

**KAJIAN PENGARUH PERBEDAAN BOBOT JENIS LIMBAH KAYU
DAN KONSENTRASI NATRIUM SULFIT TERHADAP KUALITAS PULP NSSC
UNTUK PEMBUATAN KERTAS MEDIUM**

Oleh
PENY RIA NINGSIH
F 28.0071

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
pada jurusan **TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN**
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR

1995
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR

INSTITUT PERTANIAN BOGOR
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

KAJIAN PENGARUH PERBEDAAN BOBOT JENIS LIMBAH KAYU
DAN KONSENTRASI NATRIUM SULFIT TERHADAP KUALITAS PULP NSSC
UNTUK PEMBUATAN KERTAS MEDIUM

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
pada jurusan **TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN**
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR

Oleh

PENY RIA NINGSIH

F 28.0071

Dilahirkan pada tanggal 7 Maret 1972

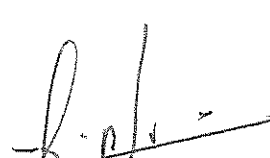
di Jayapura

Tanggal Lulus, 21 November 1995

Disetujui,

Bogor, Desember 1995




Ir. Ridwan Achmad Pasaribu, MS

Dosen Pembimbing II


Ir. Liesbetini Hartoto, MS

Dosen Pembimbing I

Akhirnya penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini, sehingga saran dan kritik dari pembaca sangat diharapkan. Namum demikian penulis berharap semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bogor, Desember 1995

Penulis



DAFTAR ISI

	Hal
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
I. PENDAHULUAN	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. TUJUAN.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. LIMBAH KAYU	5
B. PERANAN KOMPONEN KIMIA KAYU PADA PEMBUATAN PULP KERTAS.....	7
1. Selulosa.....	7
2. Hemiselulosa	7
3. Lignin.....	8
4. Zat Ekstraktif.....	9
C. PENGARUH BOBOT JENIS KAYU TERHADAP SIFAT PENGOLAHAN DAN KUALITAS PULP YANG DIHASILKAN	9

D. PROSES SEMI KIMIA SULFIT NETRAL (NSSC)	10
1. Proses Pengolahan	10
2. Larutan Pemasak	12
3. Variabel Penentu	13
a. Konsentrasi Larutan Pemasak	13
b. Perbandingan Larutan Pemasak dengan Bahan Baku	13
c. Suhu dan Waktu Pemasakan	14
d. Perlakuan Mekanis dalam pembuatan pulp	14
E. KERTAS MEDIUM	15
III. BAHAN DAN METODE	19
A. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN	19
B. BAHAN DAN ALAT	19
C. METODE PENELITIAN	19
1. Penelitian	19
2. Tata Laksana Penelitian	20
a. Persiapan Bahan Baku	20
b. Pemasakan Serpih	23
c. Perlakuan Mekanis	24
d. Pembentukan Lembaran Kertas Medium	24
e. Pengujian	24
D. MODEL RANCANGAN	25



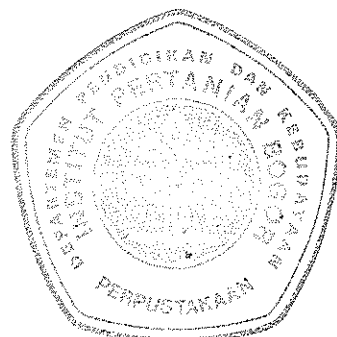
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
A. RENDEMEN.....	29
B. BILANGAN KAPPA	33
C. SIFAT FISIK LEMBARAN PULP	33
1. Indeks Sobek	33
2. Indeks Retak	35
3. Indeks Tarik.....	41
4. <i>Ring Crush</i>	43
5. <i>Concora</i>	45
V. KESIMPULAN	48
A. KESIMPULAN	48
B. SARAN.....	49
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 1. <i>Single faced corrugated board</i>	16
Gambar 2. <i>Double faced corrugated board</i>	16
Gambar 3. <i>Double wall corrugated board</i>	17
Gambar 4. Diagram alir proses pembuatan pulp NSSC	21
Gambar 5. Pola pengambilan contoh uji lembaran pulp	27
Gambar 6. Rendemen pulp NSSC pada berbagai taraf bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit	30
Gambar 7. Pengaruh bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit terhadap rendemen pulp NSSC.....	31
Gambar 8. Indeks sobek lembaran pulp NSSC pada berbagai taraf bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit.....	35
Gambar 9. Pengaruh bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit terhadap indeks retak lembaran pulp NSSC	39
Gambar 10. Reaksi kimia yang terjadi pada proses NSSC	40
Gambar 11. Indeks retak lembaran pulp NSSC pada berbagai taraf bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit.....	40
Gambar 12. Hubungan antara bobot jenis limbah kayu dengan indeks tarik lembaran pulp NSSC.....	42
Gambar 13. Hubungan antara konsentrasi natrium sulfit dengan nilai <i>ring crush</i> lembaran pulp NSSC.....	44
Gambar 14. Nilai <i>concora</i> lembaran pulp NSSC pada berbagai taraf bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit.....	46
Gambar 15. <i>Rotary Digester</i>	54
Gambar 16. <i>Beater Hollander</i>	55
Gambar 17. <i>Stone refiner</i>	56
Gambar 18. <i>Screener</i>	57
Gambar 19. Sentrifus	58

LAMPIRAN

	Hal
Lampiran 1. Spesifikasi bahan baku penelitian	53
Lampiran 2. Peralatan yang digunakan dalam pembuatan pulp NSSC	54
Lampiran 3. Prosedur pengujian bobot jenis kayu	59
Lampiran 4. Perhitungan pemakaian larutan Na_2SO_3 , Na_2CO_3 dan air	60
Lampiran 5. Gambar contoh pulp NSSC	62
Lampiran 6. Gambar contoh lembaran pulp NSSC.....	62
Lampiran 7. Prosedur penentuan rendemen dan bilangan kappa	63
Lampiran 8. Prosedur pengujian sifat fisik lembaran pulp	65
Lampiran 9. Uji Lanjut Duncan pengaruh interaksi bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit terhadap rendemen.....	68
Lampiran 10. Uji Lanjut Duncan pengaruh interaksi bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit terhadap indeks sobek	69
Lampiran 11. Uji Lanjut Duncan pengaruh interaksi bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit terhadap indeks retak	70
Lampiran 12. Uji Lanjut Duncan pengaruh interaksi bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit terhadap nilai <i>concora</i>	71
Lampiran 13. Standar kertas medium PT Bekasi Teguh.....	72
Lampiran 14. Ikhtisar data parameter pulp NSSC.....	73



I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Industri kertas mempunyai peranan penting didalam menunjang berbagai kegiatan seperti perkantoran, sarana pendidikan, kearsipan, pengemasan dan kegiatan lainnya. Oleh karena itu, industri kertas merupakan salah satu industri yang mendapat perhatian yang cukup besar dari pemerintah.

Pertambahan populasi penduduk Indonesia, bertambahnya usia sekolah, berkembangnya tingkat komunikasi dan informasi, serta berkembangnya tingkat kegiatan dunia usaha dan administrasi menyebabkan kebutuhan kertas cenderung meningkat. Dengan meningkatnya kebutuhan kertas tersebut maka akan terjadi pula peningkatan kebutuhan bahan baku industri kertas, salah satunya adalah pulp.

Menteri Perindustrian menyatakan bahwa kebutuhan kertas di dalam negeri lebih dari 2.2 juta ton tiap tahun. Dengan rincian penggunaan untuk kertas koran sebanyak 150.000 ton (7 persen), kertas tulis cetak 750.000 ton (34 persen), kertas kantong semen 110.000 ton (5 persen), kertas pembungkus 350.000 ton (14 persen) serta kertas medium dan kraftliner sebanyak 900.000 ton (40 persen) (Kompas, 11 Mei 1995).

Dari data tersebut dapat dilihat bahwa kebutuhan kertas terbanyak adalah kertas medium dan *kraftliner*. Produksi kertas *corrugating medium* pada tahun 1989 sebesar 138.043 ton meningkat menjadi 514.400 ton pada tahun 1993 atau rata-rata peningkatannya 18.6 persen selama Repelita V (Departemen Perindustrian, 1995).

Selama Repelita V, industri pulp dan kertas telah melakukan produksi komersial dengan jumlah Kapasitas Nasional Terpasang (KNT) mencapai rata-rata 3.892.737 ton pertahun. Perkembangan kapasitas produksi rata-rata meningkat

sebesar 30 persen yaitu dari 2.572.454 ton pada tahun 1989 menjadi 5.654.500 ton pada tahun 1993 (Departemen Perindustrian, 1995).

Usaha peningkatan produksi kertas sangat tergantung pada ketersediaan bahan baku, yaitu bahan baku yang mengandung selulosa, seperti kayu, bambu, bagas dan jerami. Sebagian besar industri pulp dan kertas Indonesia masih menggunakan bahan baku yang berasal dari sisa hasil pertanian. Bahan baku pulp sampai saat ini masih belum dapat sepenuhnya dipenuhi di dalam negeri sehingga harus diimpor (Departemen Perindustrian, 1995). Kondisi ini dapat diperbaiki dengan melakukan penemuan bahan baku, dan salah satu sumber bahan baku yang cukup berpotensi dan belum banyak dimanfaatkan adalah limbah kayu dari kegiatan penebangan hutan.

Luas hutan produksi di Indonesia pada tahun 1991 sekitar 63.0 juta hektar (56.3 persen). Perkembangan produksi kehutanan terutama produksi kayu bulat (log) sejak tahun 1987 hingga 1993/1994 mengalami fluktuasi. Pada tahun 1993/1994 produksi kayu bulat sebesar 26.8 juta m³ (Departemen Kehutanan, 1995). Dari produksi kayu bulat tersebut dapat dihasilkan limbah kayu sekitar 30 persen yang ditinggalkan dalam hutan dan tidak dimanfaatkan sama sekali. Mengingat potensi limbah kayu yang cukup besar, maka untuk menghemat dan meningkatkan manfaat sumber daya alam serta meningkatkan nilai tambah yang lebih tinggi perlu dipikirkan usaha industri pengolahan limbah kayu untuk membuat barang setengah jadi atau barang jadi.

Limbah kayu di tempat penebangan dan di industri pengolahan kayu umumnya terdiri dari berbagai mutu dan jenis kayu. Pulp yang dihasilkan dari limbah kayu seperti tersebut dapat menyebabkan variasi terhadap sifat pengolahan, sifat fisis dan mekanis seperti kekuatan sobek, kekuatan tarik, dan kekuatan retak. Menurut Higgins (1973) dan Runkel (1952), masalah tersebut dapat dikurangi

dengan cara mencampur bahan baku yang sesuai atau tidak jauh berbeda sifat dasarnya (bobot jenis, dimensi serat dan kandungan komponen kimia) atau dengan cara mencampur limbah kayu berdasarkan komposisi jenis kayu yang terdapat di tempat penebangan atau industri pengolahan.

Dalam proses pembuatan pulp dikenal beberapa cara yaitu cara mekanis, semikimia, kimia dan biologis yang sampai saat ini masih terus diteliti.

Menurut Casey (1980), proses semi kimia sulfit netral adalah salah satu cara pembuatan pulp secara mekanis dan kimia. Pada proses pembuatan pulp secara semi kimia mula-mula bahan baku direaksikan dengan bahan kimia tertentu untuk melemahkan dan memutuskan ikatan lignin, kemudian diikuti dengan pemisahan serat secara mekanis. Pada proses ini digunakan pelarut natrium hidroksida, natrium karbonat, natrium bikarbonat atau natrium tio sulfat.

Limbah lignoselulosa bila diolah dengan proses semi kimia sulfit netral (*neutral sulfite semi chemical*) dengan kondisi tertentu dapat menghasilkan pulp semikimia yang cukup baik untuk dibuat kertas medium. Kertas medium adalah kertas yang digunakan sebagai lapisan pada karton bergelombang untuk keperluan pengemasan barang (Mac Donald dan Franklin, 1969).

Untuk meningkatkan nilai tambah limbah kayu yang terdapat di tempat penebangan dan industri pengolahan kayu, dapat dilakukan pengolahan limbah kayu tersebut menjadi produk lain yang laku di pasaran, seperti pulp untuk pembuatan kertas medium. Keuntungan lain yang diperoleh dari pemanfaatan limbah kayu tersebut untuk dijadikan pulp kertas medium adalah meningkatkan nilai produktivitas hutan alam produksi dan industri pengolahan kayu.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. LIMBAH KAYU

Sejak berlakunya Undang-undang No 1/1967 tentang penanaman modal dalam negeri, kegiatan eksploitasi hutan dilakukan secara besar-besaran di luar Jawa. Sampai saat ini eksploitasi kayu dari hutan alam sebagai bahan baku industri masih terbatas pada jenis dan ukuran tertentu dengan persyaratan yang sangat ketat, sehingga banyak sekali kayu yang tidak dimanfaatkan dan ditinggalkan di areal eksploitasi yang lebih dikenal dengan istilah limbah eksploitasi (Simarmata dan Sastrodimedjo, 1981).

Limbah kayu adalah sisa atau bagian yang dianggap tidak bernilai ekonomi lagi dalam suatu tahap proses tertentu tetapi mungkin masih dapat dimanfaatkan pada tahap proses yang lain. Berdasarkan sumbernya limbah kayu dapat digolongkan menjadi tiga golongan yaitu limbah eksploitasi (limbah primer), limbah industri kayu primer dan limbah industri kayu sekunder (Widarmana, 1973).

Menurut Panshin *et all.* (1972), limbah pemanenan terdiri atas pohon yang tidak ditebang karena bentuknya yang kurang baik, karena kerusakan mekanis atau keadaan membusuk, ujung-ujung dan dahan-dahan, pohon-pohon yang rusak dalam penebangan dan pohon-pohon sisa yang dihancurkan pada pembersihan lapangan.

Limbah pemanenan atau limbah eksploitasi jumlahnya diperkirakan sekitar 30 persen dari pohon yang ditebang. Pada batang pohon yang sudah ditebang yang akan diangkut ke pabrik, dihasilkan pula limbah pada saat pembagian batang di tempat pengumpulan dan pada saat pemotongan batang di *log geck* (Widarmana, 1984).

Limbah eksploitasi dilihat dari prosesnya dapat dihasilkan di tempat tebang, pengumpulan dan di sepanjang jalan angkutan. Macam atau bentuk serta

volume limbah tersebut adalah berbeda-beda tergantung pada tingkat efisiensi eksploitasi (manual/mekanis) dan tujuan pemanfaatan pemasaran (mendapatkan kayu untuk keperluan lokal, untuk industri dalam negeri atau untuk diekspor). Dihasilkannya limbah kayu juga dipengaruhi oleh syarat-syarat pasaran, jenis dan nilai kayunya, tempat serta fasilitas pasaran pada saat itu.

Faktor penyebab limbah kayu yang tidak dapat dicegah adalah faktor alam, yaitu kayu yang tidak dapat dimanfaatkan karena letaknya tidak memungkinkan eksploitasi secara ekonomis antara lain di dalam jurang atau pada lereng-lereng yang curam, juga apabila pohon yang ditebang ternyata busuk, berlubang atau cacat (Sumitro, 1980).

Menurut Simarmata dan Sastrodimedjo (1981), banyaknya limbah sebagai akibat adanya kegiatan eksploitasi sampai bebas cabang adalah 25 - 48 persen dari produksi, sedangkan limbah sampai diameter batang 30 cm adalah 42 - 56 persen dari produksi.

Salah satu propinsi yang memiliki potensi hutan yang cukup besar adalah Propinsi Jambi. Propinsi Jambi memiliki luas wilayah seluas 5.100.000 ha. Luas hutan tetap sebesar 2.220.300.00 ha, dan hutan yang dapat dikonversi seluas 726.900.00 ha. Dari luas hutan tersebut dapat diproduksi kayu bulat pada tahun 1991/1992 sebanyak 806.757.71 m³ dan limbah kayu yang dihasilkan sebanyak 26.281.19 m³ (Departemen Kehutanan, 1993).

