam	
	20	7			7	coklat kehitaman	
	20	7			7	coklat	
	20	7			7	coklat muda	
	20	7			7	bening kecoklatan	
Total	100		69.6582	139.93			100.9

ETHANOL 75% dan NaOH 3%

	Jumlah (ml/gr BKT Pulp)	PULP			Filtrat		
		pH	Rendermen	Kappa Number	pH	Warna	Jumlah (ml/gr)
Air	140	7	73.2637	150.93	7	bening	139.0
Air Panas	280	7	72.7678	150.60	7	agak bening	278.5
Ethanol 75%	100	7	69.6582	139.93	7	bening kecoklatan	100.9
NaOH 3%	20	14			14	hitam	
	20	14			14	coklat	
	20	14			14	coklat muda	
	20	14			14	bening kecoklatan	
Total	80						83.8
Air	90	13			13	bening kecoklatan	
	90	10			10	agak bening	
	90	9			9	bening	
	90	8			8	bening	
	50	7			7	bening	
Total	410		65.5912	140.65			410.6

ETHANOL 75% dan NaOH 5%

	Jumlah (ml/gr BKT Pulp)	PULP			Filtrat		
		pH	Rendermen	Kappa Number	pH	Warna	Jumlah (ml/gr)
Air	140	7	73.2637	150.93	7	bening	139
Air Panas	280	7	72.7678	150.60	7	agak bening	278.5
Ethanol 75%	100	7	69.6582	139.93	7	bening kecoklatan	100.9
NaOH 5%	20	14			14	hitam	
	20	14			14	coklat	
	20	14			14	coklat muda	
	10	14			14	bening kecoklatan	
Total	70						73
Air	90	13			13	bening kecoklatan	
	90	10			10	agak bening	
	90	9			9	bening	
	90	8			8	bening	
	70	7			7	bening	
Total	430		66.6564	141.06			430.5

ETHANOL 100%

	Jumlah (ml/gr BKT Pulp)	PULP			Filtrat		
		pH	Rendemen	Kappa Number	pH	Warna	Jumlah (ml/gr)
Air	140	7	73.2637	150.93	7	bening	139.0
Air Panas	280	7	72.7678	150.60	7	agak bening	278.5
Ethanol 100	20	6			6	hitam	
	20	7			7	coklat	
	20	7			7	coklat muda	
	20	7			7	bening kecoklatan	
Total	80		71.5508	139.76			81.0

ETHANOL 100% dan NaOH 3%

	Jumlah (ml/gr BKT Pulp)	PULP			Filtrat		
		pH	Rendemen	Kappa Number	pH	Warna	Jumlah (ml/gr)
Air	140	7	73.2637	150.93	7	bening	139.0
Air Panas	280	7	72.7678	150.60	7	agak bening	278.5
Ethanol 100	80	7	71.5508	139.76	7	bening kecoklatan	81.0
NaOH 3%	20	14			14	hitam	
	20	14			14	coklat	
	20	14			14	coklat muda	
	20	14			14	bening kecoklatan	
Total	80						83.6
Air	90	13			13	bening kecoklatan	
	90	11			11	agak bening	
	90	10			10	bening	
	90	8			8	bening	
	90	7			7	bening	
Total	450		68.3862	144.70			450.7

ETHANOL 100% dan NaOH 5%

	Jumlah (ml/gr BKT Pulp)	PULP			Filtrat		
		pH	Rendemen	Kappa Number	pH	Warna	Jumlah (ml/gr)
Air	140	7	73.2637	150.93	7	bening	139.0
Air Panas	280	7	72.7678	150.60	7	agak bening	278.5
Ethanol 100	100	7	71.5508	139.76	7	bening kecoklatan	81.0
NaOH 5%	20	14			14	hitam	
	20	14			14	coklat	
	20	14			14	coklat muda	
	10	14			14	bening kecoklatan	
Total	70						73.2
Air	90	13			13	bening kecoklatan	
	90	11			11	agak bening	
	90	10			10	bening	
	90	8			8	bening	
	90	7			7	bening	
Total	450		65.9756	140.56			450.5