Propinsi Daerah Tingkat I Jambi memiliki 1.075 jenis pohon berdasarkan nama daerah dan telah diketahui 437 nama botaninya. Setiap nama Botani dapat terdiri dari beberapa nama daerah. Dari jumlah berdasarkan nama daerah tersebut, sebanyak 330 jenis yang belum mempunyai nama Botaninya. Sedangkan jenis pohon yang diketahui mempunyai nama perdagangan hanya 59 jenis (Rombe et al., 1982). Muliah (1983) menambahkan bahwa hutan di Propinsi Jambi adalah hutan

alam campuran yang mengandung berbagai jenis tanaman dengan dominan kelompok *Dipterocarpaceae* (70 persen), antara lain meranti (*Shorea* sp) (40 persen).

B. PERANAN KOMPONEN KIMIA KAYU PADA PEMBUATAN PULP KERTAS

Menurut Hartoyo (1989), penggolongan komponen kimia kayu utama, seperti selulosa, hemiselulosa, lignin, dan zat ekstraktif, dimaksudkan untuk menggambarkan komposisi kayu dan memperkirakan sifat-sifat kayu tersebut dikaitkan dengan penggunaannya.

1. Selulosa

Selulosa merupakan bagian terbesar dari kayu. Pada setiap jenis kayu maupun dalam satu pohon jumlahnya bervariasi. Pada umumnya kandungan selulosa dalam kayu daun jarum lebih besar daripada kayu daun lebar (Hartoyo, 1989).

Mac Donald dan Franklin (1980) menyatakan bahwa selulosa dalam lembaran pulp mempunyai daya gabung yang besar, sehingga memudahkan terbentuknya jalinan antar serat. Diuraikan oleh Casey (1980), bahwa tujuan perlakuan kimia dalam proses pembuatan pulp adalah untuk memperoleh serat-serat selulosa sebanyak mungkin dengan cara melarutkan sebanyak mungkin komponen lignin yang mengikat serat.

2. Hemiselulosa

Hemiselulosa adalah polisakarida lain penyusun kayu yang memiliki bobot molekul rendah serta tersusun dari gabungan unit gula sederhana dengan lima dan enam atom karbon (pentosan dan heksosa) (Kocurek, 1983).

Kandungan hemiselulosa dalam kayu bervariasi antara 15 - 18 persen dalam kayu daun jarum dan 22 - 34 persen dalam kayu daun lebar (Hartoyo, 1988).

Hemiselulosa sangat berpengaruh terhadap penyerapan air pada waktu proses pemasakan. Penyerapan air ini mengakibatkan pengembangan serat dan meningkatkan plastisitasnya sehingga serat tersebut mudah dipisahkan dari fraksi kayu lainnya. Serat yang plastis akan memiliki luas permukaan ikatan yang tinggi pada saat pembentukan lembaran pulp, sehingga kekuatan kertas yang dihasilkan menjadi tinggi. Selain itu, kandungan hemiselulosa yang tinggi akan mengurangi waktu dan daya yang dibutuhkan dalam penggilingan serta pemisahan serat selama perlakuan mekanis pada proses pembuatan pulp (MacDonald dan Franklin 1969).

3. Lignin

Lignin terdapat di antara sel-sel dan di dalam dinding sel. Di antara sel-sel, lignin berfungsi sebagai perekat untuk mengikat sel-sel bersama-sama. Dalam dinding sel, lignin sangat erat hubungannya dengan selulosa dan berfungsi untuk memberikan ketegaran pada sel. Lignin juga berpengaruh dalam memperkecil perubahan dimensi sehubungan dengan perubahan kandungan air kayu dan mempertinggi sifat racun kayu yang membuat kayu tahan terhadap serangan cendawan dan serangga (Haygreen dan Bowyer, 1989).

Panshin dan Zeeuw (1980) menyatakan, bahwa dari tiga senyawa utama penyusun kayu, lignin merupakan senyawa yang tidak diharapkan pada pulp kertas. Sebagian besar lignin dilarutkan dan dipisahkan selama proses pembuatan pulp. Menurut Casey (1980), adanya sisa lignin dalam pulp akan memberikan pengaruh yang kurang baik terhadap warna maupun sifat fisik

pulp akibat terhambatnya aktifitas selulosa dan hemiselulosa dalam pembentukan ikatan antar serat.

4. Zat Ekstraktif

Soedrajat (1970) menyatakan bahwa zat ekstraktif merupakan senyawa kimia dengan bobot molekul bervariasi dari yang rendah sampai tinggi dan terdapat di bagian dalam sel. Semua jenis kayu mengandung sejumlah zat ekstraktif yang dapat diekstraksi dengan pelarut organik atau air.

Zat ekstraktif dapat larut dalam air, alkohol, benzen, aseton dan eter. Keberadaan zat ekstraktif menimbulkan bintik-bintik hitam dan coklat pada pulp, mengurangi penetrasi larutan pemasak dan menghasilkan rendemen yang rendah (Hartoyo, 1989).

C. PENGARUH BOBOT JENIS KAYU TERHADAP SIFAT PENGOLAHAN DAN KUALITAS PULP YANG DIHASILKAN

Bobot jenis bahan baku merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kualitas pulp dan kertas yang dihasilkan. Bobot jenis dapat dipakai sebagai petunjuk dalam penggunaan suatu jenis bahan baku untuk pembuatan kertas (Casey, 1966).

Bobot jenis merupakan faktor yang nyata dalam pengolahan kayu campuran. Kayu dengan bobot jenis tinggi mempunyai serat yang lebih kaku dan sukar digiling, sehingga menghasilkan lembaran pulp yang tidak padat permukaannya dan sifat kekuatannya rendah (Pasaribu dan Silitonga, 1977).

Selanjutnya Pasaribu dan Silitonga (1977) mengemukakan bahwa campuran kayu dengan bobot jenis rendah menghasilkan rendemen pulp yang lebih besar daripada campuran kayu dengan bobot jenis tinggi. Hal ini terjadi karena proses

difusi dan penetrasi bahan kimia pemasak ke dalam struktur jaringan kayu dengan bobot jenis tinggi berlangsung lebih sukar dan mengakibatkan reaksi terhadap lignin sebagai pengikat antar serat belum sempurna, sehingga rendemen yang dihasilkan lebih rendah.

Hal yang sama juga dinyatakan oleh Stephenson (1950), bahwa bobot jenis juga berpengaruh terhadap kondisi pemasakan. Kayu dengan bobot jenis tinggi menyebabkan kesulitan dalam penetrasi bahan kimia pemasak ke dalam sel-sel kayu, sehingga membutuhkan pemakaian bahan kimia pemasak yang lebih banyak dan waktu pemasakan yang lebih lama.

Kayu bobot jenis tinggi kurang menguntungkan ditinjau dari segi pembuatan pulp kertas, karena menghasilkan kertas berkualitas rendah, serta diperkirakan akan menimbulkan kesulitan pada tahap pembuatan serpih dan penggilingan pulp. Kayu dengan bobot jenis tinggi memiliki serat dengan dinding tebal. Ketebalan dinding sel sangat menentukan ketahanan serat terhadap gaya luar seperti penggilingan, pengepresan, pengeringan dan sebagainya. Makin tebal dinding sel maka serat makin tahan terhadap gaya luar (Alaudin dan Triyanto, 1979).

D. PROSES SEMI KIMIA SULFIT NETRAL (NSSC)

1. Proses Pengolahan

Proses semikimia sulfit netral (NSSC) mulai dikembangkan secara komersial pada tahun 1925. Proses ini dapat mengolah hampir semua jenis kayu dan limbah eksploitasi maupun limbah industri pengolahan kayu (Siagian, 1989). Menurut Rydholm (1965), proses NSSC lebih sesuai untuk mengolah kayu daun lebar daripada kayu daun jarum, karena kandungan ligninnya lebih rendah dan letak lignin dalam kayu daun lebar lebih banyak pada lamela tengah.

Menurut Siagian (1989), keuntungan penggunaan proses NSSC adalah dihasilkannya rendemen pulp yang tinggi (60 - 80 persen) sehingga harga bahan baku dapat ditekan, mutu dan jenis yang dihasilkan dapat disesuaikan dengan tujuan pemakaian dan permintaan pasar, penggunaan jenis kayu lebih luas, serta jumlah jenis kayu yang banyak dapat diolah secara bersama-sama. Kerugian dalam proses semi kimia sulfit netral adalah dibutuhkan lebih banyak bahan kimia dibandingkan proses sulfit dan serat pulp semi kimia lebih berat karena kandungan ligninnya lebih tinggi dibandingkan pulp kimia, akibatnya dalam standar bobot yang sama, jumlah serat terdapat dalam jumlah yang lebih sedikit.

Tahapan proses yang terjadi dalam pembuatan pulp semikimia sulfit netral terdiri dari (1) penjenuhan serpih dengan larutan pemasak, (2) pemasakan serpih oleh bahan kimia yang bersifat netral dan sanggup memelihara kenetralannya selama proses pembebasan serat dari sejumlah bahan organik lainnya yang terdapat dalam kayu, serta (3) pemisahan serat dalam *disk refiner* (Rydholm, 1965).

Mac Donald dan Franklin (1969) mengemukakan bahwa reaksi kimia dalam proses NSSC pada prinsipnya sama dengan proses sulfit. Pada proses semi kimia sulfit netral, pelarutan lignin dilakukan dua tahap yaitu proses sulfonasi yang diikuti proses hidrolisa. Molekul lignin yang kecil segera dilarutkan dalam proses sulfonasi, sedang untuk molekul lignin yang besar dilarutkan melalui proses hidrolisa.

Rydholm (1965) menyatakan bahwa reaksi yang terjadi pada proses NSSC adalah mengarah pada delignifikasi selektif dengan melindungi hemiselusa sebanyak mungkin serta menghindarkan pengaruh keasaman dan kebasaaan larutan pemasak. Hal ini berarti delignifikasi diperlambat agar derajat pemisahan hemiselulosa menjadi lebih kecil. Rendemen pulp yang dapat diperoleh

mencapai 65 sampai 85 persen. Pulp tersebut mengandung sisa lignin sekitar 10 sampai 15 persen, jika dibandingkan dengan pulp kimia yang mengandung 0 - 5 persen lignin.

2. Larutan Pemasak

Salah satu bahan kimia yang digunakan dalam proses pemasakan adalah natrium sulfit (Na_2SO_3), karena bahan kimia ini sangat selektif melunakkan lignin dan tidak menimbulkan warna gelap pada pulp. Bahan kimia lain yang digunakan adalah natrium karbonat, natrium hidroksida, natrium sulfida, natrium bikarbonat dan natrium sulfat. Bahan-bahan ini berfungsi sebagai larutan penyangga untuk mengontrol pH dan mencegah terjadinya korosi dan hidrolisis berkelanjutan yang dilakukan oleh Na_2SO_3 sehingga rendemen hemiselulosanya tetap tinggi (Casey, 1980).

Larutan natrium sulfit sebagai bahan kimia pemasak mempunyai pH sekitar 9, tetapi di dalam pemasakan akibat adanya reaksi sulfonasi dan hidrolisa terhadap lignin, timbullah gas-gas CO_2 , asam cuka dan sebagainya, sehingga terjadi penurunan pH. Hal ini mengakibatkan terjadinya korosi, dan untuk menanggulangi hal demikian dilakukan penambahan alkali yang bertindak sebagai penyangga sehingga pH akhir pemasakan dapat diatur supaya tetap dalam suasana alkali.

Larutan buangan bekas pemasakan proses NSSC warnanya coklat, baunya relatif lemah, tidak merangsang seperti larutan buangan proses asam sulfit, dan juga tidak berbau yang memusingkan seperti larutan buangan proses sulfat. Larutan buangan NSSC tidak mengandung zat-zat racun yang mematikan kehidupan dalam air, hanya menyerap oksigen yang larut dalam air lebih banyak dari pada larutan buangan proses sulfat, tetapi lebih sedikit jika dibandingkan

dengan penyerapan oksigen oleh larutan buangan proses asam sulfit (Alaudin, 1975).

3. Variabel Penentu

Beberapa variabel penentu dalam proses pemasakan pulp semikimia sulfit netral adalah konsentrasi larutan pemasak, perbandingan larutan pemasak dengan bahan baku, suhu dan waktu pemasakan serta perlakuan mekanis dalam pembentukan pulp.

a. Konsentrasi Larutan Pemasak

Menurut Rydholm (1965), konsentrasi larutan pemasak merupakan faktor yang sangat penting dalam pembuatan pulp. Tingkat keasaman larutan pemasak yang tinggi cenderung untuk mendegradasi selulosa.

Pada umumnya untuk kayu dengan bobot jenis rata-rata rendah, pulp terbaik dapat dihasilkan dari proses semikimia sulfit netral dengan menggunakan konsentrasi natrium sulfit berkisar antara 10 - 16 persen (Cahyono, 1986). Sedangkan menurut MacDonald dan Franklin (1969) konsentrasi natrium sulfit yang digunakan dalam pembuatan pulp semikimia sulfit netral untuk karton gelombang adalah 8 - 14 persen.

b. Perbandingan Larutan Pemasak dengan Bahan Baku

Pemasakan berjalan sempurna jika menggunakan perbandingan antara larutan pemasak dengan bahan baku cukup tinggi. Pada kondisi tersebut semua kayu terendam dalam larutan pemasak, sehingga penetrasi larutan pemasakan ke dalam sel-sel kayu lebih sempurna. Kondisi pengolahan

seperti ini menghasilkan pulp yang putih dengan kekuatan yang tinggi (MacDonald dan Franklin, 1969).

Menurut Siagian (1989), perbandingan larutan pemasak terhadap bahan baku yang dapat digunakan antara 1 : 1.5 sampai 1:4, dan umumnya yang sering digunakan adalah 1 : 4.

c. Suhu dan Waktu Pemasakan

Suhu pemasakan merupakan faktor yang penting diperhatikan dalam pengolahan. Peningkatan suhu menyebabkan delignifikasi berlangsung lebih cepat, sehingga semakin mempersingkat waktu pemasakan (Libby, 1962).

Menurut McGovern (1970), suhu yang umum digunakan berkisar antara 160 - 185°C. Casey (1980) mengatakan bahwa suhu yang sering digunakan adalah 170°C. Suhu di bawah 170°C tidak memberikan keuntungan terhadap nilai rendemen dan kualitas yang dihasilkan, sedangkan suhu di atas 170° menyebabkan degradasi selulosa semakin meningkat (Mac Donald dan Franklin, 1969).

Waktu untuk pemasakan serpih kayu pada proses semikimia sulfit netral terdiri dari dua tahap, yaitu waktu untuk penetrasi larutan ke dalam serpih yang dilanjutkan dengan waktu untuk meningkatkan suhu sehingga mencapai suhu maksimum. Waktu pemasakan yang umum digunakan adalah 3 - 4 jam dengan suhu maksimum sebesar 170° (Casey, 1980).

d. Perlakuan Mekanis dalam Pembuatan Pulp

Menurut MacDonald dan Franklin (1969), dalam pembuatan pulp semikimia perlakuan mekanis memegang peranan penting. Tujuan utama

perlakuan mekanis adalah memisahkan gumpalan serat dari serpih lunak menjadi serat individu.

Perlakuan mekanis dapat membuat serat menjadi lebih gepeng (*collaps*), sehingga permukaan serat bertambah luas. Keadaan ini akan menambah areal ikatan serat satu dengan yang lain melalui ikatan hidrogen. Akibatnya apabila pulp dengan penggilingan sempurna akan mempertinggi kekuatan pulp yang dihasilkan. Pada perlakuan mekanis dapat terjadi pemotongan serat. Serat-serat menjadi lebih pendek, apabila pemotongan serat terjadi terlalu banyak, sehingga kekuatan kertas menurun (Casey, 1980).

Pada proses semikimia sulfit netral terdapat dua tahap perlakuan mekanis dalam pembentukan pulp. Tahap pertama adalah penggilingan serpih lunak hasil pemasakan yang bertujuan untuk menguraikan gumpalan serat. Tahap kedua adalah penggilingan pulp yang bertujuan untuk menghasilkan pulp dengan derajat giling tertentu sesuai dengan jenis kertas yang diinginkan (MacDonald dan Franklin, 1969).

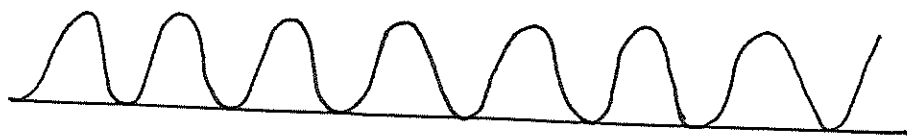
E. KERTAS MEDIUM

Kertas adalah lembaran yang terdiri dari serat selulosa yang saling melekat dan jalin menjalin. Seiring dengan perkembangan teknologi dan produk baru dari jenis-jenis kertas, dewasa ini kertas dapat pula dihasilkan dari serat hewan, mineral atau sintetis yang diolah secara bersama atau terpisah (Judodibroto dan Sutamat, 1977).

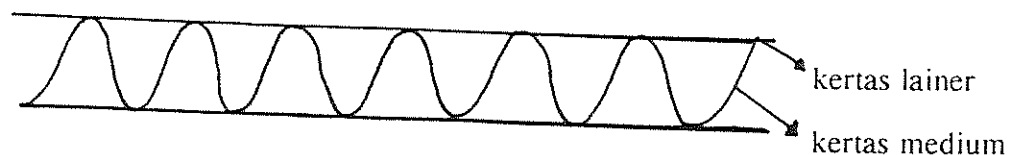
Kertas medium (*corrugating medium*) adalah kertas yang dipergunakan sebagai lapisan bergelombang pada karton gelombang. Keadaan kertas medium harus rata, tidak kotor, tidak berlubang dan tidak kisut.

Karton gelombang (*corrugated board*) adalah kertas karton yang dibuat dari satu atau beberapa lapisan kertas medium bergelombang dengan kertas liner sebagai penyekat dan pelapisnya (Departemen Perindustrian, 1981).

Menurut Stephenson (1950), bentuk-bentuk *corrugated board* dibagi menjadi tiga yaitu *single faced corrugated board*, *double faced corrugated board* dan *double wall , corrugated board*. *Single faced corrugated board* adalah *corrugated board* yang terdiri dari satu lembar *corrugating medium* dan satu lembar *liner board* (Gambar 1). *Double faced corrugated board* adalah *corrugated board* yang terdiri dari satu lembar *corrugating medium* dan dua lembar *liner board* (Gambar 2), sedangkan *double wall corrugated board* adalah *corrugated board* yang terdiri dari dua lembar *corrugating medium* dan tiga lembar *liner board* (Gambar 3).

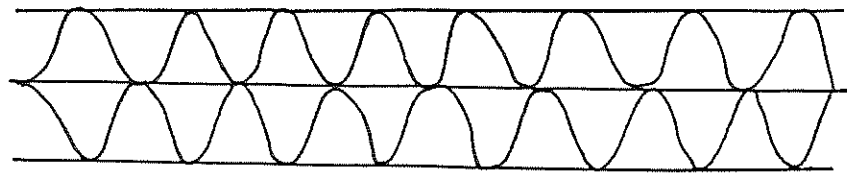


Gambar 1. *Single faced corrugated board*



Gambar 2. *Double faced corrugated board*





Gambar 3. *Double wall corrugated board*

Purba (1979), mengemukakan bahwa berdasarkan teknik pabrikasi, cara pembuatan karton gelombang dilakukan dengan mengkombinasikan bahan baku kertas liner dan kertas medium. Kedua bahan ini dikombinasikan melalui perekatan. Sebelumnya bahan kertas medium dilalukan pada suatu mesin yang disebut *roll corrugating*, sehingga terbentuk suatu seri busur-busur dengan jarak tertentu yang disebut *flute*. Fungsi dari pembentukan *flute* adalah untuk menghasilkan bantalan pada karton gelombang, guna mengurangi kekuatan benturan yang dialami bahan-bahan yang dibungkus, baik tekanan dari luar maupun dari dalam.

Berdasarkan arah tekanan yang dialami kertas medium yang telah digelombangkan, maka sifat kekakuan diuji dengan alat uji ketahanan tekan lingkar (*ring crush*) dan ketahanan tekan datar (*concora*). Hasil uji yang didapat menyatakan tekanan maksimum yang diperlukan untuk menekan contoh uji sampai contoh tersebut mulai mengalami kerusakan (Rudiatin et al., 1985).

Kertas medium dapat diklasifikasikan berdasarkan besarnya nilai *ring crush* dan uji *concora* pada arah silang mesin. Berdasarkan klasifikasinya tersebut maka kertas medium dibagi menjadi dua kelas yaitu kelas A dan kelas B (Tabel 1) Kertas medium dapat digolongkan sebagai kertas tebal. Sifat-sifat kekuatannya ditentukan oleh daya ikat antar serat dan sifat seratnya sendiri. Sifat utama yang harus dimiliki kertas medium sebagai bahan penyusun karton gelombang adalah sifat ketegaran dan elastisitas yang baik sehingga karton gelombang yang dihasilkan tahan terhadap tekanan (Sujono, Wawan, dan Uzair 1989).

III. BAHAN DAN METODE

A. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Teknologi Serat pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan dan Sosial Ekonomi Kehutanan Bogor, selama kurang lebih 4 bulan.

B. BAHAN DAN ALAT

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah kayu campuran yang terdiri dari 20 jenis kayu yang diperoleh dari tempat penebangan di Jambi. Limbah kayu yang diambil untuk penelitian adalah limbah kayu yang bebas cacat dan berdiameter minimum 10 cm dan panjang minimum 50 cm. Spesifikasi bahan baku yang digunakan disajikan pada Lampiran 1.

Bahan-bahan kimia yang digunakan untuk pengolahan pulp dan pengujian kimia pulp adalah larutan Na_2SO_3 , Na_2CO_3 , KMnO_4 0.1 N, air suling, H_2SO_4 , larutan KI, larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1 N, dan larutan kanji.

Peralatan yang digunakan adalah gergaji, golok, *rotary digester*, *beater holander*, *stone refiner*, *Screener*, PFI Mill, sentrifus, *pulp desintegrator*, dan alat penguji sifat kimia dan sifat fisik lembaran pulp.

C. METODE PENELITIAN

1. Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan pulp untuk kertas medium dari limbah kayu campuran dengan menggunakan proses semi kimia sulfit netral (NSSC). Diagram alir proses pembuatan pulp NSSC dapat dilihat pada

Gambar 4. Limbah kayu campuran dikelompokkan berdasarkan bobot jenis yang selanjutnya pada pemasakan digunakan konsentrasi larutan pemasak natrium sulfit yang berbeda-beda.

2. Tata Laksana Penelitian

a. Persiapan Bahan Baku

Setiap contoh limbah kayu bebas kulit ditetapkan bobot jenisnya menurut standar TAPPI 18m - 53. Prosedur penentuan bobot jenis kayu disajikan pada lampiran 2. Kayu limbah tersebut dibagi menjadi tiga kelompok berdasarkan bobot jenisnya, yaitu bobot jenis 0.15 - 0.59 (A1), 0.60 - 1.04 (A2), dan 0.15 - 1.04 (A3).

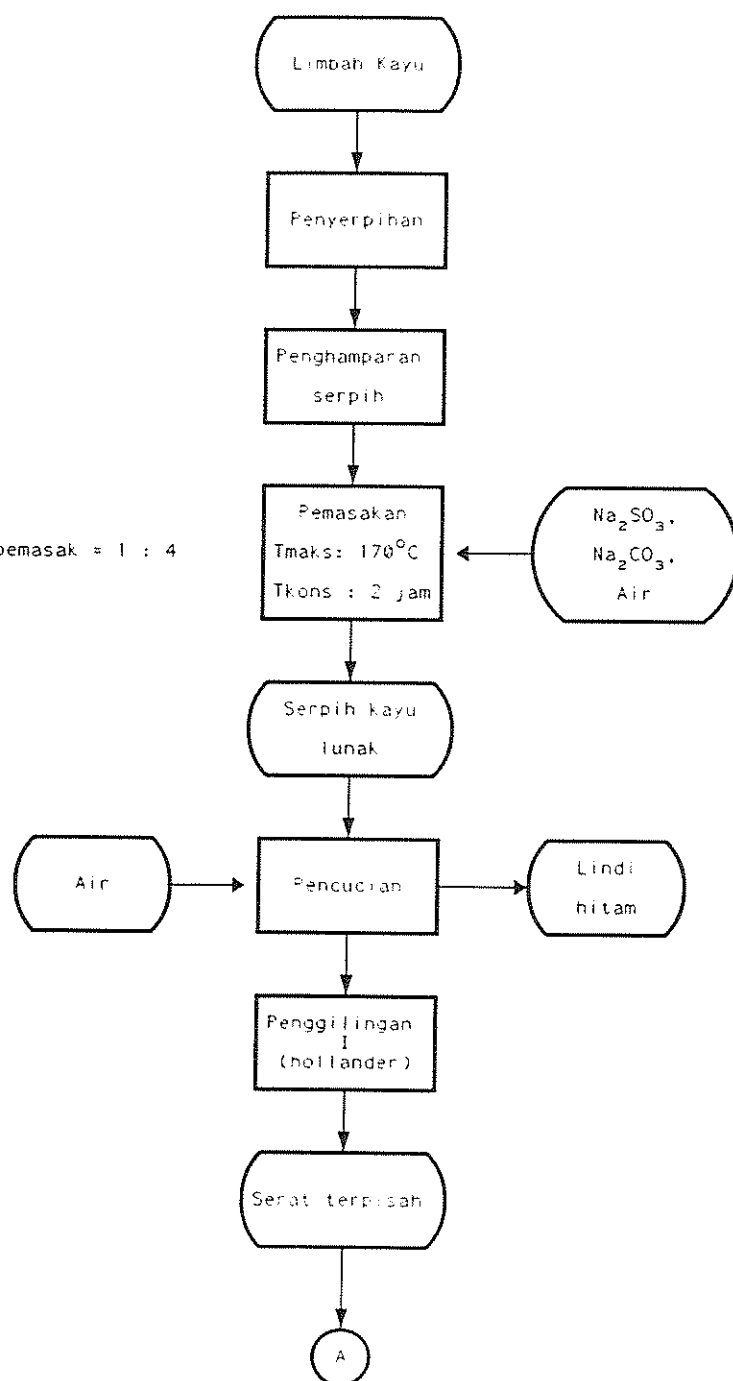
Limbah kayu dari masing-masing kelompok dijadikan serpih berukuran 3 cm x 2.5 cm x 0.2 cm dengan menggunakan golok. Kemudian serpih dikering udarkan sampai mencapai kadar air kesetimbangan.

Pengukuran kadar air serpih dilakukan dengan menggunakan oven pada suhu 105°C sampai diperoleh bobot yang konstan. Pengukuran kadar air ini perlu dilakukan untuk menentukan persentase bahan kimia yang digunakan dalam proses pemasakan. Kadar air dihitung dengan menggunakan rumus:

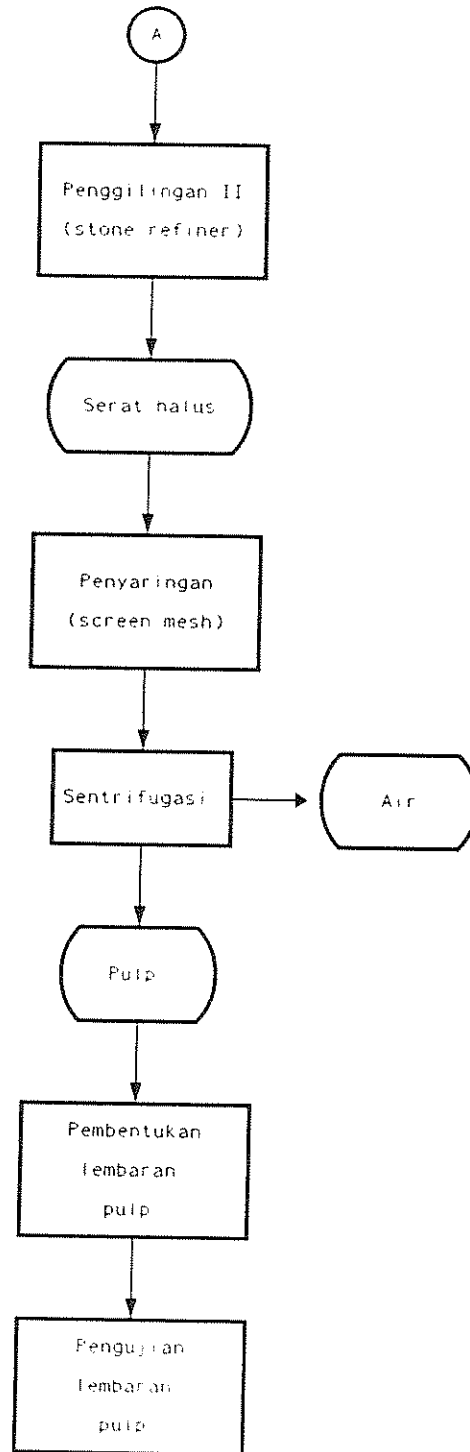
$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{A - B}{B} \times 100 \%$$

Keterangan : A = bobot awal serpih

B = bobot akhir serpih



Gambar 4. Diagram alir proses pembuatan pulp NSSC



Lanjutan Gambar 4.



b. Pemasakan serpih

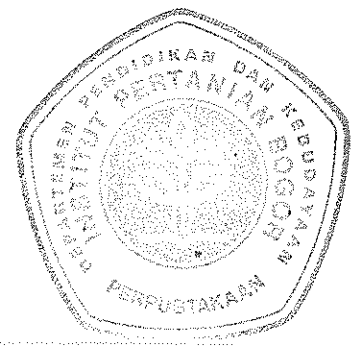
Serpih limbah kayu dari setiap bobot jenis yang telah diketahui bobot kering ovennya diolah menjadi pulp kertas dengan cara memasak serpih dalam *rotary digester* yang menggunakan proses semi kimia sulfit netral (NSSC).

Untuk setiap pemasakan digunakan 800 gram serpih kering oven. Berat serpih kering oven yang diolah merupakan campuran dari masing-masing jenis limbah kayu dengan proporsi yang sama. Setelah proporsi masing-masing jenis limbah kayu diketahui maka ditimbang bahan baku berdasarkan kadar air serpih.

Pereaksi yang digunakan dalam proses ini adalah natrium sulfit (Na_2SO_3) dalam tiga taraf perlakuan yaitu 8, 11, dan 14 persen. Banyaknya bahan kimia tersebut dihitung dari bobot serpih kering oven. Kondisi tetap dalam pemasakan adalah kadar soda abu (Na_2CO_3) sebesar 4 persen. Kondisi pemasakan adalah perbandingan kayu dengan larutan pemasak yaitu 1 : 4, suhu pemasakan maksimum 170°C yang dipertahankan selama 2 jam.

Setiap jenis bahan kimia yang digunakan dalam pembuatan larutan pemasak pulp harus ditetapkan terlebih dahulu komposisinya secara tepat, karena sangat berhubungan dengan kondisi bahan, kualitas pulp yang dihasilkan serta jumlah biaya yang akan dikeluarkan.

Cara perhitungan selengkapnya untuk menentukan banyaknya larutan pemasak dan air yang ditambahkan dapat dilihat pada Lampiran 3.



c. Perlakuan Mekanis

Serpih yang telah lunak digiling dengan *beater hollander* sehingga serat terpisah, selanjutnya digiling dengan menggunakan *stone refiner* sampai mencapai derajat kehalusan 15 - 17° SR. Kemudian pulp disaring dengan *screener*. Pulp yang tertampung pada saringan dikeringkan dengan sentrifus, kemudian diambil contoh pulp untuk menentukan rendemen pulp.

d. Pembentukan Lembaran Kertas Medium

Dari setiap hasil pemasakan diambil 45 gram pulp kering oven untuk digiling dengan PF Mill hingga mencapai derajat giling 40 - 45° SR. Selanjutnya dibuat lembaran kertas berbentuk bulat dengan diameter 15.85 cm dan gramatur 125 g/m² dengan alat pembentuk lembaran.

e. Pengujian

Sifat-sifat pulp yang dianalisa meliputi rendemen pulp dan Bilangan Kappa (SII. 0530 - 81). Prosedur penentuan rendemen dan Bilangan Kappa disajikan pada Lampiran 4.

Pengujian sifat fisik lembaran pulp yang dilakukan terdiri dari indeks sobek (SII. 0435-81), indeks tarik (SII. 0436-81), indeks retak (SII.0529 - 81), concora (SII. 0659 - 82) dan ring crush (SII. 0660-82). Prosedur pengujian sifat fisik lembaran pulp disajikan pada Lampiran 20. Cara pengambilan contoh uji lembaran pulp untuk pengujian sifat fisik mengikuti pola yang sesuai dengan SII. 044-81. Pola pengambilan contoh uji lembaran pulp dapat dilihat pada Gambar 5.

D. MODEL RANCANGAN

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Faktorial Acak Lengkap dengan dua kali ulangan.

Bahan baku yang berupa 20 jenis limbah kayu dicampurkan dan dikelompokkan menjadi 3 taraf menurut bobot jenisnya yaitu bobot jenis 0.15 - 0.59 (A1), bobot jenis 0.60 - 1.04 (A2), dan bobot jenis 0.15 - 1.04 (A3). Campuran limbah kayu tersebut dimasak dengan menggunakan 3 taraf konsentrasi larutan pemasak natrium sulfit (Na_2SO_3) yaitu 8 persen (B1), 11 persen (B2) dan 14 persen (B3).

Menurut Sudjana (1991), model persamaan matematisnya adalah sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \epsilon_{ij(k)}$$

Keterangan :

Y_{ijk} = peubah yang diukur

μ = Pengaruh rata-rata

A_i = Pengaruh faktor A taraf ke-i

B_j = Pengaruh faktor B taraf ke-j

AB_{ij} = Pengaruh interaksi faktor A taraf ke-i dengan faktor B taraf ke-j

$\epsilon_{k(ij)}$ = pengaruh unit eksperimen ke-k dalam kombinasi perlakuan ij.

$i = 1, 2, 3$

$j = 1, 2, 3$

$k = 1, 2$

Hipotesis yang akan diuji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

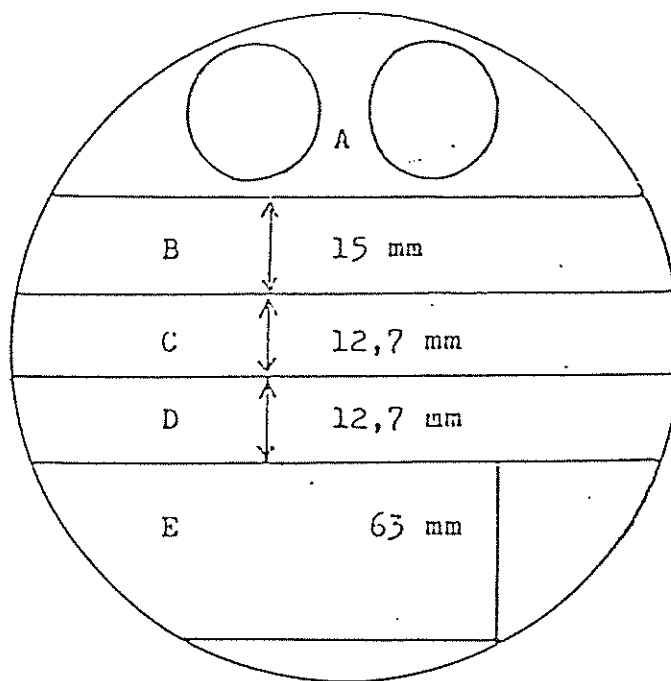
$$H_1 = A_i = 0 ; (i = 1, 2, 3)$$

$$H_2 = B_j = 0 ; (j = 1, 2, 3)$$

$$H_3 = AB_{ij} = 0 ; (i = 1, 2, 3 \text{ dan } j = 1, 2, 3)$$

Hipotesis H_1 menyatakan tidak terdapat pengaruh faktor bobot jenis limbah kayu. Hipotesis H_2 menyatakan tidak terdapat pengaruh faktor konsentrasi natrium sulfit. Hipotesis H_3 menyatakan tidak terdapat pengaruh interaksi antara bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit.

Untuk menguji pengaruh dari faktor perbedaan bobot jenis , konsentrasi larutan pemasak dan interaksi kedua faktor terhadap respon digunakan kriteria Uji-F melalui penggunaan Analisa Keragaman. Dari Analisa Keragaman diperoleh nilai F_{hitung} lalu dibandingkan dengan nilai F_{tabel} pada berbagai tingkat kepercayaan. Kepercayaan 99 persen untuk menyatakan pengaruh atau perbedaan yang sangat nyata. Selang kepercayaan 95 persen digunakan untuk pengaruh atau perbedaan nyata. Untuk menentukan bagaimana perbedaan harga rata-rata antar perlakuan yang satu dengan yang lain digunakan Uji Jarak Duncan.



Keterangan :

- A : Contoh uji untuk pengujian Ketahanan Retak dan Indeks Retak
- B : Contoh uji untuk pengujian Ketahanan Tarik dan Indeks Tarik
- C : Contoh uji untuk pengujian *Ring Crush*
- D : Contoh uji untuk pengujian *Concora*
- E : Contoh uji untuk pengujian Ketahanan Sobek dan Indeks Sobek

Gambar 4. Pola pengambilan contoh uji lembaran pulp (SII. 044-81).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. RENDEMEN

Rendemen pulp yang dihasilkan dari pemasakan limbah kayu berdasarkan pengelompokkan bobot jenis 0.15 - 0.59; 0.60 - 1.04 dan 0.15 - 1.04 yang diolah dengan menggunakan konsentrasi natrium sulfit 8, 11 dan 14 persen berkisar antara 66.68 - 83.09 persen (rata-rata 76.30 persen) (Tabel 2). Persentase rendemen pulp yang dihasilkan dari setiap kelompok limbah kayu tersebut sesuai dengan rendemen pemasakan pulp NSSC yang ditetapkan oleh Rydholm (1965) yaitu berkisar antara 65 sampai 85 persen.

Tabel 2. Ikhtisar nilai rata-rata rendemen pulp dan bilangan kappa

Bobot jenis Limbah kayu	Konsentrasi Na_2SO_3 (%)	Rendemen (%)	Bilangan Kappa
0.15 - 0.59	8	80.04	48.01
	11	83.09	46.50
	14	72.84	45.90
	Rata-rata	78.66	46.80
0.60 - 1.04	8	66.68	47.66
	11	70.11	46.97
	14	73.30	46.83
	Rata-rata	70.03	47.15
0.15 - 1.04	8	80.60	48.97
	11	81.64	46.58
	14	78.34	46.19
	Rata-rata	80.20	47.25
Rata-rata keseluruhan		76.30	47.06

Selanjutnya Sidik Ragam rendemen pulp (Tabel 3) menunjukkan bahwa bobot jenis limbah kayu berpengaruh sangat nyata terhadap rendemen pulp, sedangkan konsentrasi natrium sulfit tidak berpengaruh nyata. Interaksi antara bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit berpengaruh nyata.

Tabel 3. Sidik Ragam rendemen pulp dan bilangan kappa

Respon	Sumber keragaman	db	JK	KT	F-hit	F-tabel	
						5%	1%
Rendemen	A	2	360.163	180.081	30.473**	4.26	8.02
	B	2	38.189	19.095	3.231*	4.26	8.02
	AB	4	127.754	31.938	5.405*	4.26	8.02
	Galat	9	53.185	5.405			
	Total	17	579.291				
Bilangan Kappa	A	2	0.695	0.347	0.214	4.26	8.02
	B	2	12.276	6.138	3.781	4.26	8.02
	AB	4	2.338	0.584	0.360	4.26	8.02
	Galat	9	14.608	1.623			
	Total	17	29.92				

Keterangan:

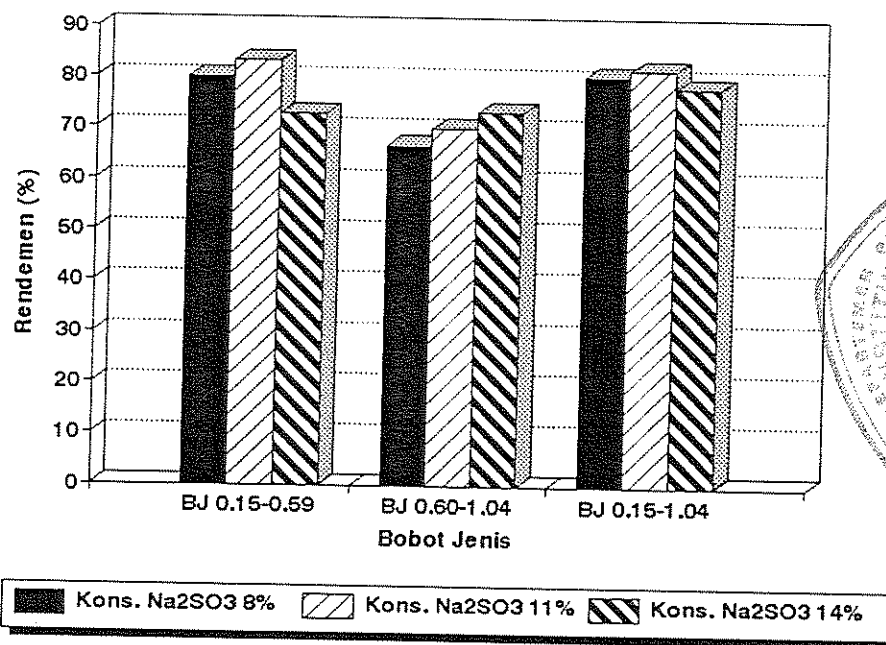
***) berpengaruh sangat nyata

*) berpengaruh nyata

Dari Uji Jarak Duncan (Tabel 4) menunjukkan rendemen pulp kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.15 - 0.59 (rata-rata 78.66 persen) tidak berbeda dengan rendemen pulp yang dihasilkan oleh kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.15 - 1.04 (rata-rata 80.20 persen). Akan tetapi rendemen pulp dari kedua kelompok limbah kayu tersebut lebih tinggi dari pada rendemen pulp yang dihasilkan oleh kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.60 - 1.04 (rata-rata 70.03 persen). Selanjutnya mengenai hubungan antara bobot jenis limbah kayu dengan rendemen dinyatakan dengan diagram batang seperti diperlihatkan pada Gambar 6.

Limbah kayu berbobot jenis tinggi menghasilkan rendemen pulp yang rendah, karena limbah kayu berbobot jenis tinggi memiliki dinding serat yang lebih tebal dan susunan seratnya lebih rapat dibandingkan dengan limbah kayu berbobot

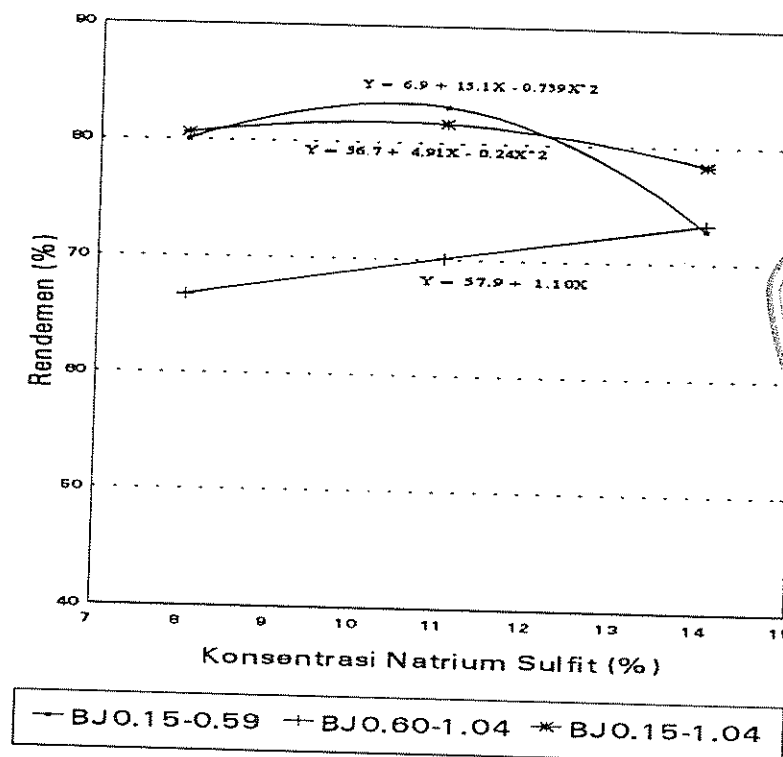
jenis rendah, sehingga penetrasi larutan kimia pemasak ke dalam struktur jaringan kayu berlangsung lebih sukar yang menyebabkan lignin lebih sukar larut. Selain itu pada saat penggilingan serat sukar terurai sehingga serat yang lolos saringan lebih sedikit.



Gambar 6. Rendemen pulp NSSC pada berbagai taraf bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit

Uji Jarak Duncan interaksi antara bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit (Lampiran 9) menunjukkan bahwa pemasakan dengan menggunakan konsentrasi natrium sulfit 8 persen dan 11 persen untuk kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.15 - 0.59 menghasilkan rendemen pulp tidak berbeda dengan yang dihasilkan oleh kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.15 - 1.04. Akan tetapi kedua kelompok limbah kayu tersebut menghasilkan rendemen pulp yang lebih tinggi dari rendemen pulp kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.60 - 1.04. Pemasakan dengan menggunakan konsentrasi natrium sulfit 14 persen untuk semua kelompok limbah kayu memiliki rendemen pulp tidak berbeda.

Pada Gambar 7 terlihat bahwa untuk kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.15 - 0.59 dan kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.15 - 1.04, peningkatan konsentrasi natrium sulfit dari 8 menjadi 11 persen menyebabkan rendemen pulp cenderung meningkat, sedangkan pemasakan dengan menggunakan konsentrasi natrium sulfit lebih besar dari konsentrasi natrium sulfit 11 persen, rendemen pulp cenderung menurun. Menurut Casey (1980) apabila konsentrasi larutan pemasak terlalu tinggi, maka larutan pemasak lebih intensif menyerang selulosa daripada lignin. Hal ini menyebabkan hasil pemasakan serpih memberikan rendemen pulp yang rendah.



Gambar 7. Pengaruh bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit terhadap rendemen pulp NSSC

Kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.60 - 1.04 apabila diolah dengan konsentrasi natrium sulfit yang semakin meningkat menghasilkan rendemen pulp yang cenderung semakin tinggi. Hal ini terjadi karena pada kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.60 - 1.04 yang diolah dengan konsentrasi natrium sulfit lebih besar dari 11 persen diduga belum terjadi degradasi selulosa dan delignifikasi cukup baik dibandingkan dengan penggunaan konsentrasi natrium sulfit lainnya.

Tabel 4. Hasil Uji Jarak Duncan dari pengaruh bobot jenis limbah kayu terhadap rendemen dan sifat fisik Pulp NSSC

Parameter	Uji Beda Nyata		
Rendemen (%)	80.20 A3	78.65 A1	70.03 A2
Indeks sobek (kPa m ² /g)	4.75 A2	4.25 A3	3.79 A1
Indeks retak (kPa m ² /g)	1.78 A1	1.65 A3	1.36 A2
Indeks Tarik	24.04 A3	22.74 A1	19.40 A2
Concora (kgf)	8.79 A3	6.99 A1	6.33 A2

Keterangan :

A1 = limbah kayu berbobot jenis 0.15 - 0.59

A2 = limbah kayu berbobot jenis 0.60 - 1.04

A3 = limbah kayu berbobot jenis 0.15 - 1.04

— = tidak berbeda nyata

B. BILANGAN KAPPA

Bilangan Kappa adalah parameter yang dapat digunakan untuk memperkirakan lignin yang masih dikandung pulp dari suatu hasil pemasakan. Lignin memberikan pengaruh yang kurang baik terhadap pulp, baik terhadap warna maupun sifat fisik (Casey, 1980). Bilangan kappa juga dapat memberikan indikasi tingkat kematangan pulp dan kondisi yang diberikan pada proses pemutihan. Bilangan kappa yang tinggi cenderung sulit untuk diputihkan.

Bilangan Kappa pulp yang diperoleh dari hasil pemasakan dengan menggunakan proses NSSC berkisar antara 45.90 - 48.97 (nilai rata-rata 47.06) (Tabel 2). Bilangan kappa yang diperoleh dari penelitian ini cukup tinggi. Pada umumnya pulp NSSC yang digunakan untuk pembuatan *corrugating medium* menginginkan bilangan kappa yang cukup tinggi. Hal ini karena untuk pembuatan jenis kertas tersebut dibutuhkan serat yang lebih kaku.

Berdasarkan Sidik Ragam (Tabel 3) ternyata bobot jenis limbah kayu, konsentrasi natrium sulfit dan interaksi kedua faktor tersebut tidak berpengaruh nyata terhadap bilangan kappa. Bilangan kappa yang tidak berbeda nyata diduga karena selama pemasakan limbah kayu terjadi tingkat delignifikasi yang sama.

C. SIFAT FISIK LEMBARAN PULP

1. Indeks Sobek

Ketahanan sobek adalah gaya dalam gram gaya (gf) atau milinewton (mN) yang diperlukan untuk menyobek kertas pada kondisi standar. Ketahanan sobek dinyatakan dalam indeks sobek yaitu milinewton dibagi dengan gramatur.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa indeks sobek pulp yang diperoleh berkisar antara 3.53-5.46 (Nm²/g) dengan nilai rata-rata 4.27 Nm²/g (Tabel 5).

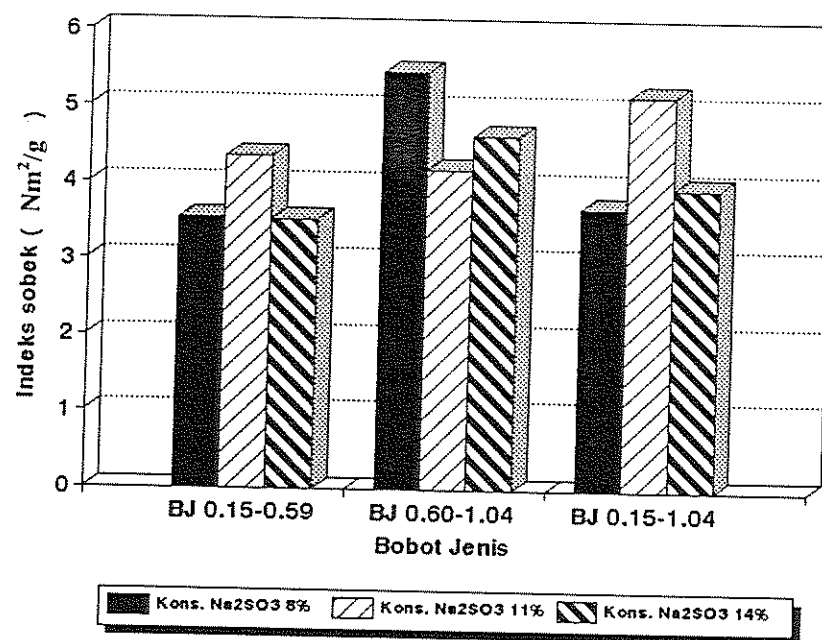
Sidik Ragam indeks sobek lembaran pulp (Tabel 6) menunjukkan bahwa bobot jenis limbah kayu berpengaruh nyata, sedangkan konsentrasi natrium sulfit tidak berpengaruh nyata. Interaksi antara bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit berpengaruh nyata.

Selanjutnya Uji Jarak Duncan (Tabel 4) pengaruh bobot jenis limbah kayu menunjukkan bahwa lembaran pulp kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.15 - 0.59 menghasilkan indeks sobek tidak berbeda dengan lembaran pulp kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.15 - 1.04. Indeks sobek lembaran pulp kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.60 - 1.04 (rata-rata 4.75 Nm^2/g) lebih tinggi dari lembaran pulp kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.15 - 0.59 (rata-rata 3.80 Nm^2/g).

Menurut Haygreen dan Bowyer (1989) indeks sobek lebih dipengaruhi oleh keterpaduan masing-masing serat dibandingkan oleh besarnya ikatan antar serat. Kayu berbobot jenis tinggi memiliki dinding sel yang tebal. Sel yang berdinding tebal memberikan kekuatan sobek yang tinggi dan mengandung selulosa yang lebih banyak. Kayu yang mengandung selulosa yang lebih banyak diharapkan mampu menghasilkan lembaran pulp yang memiliki indeks sobek yang lebih tinggi.

Uji Jarak Duncan terhadap interaksi bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit (Lampiran 10) menunjukkan kelompok limbah kayu dengan bobot jenis 0.15 - 0.59 apabila dimasak dengan menggunakan konsentrasi natrium sulfit 8 persen menghasilkan nilai indeks sobek lembaran pulp (rata-rata 6.42 Nm^2/g) tidak berbeda dengan nilai indeks sobek lembaran pulp kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.15 - 1.04 (rata-rata 6.73 Nm^2/g). Namun indeks sobek tertinggi dihasilkan dari lembaran pulp kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.60 - 1.04 (rata-rata 5.45 Nm^2/g). Ketiga kelompok limbah kayu apabila

diolah dengan menggunakan konsentrasi natrium sulfit 11 dan 14 persen memberikan nilai indeks sobek yang tidak berbeda. Indeks sobek lembaran pulp NSSC pada berbagai taraf bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Indeks sobek lembaran pulp NSSC pada berbagai taraf bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit

2. Indeks Retak

Ketahanan retak adalah gaya yang diperlukan untuk meretakkan selembur pulp dan diukur pada kondisi standar. Ketahanan retak biasa dinyatakan dalam indeks retak ($\text{kPa m}^2/\text{g}$) (Departemen Perindustrian, 1981).

Nilai indeks retak lembaran pulp yang diperoleh berkisar antara 0.76 - 2.07 ($\text{kPa m}^2/\text{g}$) dengan nilai rata-rata total 1.59 $\text{kPa m}^2/\text{g}$ (Tabel 5). Nilai rata-rata yang dihasilkan dari penelitian ini apabila dibandingkan dengan standar kertas medium PT Bekasi Teguh masih lebih rendah (Lampiran 13).

Tabel 5. Ikhtisar nilai rata-rata sifat fisik pulp NSSC

Bobot jenis Limbah kayu	Konst. natrium sulfit (%)	Indeks sobek (Nm ² /g)	Indeks retak (kPa m ² /g)	Indeks tarik (Nm/g)	Ring crush (kgf)	Concora (kgf)
0.15 - 0.59	8	3.53	1.69	23.21	10.44	6.42
	11	4.33	2.07	23.86	13.28	6.73
	14	3.52	1.57	21.16	10.55	7.83
Rata-rata		3.80	1.78	22.74	11.42	6.99
0.60 - 1.04	8	5.46	0.76	16.35	7.46	5.42
	11	4.17	1.71	22.87	12.99	7.62
	14	4.62	1.61	18.99	13.87	5.96
Rata-rata		4.75	1.65	19.40	11.44	6.33
0.15 - 1.04	8	3.68	1.49	21.69	10.34	6.24
	11	5.16	1.72	24.13	10.79	13.12
	14	3.94	1.74	26.69	12.17	7.28
Rata-rata		4.26	1.65	24.04	11.10	8.88
Rata-rata keseluruhan		4.27	1.59	22.07	11.32	7.40
Standar			2.3 ^a	25.65 ^a	12.5 ^b 8.8 ^c	6.3 ^b 4.4 ^c

Keterangan :

a = Berdasarkan PT Bekasi Teguh

b = SII 0.445-81 kertas medium kelas A

c = SII 0.445-81 kertas medium kelas B

Berdasarkan Sidik Ragam (Tabel 6) pengaruh bobot jenis limbah kayu, konsentrasi natrium sulfit dan interaksi kedua faktor tersebut terhadap indeks retak berpengaruh sangat nyata.

Uji Jarak Duncan terhadap pengaruh bobot jenis limbah kayu (Tabel 4) menunjukkan bahwa lembaran pulp kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.15 - 0.59 menghasilkan indeks retak tertinggi (rata-rata 1.75 kPa m²/g). Indeks retak lembaran pulp kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.60 - 1.04 (rata-rata 1.36 kPa m²/g) lebih rendah dari lembaran pulp kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.15 - 1.04 (rata-rata 1.65 kPa m²/g).

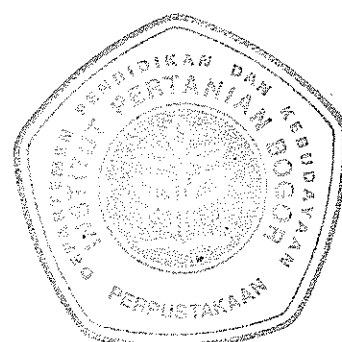
Tabel 6. Analisis Keragaman sifat fisik pulp NSSC

Respon	Sumber Perlakuan	db	JK	KT	F-hit	F-tabel 5% 1%
Indeks sobek	A	2	2.739	1.370	6.776*	4.26 8.02
	B	2	0.852	0.426	2.108	4.26 8.02
	AB	4	4.209	1.052	5.205*	4.26 8.02
	Galat	9	1.819	0.202		
Total		17	9.618			
Indeks retak	A	2	0.552	0.276	20.572**	4.26 8.02
	B	2	0.835	0.417	31.091**	4.26 8.02
	AB	4	0.598	0.146	11.141**	4.26 8.02
	Galat	9	0.121	0.013		
Total		17	2.106			
Indeks tarik	A	2	68.579	34.289	8.262*	4.26 8.02
	B	2	30.878	15.439	3.720	4.26 8.02
	AB	4	41.260	10.315	2.486	4.26 8.02
	Galat	9	37.351	4.150		
Total		17	178.067			
Ring crush	A	2	0.428	0.215	0.916	4.26 8.02
	B	2	32.792	16.396	6.743*	4.26 8.02
	AB	4	29.475	7.368	3.031	4.26 8.02
	Galat	9	21.883	2.431		
Total		17	84.579			
Concora	A	2	20.983	10.491	8.064**	4.26 8.02
	B	2	30.690	25.345	11.794**	4.26 8.02
	AB	4	31.796	7.949	6.110*	4.26 8.02
	Galat	9	11.7096	1.301		
Total		17	95.1788			

Keterangan :

**) berpengaruh sangat nyata

*) berpengaruh nyata

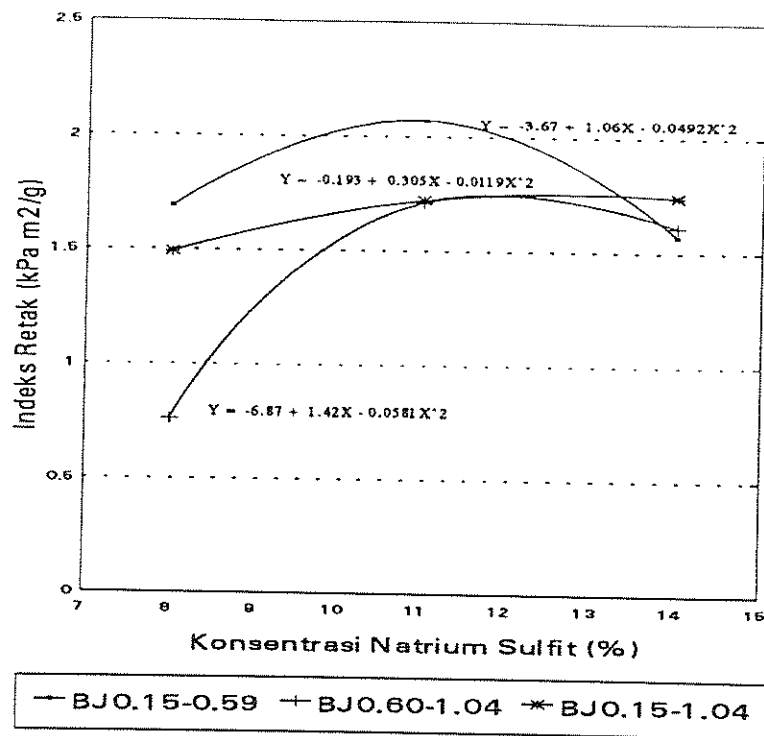


Kayu dengan bobot jenis tinggi pada saat penggilingan akan sukar "collapse" dan akan membentuk permukaan serat yang tidak luas. Sehingga cenderung membentuk anyaman dan ikatan antar serat kurang sempurna pada pembentukan lembaran. Hal ini menyebabkan menurunnya nilai indeks retak.

Hasil Uji Jarak Duncan pengaruh konsentrasi natrium sulfit (Tabel 7) menunjukkan bahwa pemasakan dengan menggunakan konsentrasi natrium sulfit 14 persen (rata-rata 1.64 kPa m²/g) lebih tinggi dari pemasakan dengan menggunakan konsentrasi natrium sulfit 8 persen (rata-rata 1.31 kPa m²/g). Akan tetapi nilai tersebut lebih rendah dari pemasakan dengan menggunakan konsentrasi 11 persen (rata-rata 1.83 kPa m²/g).

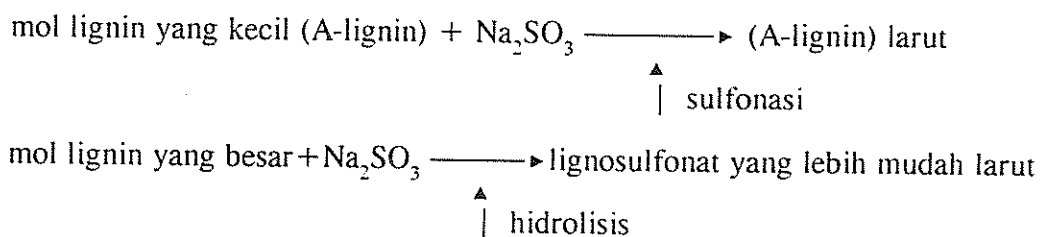
Pada Gambar 9 memperlihatkan bahwa pemasakan dengan menggunakan konsentrasi natrium sulfit dari 8 persen menjadi 11 persen cenderung meningkatkan nilai indeks retak. Hal ini karena adanya reaksi sulfonasi dan pelarutan lignin yang menyebabkan serat menjadi mudah terfibrilasi pada saat penggilingan. Dengan demikian akan dihasilkan anyaman antar serat yang lebih sempurna pada saat pembentukan lembaran.

Selanjutnya pemasakan dengan menggunakan konsentrasi natrium sulfit 14 persen menurunkan indeks retak. Hal ini diduga karena pada konsentrasi natrium sulfit tersebut dinding serat menjadi lebih tipis dan kekuatan serat lebih rendah, sehingga pada saat penggilingan serat akan terpotong menjadi lebih pendek. Serat yang pendek akan menyebabkan kontak antar serat kurang sempurna (Casey, 1980).



Gambar 9. Pengaruh bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit terhadap indeks retak lembaran pulp NSSC

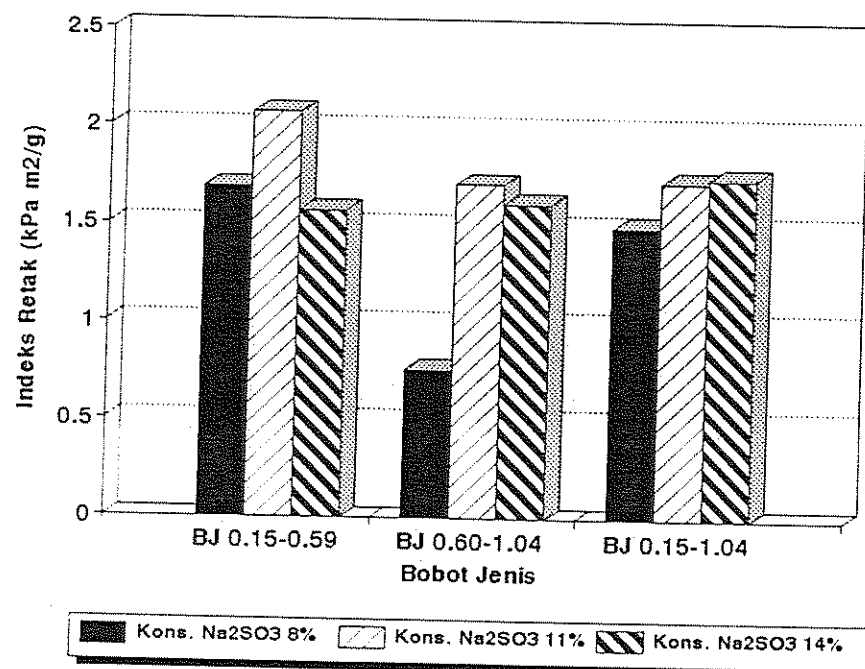
Pada proses semikimia sulfit netral, pelarutan lignin dilakukan dua tahap yaitu proses sulfonasi yang diikuti proses hidrolisis. Reaksi kimia yang terjadi pada proses NSSC adalah:



Gambar 10. Reaksi kimia yang terjadi pada proses NSSC (Rydholm, 1965)

Selain dari faktor bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit indeks retak juga dipengaruhi oleh interaksi kedua faktor tersebut. Hasil Uji Lanjut Duncan (Lampiran 11) interaksi bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit menunjukkan pemasakan dengan menggunakan konsentrasi

natrium sulfit 8 persen untuk lembaran pulp kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.15 - 0.59 (rata-rata 1.69 kPa m²/g) menghasilkan indeks retak yang tidak berbeda dengan indeks retak lembaran pulp kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.15 - 1.04 (rata-rata 1.49 kPa m²/g). Nilai indeks retak terendah diperoleh dari lembaran pulp limbah kayu berbobot jenis 0.60 - 1.04 (rata-rata 0.76 kPa m²/g). Lembaran pulp kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.15 - 0.59 apabila diolah dengan larutan natrium sulfit dengan konsentrasi 11 persen menghasilkan nilai indeks retak tertinggi (2.07 kPa m²/g). Sedangkan pemasakan dengan menggunakan konsentrasi natrium sulfit 14 persen untuk semua kelompok limbah kayu menghasilkan nilai indeks retak yang tidak berbeda. Keadaan tersebut diatas digambarkan diagram batang seperti terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Indeks retak lembaran pulp NSSC pada berbagai taraf bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit

3. Indeks Tarik

Ketahanan tarik adalah daya tahan lembaran kertas terhadap gaya tarik yang bekerja pada kedua ujung kertas. Ketahanan tarik dinyatakan dalam indeks tarik (Nm/g).

Nilai indeks tarik lembaran pulp NSSC yang dihasilkan berkisar antara 16.35 - 26.29 Nm/g, dengan nilai rata-rata total 22.07 Nm/g (Tabel 5). Nilai indeks tarik yang dihasilkan dari penelitian ini masih dibawah standar kertas medium yang ditetapkan oleh PT Bekasi Teguh (25.65 Nm/g).

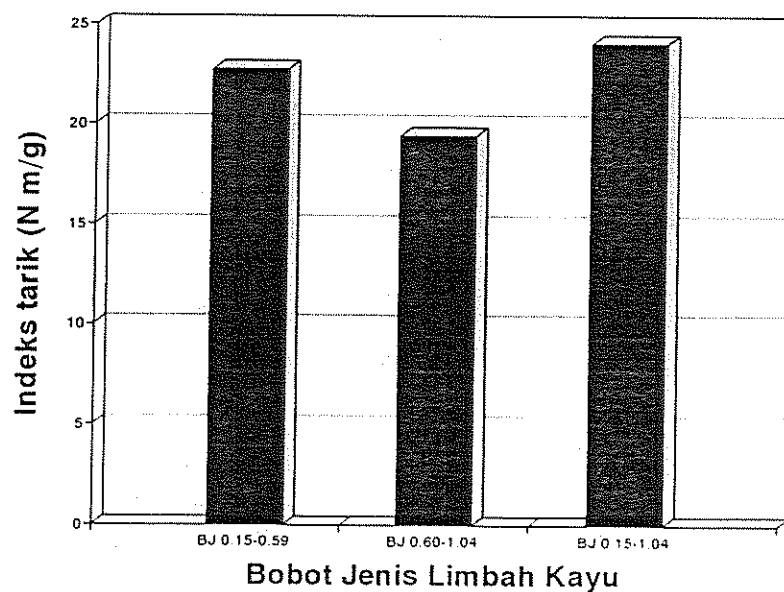
Sidik Ragam (Tabel 6) menunjukkan bahwa bobot jenis limbah kayu berpengaruh nyata terhadap indeks tarik. sedangkan konsentrasi natrium sulfat dan interaksi kedua faktor tersebut tidak berpengaruh nyata.

Hasil Uji Jarak Duncan terhadap indeks tarik (Tabel 4) menunjukkan bahwa indeks tarik lembaran pulp kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.60 - 1.04 (rata-rata 19.40 Nm/g) lebih kecil dari nilai indeks tarik lembaran pulp kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.15 - 0.59 (rata-rata 22.74 Nm/g). Nilai indeks tarik lembaran pulp kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.15 - 0.59 tidak berbeda dengan indeks tarik lembaran pulp kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.15 - 1.04 (rata-rata 24.04 Nm/g). Gambar 12 memperlihatkan diagram hubungan antara bobot jenis limbah kayu dan indeks tarik.

Seperti halnya indeks retak, indeks tarik dipengaruhi pula oleh bobot jenis kayu. Alaudin dan Triyanto (1979) menyatakan bahwa kayu dengan bobot jenis tinggi memiliki sel-sel berdinding tebal. Hal ini akan menyebabkan bertambahnya bilangan Runkel. Selanjutnya Higgin et al. (1973) didalam Alaudin dan Triyanto (1979) menerangkan bahwa bilangan Runkel R ini sangat menentukan ketahanan serat terhadap gaya luar (penggilingan, pengepresan dan

pengeringan). Serat berdinding tebal sukar digiling dibandingkan serat berdinding tipis. Makin tinggi nilai R, makin tahan serat terhadap pengaruh tersebut, sehingga menyebabkan serat akan lebih sukar dibentuk pada proses pembuatan kertas. Dinding serat yang tebal akan mempersukar proses penggilingan sehingga serat sulit terfibrilasi. Hal ini akan mempengaruhi daya ikat antar serat, sehingga berpengaruh pula terhadap sifat kertas yang dihasilkan.

Serat-serat tebal memiliki potensi ikatan serat yang rendah. Hal ini karena lembaran pulp dibuat atas dasar berat, yang berarti bila serat berdinding tebal maka jumlah serat dalam suatu lembaran menjadi lebih sedikit. Selain itu serat berdinding tebal memiliki luas permukaan yang lebih kecil daripada serat berdinding tipis. Dengan demikian indeks tarik yang dihasilkan oleh lembaran pulp limbah kayu bobot jenis 0.60 - 1.04 menjadi kecil.



Gambar 12. Hubungan antara bobot jenis limbah kayu dengan Indeks tarik lembaran pulp NSSC

4. Ring Crush

Ring crush adalah daya tahan maksimum tepi lingkar jalur kertas dan karton terhadap suatu gaya tekan dinyatakan dalam kilogram gaya (kgf).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *ring crush* lembaran pulp NSSC yang diperoleh berkisar antara 7.46 - 13.87 kgf, dengan nilai rata-rata total 11.32 kgf (Tabel 5). Nilai rata-rata *ring crush* yang dihasilkan tersebut lebih rendah daripada nilai *ring crush* yang ditetapkan oleh SII.0445-81 untuk kertas medium gramatur 125 g/m² yaitu 12.5 kgf, tetapi bila dibandingkan dengan kertas medium kelas B (8.8 kgf) nilai tersebut memenuhi kriteria kertas medium kelas B.

Berdasarkan Sidik Ragam (Tabel 6) terhadap nilai *ring crush* menunjukkan bahwa konsentrasi natrium sulfit berpengaruh nyata, sedangkan bobot jenis limbah kayu dan interaksinya tidak berpengaruh nyata.

Tabel 7. Hasil Uji Jarak Duncan dari pengaruh konsentrasi natrium sulfit terhadap sifat fisik pulp NSSC

Parameter	Uji Beda Nyata		
Indeks retak (kPa m ² /g)	1.31 B1	1.64 B3	1.83 B2
<i>Ring crush</i> (kgf)	9.41 B1	12.19 B3	12.35 B2
<i>Concora</i> (kgf)	6.03 B1	7.02 B3	9.16 B2

Keterangan:

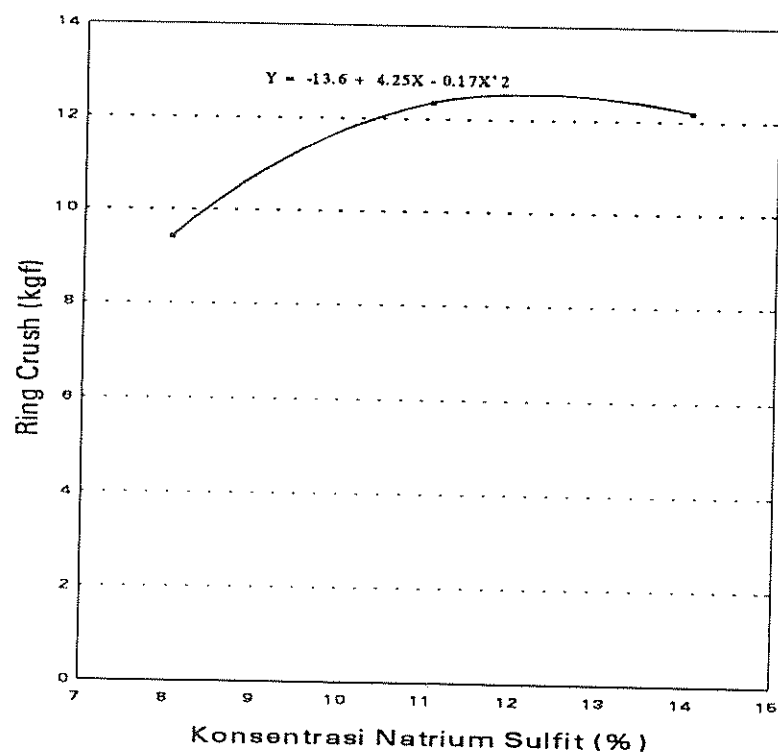
B1 = konsentrasi natrium sulfit 8 %

B2 = konsentrasi natrium sulfit 11 %

B3 = konsentrasi natrium sulfit 14 %

— = tidak berbeda nyata

Hasil Uji Lanjut Duncan (Tabel 7) menunjukkan bahwa nilai *ring crush* untuk kelompok limbah kayu yang diolah dengan menggunakan konsentrasi natrium sulfit 11 persen (rata-rata 12.35 kgf) tidak berbeda dengan pemasakan yang menggunakan konsentrasi natrium sulfit 14 persen (rata-rata 12.19 kgf). Akan tetapi pemasakan dengan menggunakan kedua taraf konsentrasi natrium sulfit tersebut memberikan nilai *ring crush* lebih tinggi dari pada pemasakan dengan menggunakan konsentrasi natrium sulfit 8 persen (rata-rata 9.41 kgf). Hubungan antara konsentrasi natrium sulfit dan *ring crush* dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Hubungan antara konsentrasi natrium sulfit dengan nilai *ring crush* lembaran pulp NSSC

Penambahan konsentrasi natrium sulfit dapat mengurangi kekakuan serat, sehingga pada saat penggilingan serat lebih mudah terfibrilisasi dan memipih. Hal ini menyebabkan luas permukaan antar serat menjadi lebih luas, sehingga ikatan antar serat menjadi kuat pada saat pembentukan lembaran. Selain itu diduga terdapat kandungan hemiselulosa yang cukup tinggi.

5. *Concora*

Concora adalah daya tahan permukaan karton gelombang atau kertas medium yang digelombangkan terhadap suatu gaya tekan yang dinyatakan dalam satuan kilogram gaya (kgf).

Nilai *concora* yang dihasilkan oleh lembaran pulp NSSC berkisar antara 5.42 - 13.12 kgf, dengan nilai rata-rata total 7.4 kgf (Tabel 4). Bila dibandingkan dengan SII.0445 - 81 untuk kertas medium gramatur 125 g/m² nilai *concora* yang dihasilkan berada diatas nilai SII untuk kertas medium kelas A yaitu 6.3 kgf.

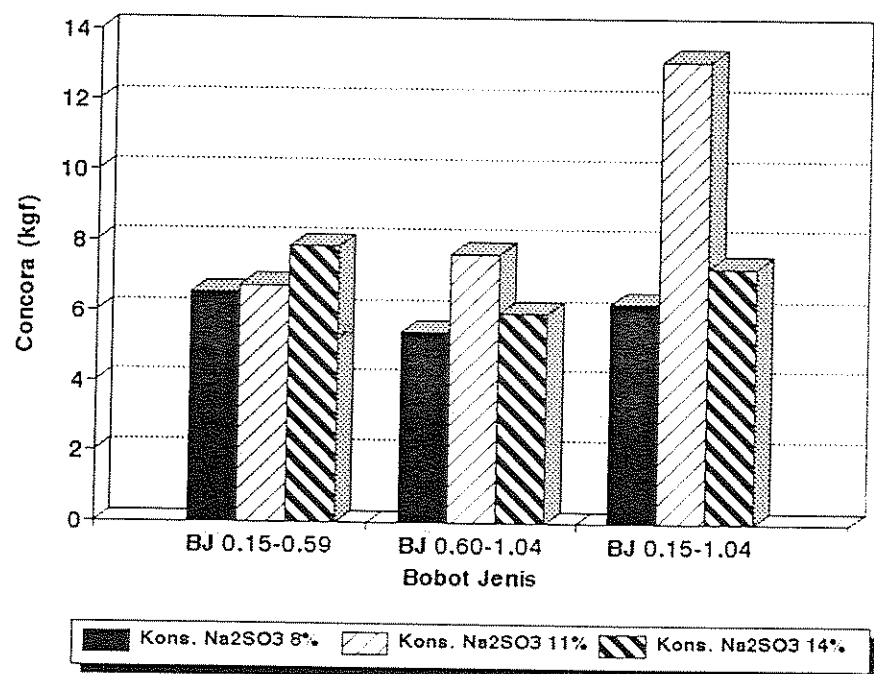
Berdasarkan Sidik Ragam (Tabel 6) terhadap nilai *concora* terlihat bahwa bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit berpengaruh sangat nyata sedangkan interaksi berpengaruh nyata.

Hasil Uji Lanjut Duncan (Tabel 4) menunjukkan nilai *concora* lembaran pulp kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.15 - 0.59 (rata-rata 6.99 kgf) tidak berbeda dengan nilai *concora* lembaran pulp kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.60 - 1.04 (rata-rata 6.33 kgf). Nilai *concora* tertinggi dihasilkan dari lembaran pulp kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.15 - 1.04 (rata-rata 8.87 kgf).

Selanjutnya Uji Jarak Duncan (Tabel 7) pengaruh konsentrasi terhadap nilai *concora* menunjukkan bahwa nilai *concora* yang diolah dengan mengguna-

kan konsentrasi natrium sulfit 8 persen (rata-rata 6.03 kgf) tidak berbeda dengan nilai *concora* yang diolah dengan menggunakan konsentrasi 14 persen (rata-rata 7.02 kgf). Namun nilai *concora* tertinggi dihasilkan dari pemasakan dengan menggunakan konsentrasi natrium sulfit 11 persen (rata-rata 9.15 kgf).

Uji Jarak Duncan (Lampiran 12) terhadap interaksi antara bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit menunjukkan bahwa lembaran pulp kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.15 - 1.04 dengan konsentrasi natrium 11 persen (rata-rata 9.15 kgf) lebih tinggi daripada nilai *concora* lembaran pulp untuk semua taraf perlakuan.



Gambar 14. Nilai *concora* lembaran pulp NSSC pada berbagai taraf bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit

Pada Gambar 14 terlihat bahwa kondisi optimum dihasilkan dari lembaran pulp kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.15 - 1.04 dengan menggunakan konsentrasi natrium sulfit 11 persen. Hal ini diduga pada kondisi tersebut terjadi proses fibrilisasi yang baik sehingga pada saat pembentukan lembaran akan dihasilkan ikatan antar serat yang kuat. Selain itu lembaran pulp kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.15 - 1.04 diduga memiliki sifat serat yang baik dibandingkan dengan lembaran pulp lainnya. Menurut Pasaribu dan Purba (1986) pulp hasil pengolahan kayu campuran memiliki sifat fisik yang baik karena terbentuknya suatu kombinasi antara sifat yang saling mengisi dari kayu yang diolah.



V. KESIMPULAN

A. KESIMPULAN

Hasil pemasakan limbah kayu dengan proses NSSC berdasarkan pengelompokan bobot jenis menghasilkan rendemen pulp berkisar antara 66.68 - 83.09 persen. Hasil tersebut memenuhi syarat rendemen pulp semi kimia. Bilangan kappa yang dihasilkan berkisar antara 45.90 - 48.97. Bobot jenis limbah kayu, konsentrasi natrium sulfit dan interaksi kedua faktor tersebut tidak berpengaruh nyata terhadap bilangan kappa.

Indeks sobek lembaran pulp NSSC berkisar antara 3.53 - 5.46 Nm^2/g . Bobot jenis limbah kayu dan interaksi antara bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit berpengaruh nyata terhadap indeks sobek, sedangkan konsentrasi natrium sulfit tidak berpengaruh nyata. Nilai indeks sobek tertinggi diperoleh dari lembaran pulp kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.60 - 1.04 yang diolah dengan menggunakan konsentrasi natrium sulfit 8 persen. (4.75 Nm^2).

Nilai indeks retak lembaran pulp berkisar antara 0.76 - 2.07 ($\text{kPa m}^2/\text{g}$). Bobot jenis limbah kayu, konsentrasi natrium sulfit dan interaksinya berpengaruh sangat nyata terhadap indeks retak. Nilai indeks retak tertinggi diperoleh dari kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.15 - 0.59 yang diolah dengan konsentrasi natrium sulfit 11 persen (2.07 $\text{kPa m}^2/\text{g}$).

Nilai indeks tarik lembaran pulp NSSC berkisar antara 16.35 - 26.29 Nm/g . Bobot jenis limbah kayu berpengaruh nyata terhadap indeks tarik, sedangkan konsentrasi natrium sulfit dan interaksinya tidak berpengaruh nyata. Indeks tarik tertinggi diperoleh dari lembaran pulp kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.15 - 1.04 (24.04 Nm/g).

Nilai *ring crush* lembaran pulp NSSC berkisar antara 7.46 - 13.87 kgf dengan nilai rata-rata 11.32 kgf. Nilai *ring crush* yang diperoleh bila

dibandingkan dengan SII.0445 - 81 termasuk kertas medium kelas B. Konsentrasi natrium sulfit berpengaruh nyata terhadap nilai *ring crush* sedangkan bobot jenis limbah kayu dan interaksi kedua faktor tersebut tidak berpengaruh nyata. Nilai *ring crush* tertinggi diperoleh dari lembaran pulp yang diolah dengan menggunakan konsentrasi natrium sulfit 11 persen (12.35 kgf).

Nilai *concora* lembaran pulp NSSC berkisar antara 5.42 - 13.12 kgf dengan nilai rata-rata 7.4 kgf. Nilai *concora* tersebut lebih tinggi dari nilai *concora* yang ditetapkan oleh SII.0445 - 81, yaitu sebesar 6.3 kgf. Bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit berpengaruh sangat nyata, sedangkan interaksi kedua faktor tersebut berpengaruh nyata terhadap nilai *concora*. Nilai *concora* tertinggi dihasilkan dari kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.15 - 1.04 yang diolah dengan menggunakan konsentrasi natrium sulfit 11 persen (13.12 kgf).

Secara umum kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.15 - 0.59 dan kelompok limbah kayu berbobot jenis 0.15 - 1.04 menghasilkan pulp dengan rendemen, indeks retak, indeks tarik dan nilai *concora* yang lebih tinggi daripada kelompok limbah kayu dengan bobot jenis 0.60 - 1.04 .

Dilihat dari kenaikan konsentrasi natrium sulfit, kualitas pulp terbaik diperoleh pada pemasakan dengan menggunakan konsentrasi natrium sulfit sebesar 11 persen. Hal ini dapat dilihat dari beberapa parameter yang diamati dan tingginya nilai rendemen pulp, indeks retak, nilai *ring crush* dan nilai *concora*.

B. SARAN

Untuk meningkatkan mutu lembaran pulp NSSC terutama indeks retak dan indeks tarik perlu kiranya dilakukan penelitian lebih lanjut pemanfaatan limbah kayu menjadi produk kertas medium dengan menggunakan bahan pengisi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaudin. 1975. Pembuatan Pulp Merang dengan Proses NSSC. Berita Selulosa. No. 4. Balai Besar Selulosa, Bandung.
- Alaudin dan Triyanto, 1979. Pengaruh Berat Jenis Kayu Daun Terhadap Sifat-Sifat Pulpnya. Berita Selulosa No 2. Balai Besar Selulosa, Bandung.
- Anonim. 1995. Menperin: Soal Kertas Sabar Dulu. Kompas, 15/5/1995.
- Casey, J.P. 1966. Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology. Second edition Vol.I, Pulping and Bleaching. Interscience Publisher Inc., New York.
- . 1980. Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology. 3rd Edition. Vol. I. John Wiley and Sons, New York.
- Cahyono, B. 1986. Tinjauan Hasil-hasil Penelitian Pembuatan Pulp di Indonesia. Skripsi. Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.
- Departemen Perindustrian RI. 1981. Spesifikasi Kertas Medium, SII No. 0445 - 81. Departemen Perindustrian RI, Jakarta.
- Departemen Kehutanan. 1993. Statistik Kehutanan. Departemen Kehutanan RI Kantor Wilayah Propinsi Jambi, Jambi.
- Departemen Kehutanan. 1995. Statistik Kehutanan Indonesia 1993/1994. Sekretariat Jenderal Departemen Kehutanan, Jakarta.
- Departemen Perindustrian. 1995. Pulp dan Kertas. Pusat Data dan Informasi. Departemen Perindustrian RI, Jakarta.
- Hartoyo. 1989. Kimia Kayu. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor.
- Haygreen, J.G. dan J.L. Bowyer. 1989. Hasil Hutan dan Ilmu Kayu. Terjemahan. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Judodibroto, R. dan Sutamat. 1977. Kesatuan Istilah dan Ukuran Kertas. Team Standarisasi APKI, Jakarta.
- Joedodibroto, R. 1973. Pembuatan Pulp Rendemen Tinggi I. Suatu Tinjauan Pendahuluan. Berita Selulosa IX(3) : 135 - 138.
- Kocurek, M.J. 1983. Pulp and paper Manufacture, Properties of Fibrous. Vol.I: Raw Material and Their Preparation. Joint Text Book Committee of Paper Industry, New York.
- Libby, C. E. 1962. Pulp and Paper Sciences and Technology. McGraw Hill Book Company, New York.

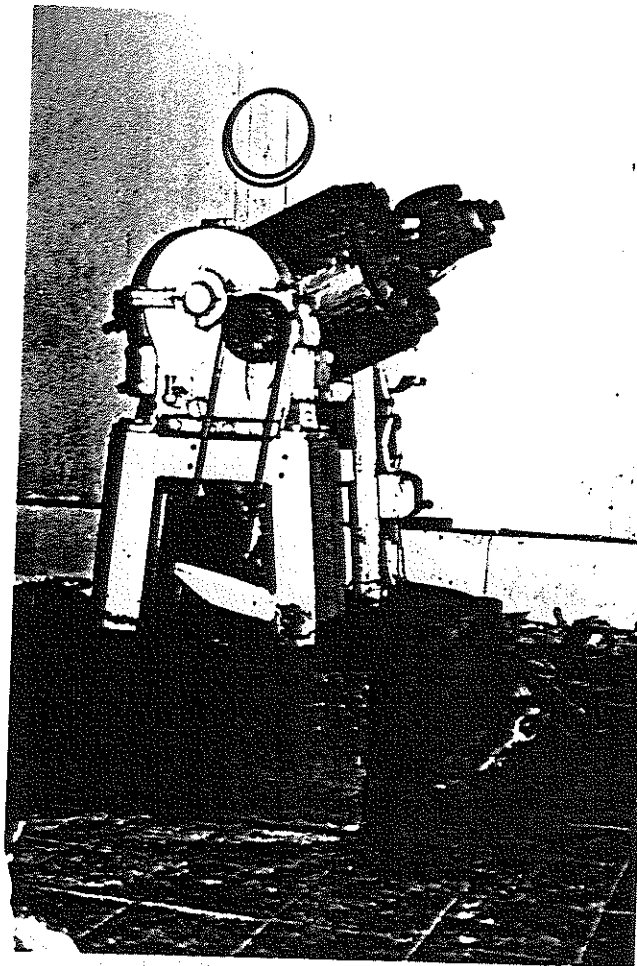
- MacDonald, R.G. dan J.N. Franklin. 1969. Pulp and Paper Manufacture. Volume I: The Pulping Wood. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Mariantina, R. 1992. Mempelajari Aspek Pengawasan Mutu Produk Jadi Kertas Medium Di PT Kertas Bekasi Teguh. Laporan Praktek Lapang. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Mc. Govern, J.N. 1970. Semichemical Pulping. Di dalam K.W. Britt. Handbook of Pulp and Paper Technology. Van Nostrand Reinhold Company, new York.
- Muliah. 1983. Potensi Limbah Kayu di Daerah Tingkat I Jambi. Simposium Selulosa dan Kertas V. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Selulosa, Bandung.
- Panshin, A.J., E.S. Harrar, J.S. Bethel and W.J. Baker. 1962. Forest Products Their Sources, Production and Utilization. MacGraw-Hill Book co.. New York.
- Panshin, A.J. dan C.D. Zeeuw. 1980. Textbook of Wood Technology. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Pasaribu, R.A. dan Silitonga. 1977. Percobaan Pengolahan Kayu Daun Lebar Campuran Sebagai Bahan Baku Pulp dan Kertas. Laporan No 100. Lembaga Penelitian Hasil Hutan, Bogor.
- Pasaribu, R.A. dan K. Purba. 1986. Pengaruh Keasaman Bahan Pembentukan Lembaran Terhadap Sifat Papan Serat Berke-rapatan Sedang. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. 1 (3): 15 - 19.
- Purba, K. 1979. Masalah Teknologi Hasil Pertanian di PT Guru Indonesia Jakarta. Laporan Praktek Umum. Fakultas Mekanisasi dan Teknologi Hasil Pertanian, IPB. Bogor. Tidak diterbitkan.
- Rombe, Y.L., S. Rahardjo dan Sudarsono. 1982. Jenis-jenis Pohon Disusun Berdasarkan Nama Daerah dan Nama Botaninya. Direktorat Bina Program Kehutanan, Dirjen Kehutanan, Departemen Pertanian, Jakarta.
- Rudiatin S., L. Indriati dan R. Sujono. 1985. Pulp Jerami untuk Kertas Medium. Simposium Selulosa dan Kertas VII. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Selulosa, Bandung.
- Rydholm, S.A. 1965. Pulping Process. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Siagian, E.M. 1989. Pengolahan Pulp Semikimia dan Kimia Mekanis. Disajikan dalam Alih Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Industri Pulp Kertas dan Papan Serat. Bogor, Oktober 1989.
- Simarmata dan Sastrodimedjo. 1981. Limbah Eksploitasi. Proceedings Diskusi Industri Perakayuan. Balai Penelitian Hasil Hutan, Bogor.
- Soedrajat. 1979. Kimia Kayu. Fatemeta, IPB, Bogor.

LAMP IRAN

Lampiran 1. Spesifikasi bahan baku penelitian

No.	Jenis kayu	Nama Botani	Bobot Jenis
1.	MerantiBungo	<i>Shorea teysmannia Dyer</i>	0.27
2.	Petaling	<i>Ochanostachys amentaceae Mast</i>	0.87
3.	Rambutan Hutan	<i>Nephelium lappaceum L.</i>	0.92
4.	Medang Labu	<i>Dehaesia</i>	0.50
5.	Arang-arang	<i>Diospyros bantamensis</i>	0.49
6.	Mentebu	-	0.62
7.	Kelat	<i>Euginia</i>	0.82
8.	Kedondong	<i>Pentaspadon motleyi Hook f</i>	0.85
9.	Kayu Asam	-	0.74
10.	Rahang	-	0.28
11.	Merawan	<i>Hopea dryobalanoides Miq</i>	0.53
12.	Jelutung	<i>Dyera costulata Hook f</i>	0.30
13.	Meranti Merah	<i>Shorea parvifolia Dyer</i>	0.36
14.	Merpayang	<i>Rhodamnia cinerea Jack</i>	0.55
15.	Medang	<i>Dehaasia</i>	0.62
16.	Balam	<i>Palaquim rostratum Burck</i>	0.49
17.	Petaling Malasia	-	1.01
18.	Menggeris	<i>Kommpassia malaccencis Maing</i>	0.88
19.	Meranti Kuning	<i>Shorea hopaifolia Sym</i>	0.67
20.	Bintangur	<i>Calophyllum inophylloides King</i>	0.71

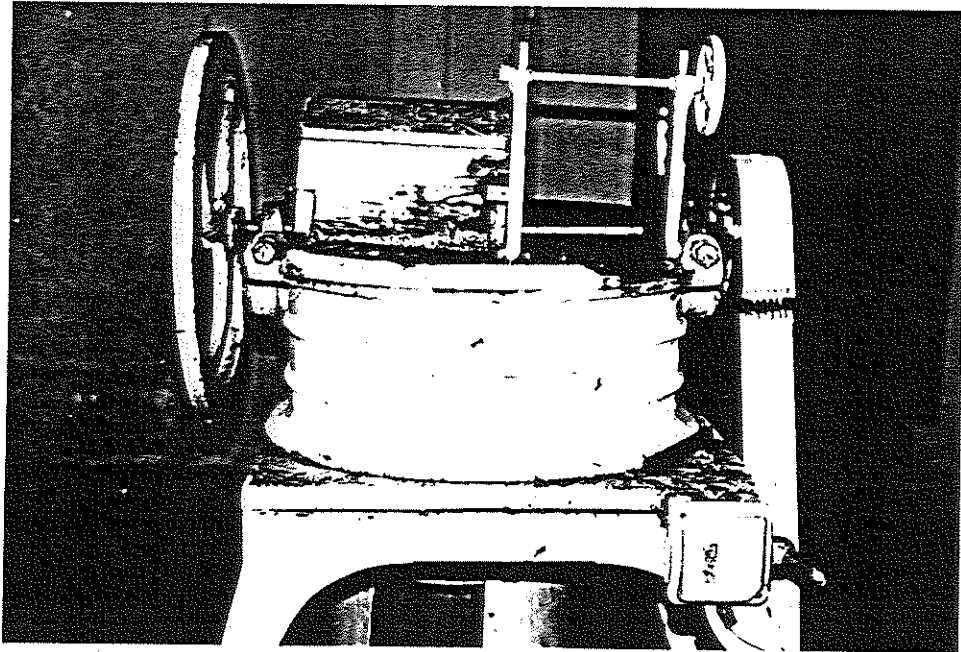
Lampiran 2. Peralatan yang digunakan dalam pembuatan pulp NSSC



Gambar 15. *Rotary Digester*

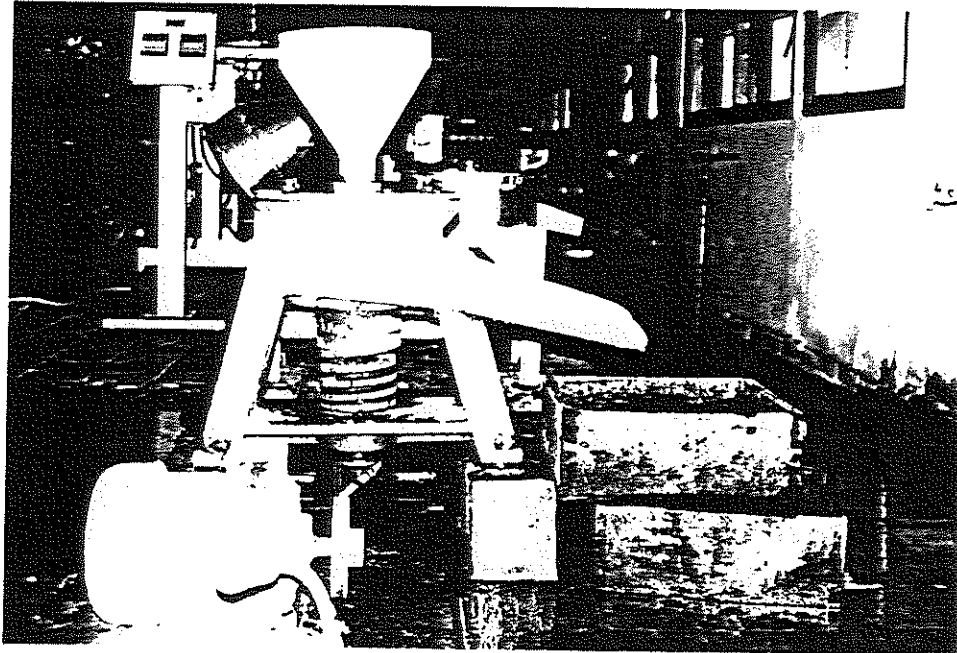


Lampiran 2. Lanjutan

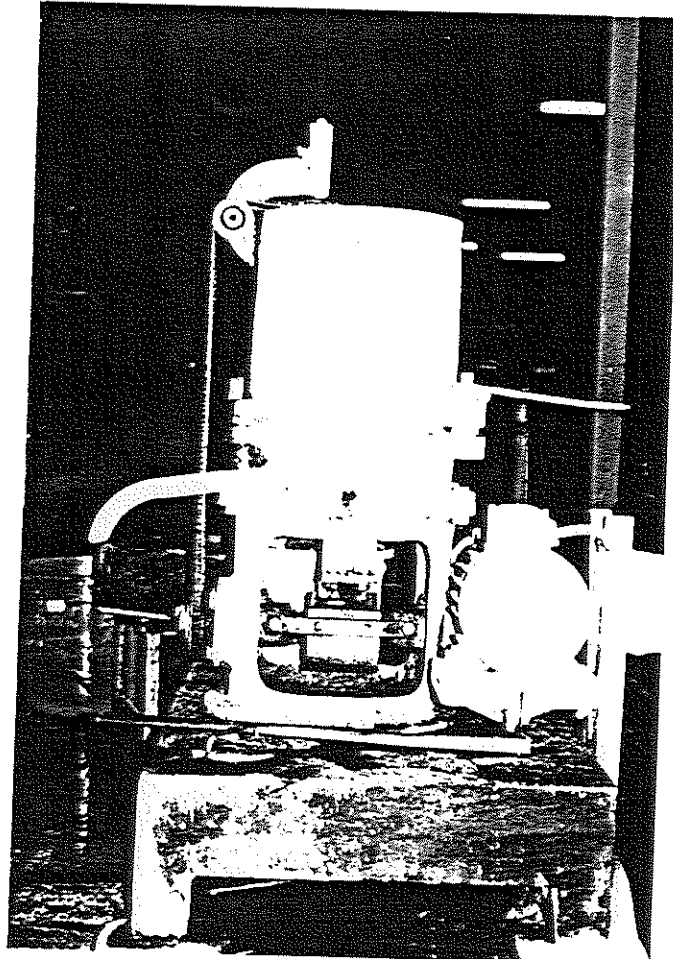


Gambar 16. *Beater Hollander*

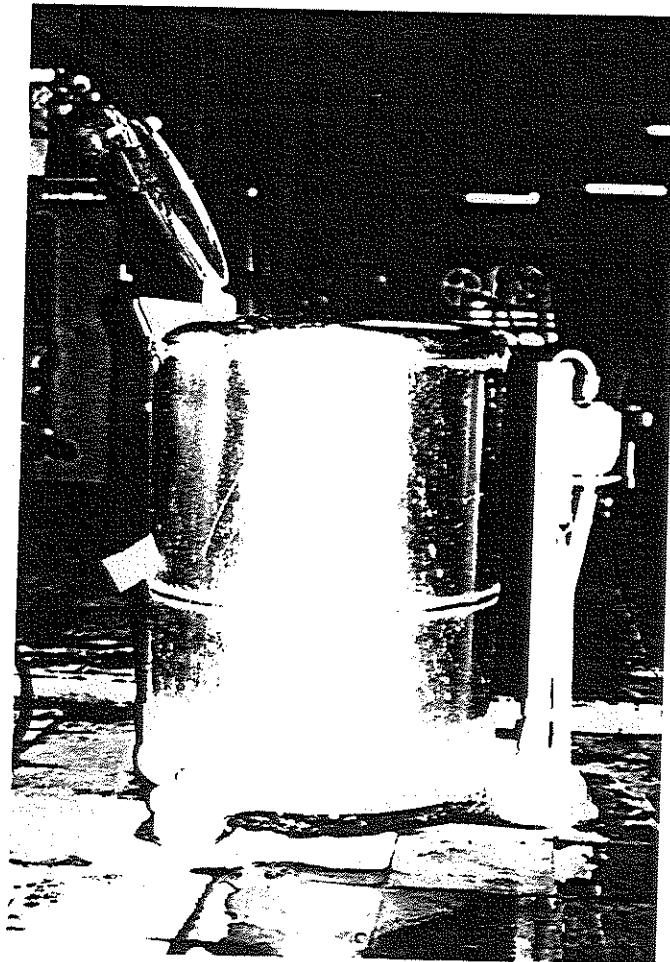
Lampiran 2. Lanjutan

Gambar 17. *Stone Refiner*

Lampiran 2. Lanjutan

Gambar 18. *Screener*

Lampiran 2. Lanjutan



Gambar 19. Sentrifus

Lampiran 4. Perhitungan pemakaian larutan Na_2SO_3 , Na_2CO_3 dan air

Kondisi pemasakan :

$$\text{Persentase } \text{Na}_2\text{SO}_3 = a \%$$

$$\text{Persentase } \text{Na}_2\text{CO}_3 = b \%$$

Contoh serpih :

$$\text{Berat kering udara} = c \text{ gram}$$

$$\text{Berat kering oven} = d \text{ gram}$$

$$\text{Kandungan air} = e \text{ gram} = e \text{ ml}$$

$$\text{Perbandingan kayu : larutan} = p$$

$$\text{Total kebutuhan larutan } \text{Na}_2\text{SO}_3 =$$

$$\frac{a \times d}{268.758} \times 1000 \text{ ml} = x \text{ ml } \text{Na}_2\text{SO}_3$$

$$\text{Total kebutuhan larutan } \text{Na}_2\text{CO}_3 =$$

$$\frac{b \times d}{359.34} \times 1000 \text{ ml} = y \text{ ml } \text{Na}_2\text{CO}_3$$

$$\text{Jumlah seluruh larutan pemasak} = p \times d = A \text{ ml}$$

$$\text{Jumlah air yang harus ditambahkan} = A - (e + x + y)$$

Lampiran 4. Lanjutan

Contoh perhitungan larutan Na_2SO_3 , Na_2CO_3 dan air yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

Banyaknya larutan Na_2SO_3 8 persen yang dibutuhkan:

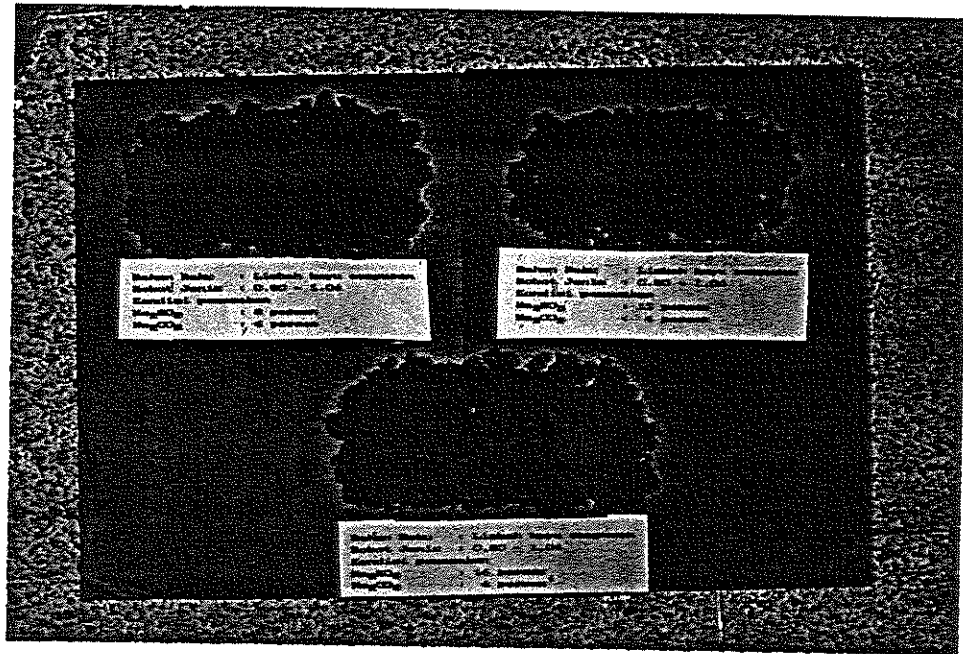
$$\frac{8\% \times 800 \text{ g}}{268.758 \text{ g/L}} \times 1000 \text{ ml} = 238.13 \text{ ml}$$

Banyaknya larutan Na_2CO_3 4 persen yang dibutuhkan:

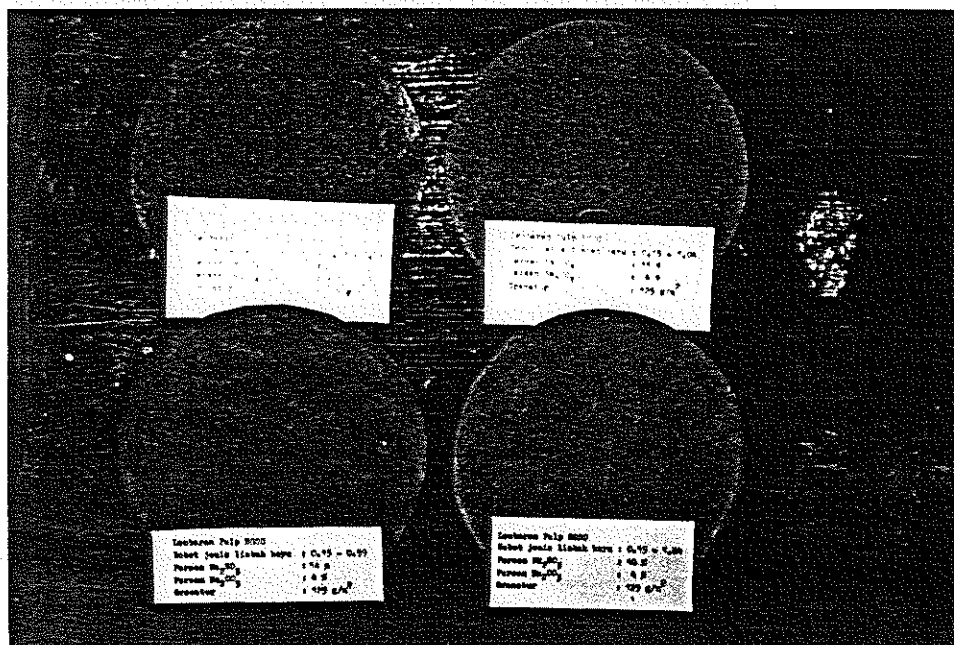
$$\frac{4\% \times 800 \text{ g}}{359.34 \text{ g/L}} \times 1000 \text{ ml} = 89 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \text{Air yang ditambahkan} &= 3200 - 238.13 - 89 - 276.2 \\ &= 2596.67 \text{ ml} \end{aligned}$$

Lampiran 5. Gambar contoh pulp NSSC



Lampiran 6. Gambar contoh lembaran pulp NSSC



Lampiran 7. Prosedur penentuan rendemen dan Bilangan Kappa

1. Rendemen

Pulp hasil pemasakan yang telah diturunkan kadar airnya ditimbang (A gram), kemudian diambil sebanyak B gram dalam oven dengan suhu 105°C sehingga diperoleh bobot yang konstan (C gram). Apabila D gram merupakan bobot serpih kering oven, maka rumus rendemen adalah sebagai berikut:

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

2. Bilangan Kappa (SIL.0530 - 81)

Bilangan Kappa menunjukkan jumlah ml KMnO_4 0.1N yang terpakai oleh 1 gram pulp kering oven pada kondisi standar. Bilangan Kappa ini dapat digunakan untuk menentukan tingkat kematangan atau derajat delignifikasi pulp.

Pulp dengan berat 3 - 4 gram pulp kering oven dimasukkan ke dalam gelas piala 1000 ml, kemudian ditambah dengan 500 ml air suling. Selanjutnya diuraikan dengan pengaduk listrik sampai serat terurai.

Contoh yang telah terurai kemudian dipindahkan ke dalam gelas piala 2000 ml. Gelas piala tersebut lalu dibilas dengan air suling secukupnya sampai mencapai jumlah 795 ml. Selama reaksi berlangsung gelas piala diletakkan dalam penangas air bersuhu $25 \pm 2^\circ\text{C}$ sambil terus diaduk. Setelah itu disiapkan 100 ml H_2SO_4 dan KMnO_4 , larutan tersebut ditambahkan ke dalam gelas piala yang telah berisi contoh pulp dan kemudian dibilas dengan air suling dengan jumlah tidak lebih dari 5 ml. Reaksi dibiarkan berjalan selama 10 menit. Setelah 10 menit reaksi dihentikan dengan menambahkan larutan KI sebanyak 20 ml. Kemudian dititrasi dengan

larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1N (a ml) dan digunakan larutan kanji sebagai indikator. Selain itu dibuat juga blanko dengan pengerjaan yang sama tetapi tanpa menggunakan pulp. Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1 N dalam titrasi blanko adalah b ml.

Penghitungan bilangan kappa dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$k = \frac{p \times f}{w} \qquad p = \frac{(b - a) N}{0.1}$$

Keterangan :

- k = bilangan kappa
- a = jumlah ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1 N untuk dititrasi contoh
- b = jumlah ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1 N untuk titrasi blanko
- N = normalitas larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
- f = faktor koreksi pada pemakaian 50 persen KMnO_4 , tergantung pada harga p sesuai tabel
- p = ml larutan KMnO_4 yang terpakai oleh contoh

Lampiran 8. Prosedur pengujian sifat fisik lembaran pulp

1. Ketahanan Sobek (SIL.0435 - 81)

Ketahanan sobek adalah gaya yang diperlukan untuk menyobek selembar pulp yang dinyatakan dalam gram gaya (gf) atau milinewton (mN) dan diukur pada kondisi standar.

Contoh uji yang panjangnya 76 ± 2 mm dan lebarnya 63 ± 0.15 mm dipasang diantara kedua penjepit *tearing tester* pada kondisi vertikal searah dengan lebar contoh uji. Penyobekan awal dengan menggunakan pisau yang tersedia pada arah tersebut selebar 20 mm sehingga lebar contoh yang belum tersobek 43.0 mm. Selanjutnya penahan bandul ditekan hingga bandul mengayun bebas serta menyobek contoh uji. Bandul terhenti setelah contoh uji putus dan nilai ketahanan sobek dapat dibaca pada skala alat penguji.

$$\text{Ketahanan sobek} = \frac{16 \times A}{B}$$

Keterangan:

A = pembacaan skala rata-rata (gf)

B = jumlah lembar contoh uji yang dipergunakan pada saat pengujian

Hasil yang diperoleh dapat dinyatakan dalam satuan internasional dengan konversi sebagai berikut:

$$1 \text{ gf} = 9.807 \text{ mN}$$

$$\text{Indeks sobek} = \frac{\text{ketahanan sobek}}{\text{gramatur}}$$

2. Uji Ketahanan Tarik (SII. 0436 - 81)

Ketahanan tarik adalah daya tahan lembaran pulp terhadap gaya tarik yang bekerja pada kedua ujungnya dan diukur pada kondisi standar.

Contoh uji lembaran pulp yang berukuran panjang 200 mm dan lebar 15 mm dijepit kedua ujungnya dengan jarak 100 mm pada *tensile tester* yang dimulai dengan ujung atas. Pemasangan harus merata dan tidak melintir. Pengunci batang penjepit dilepaskan sehingga lembaran pulp teregang bebas. Motor dijalankan untuk mengayun bandul hingga ayunan berhenti bersamaan dengan putusannya lembaran uji. Nilai ketahanan tarik dapat dibaca langsung pada alat. Ketahanan tarik dinyatakan dalam kilogram gaya atau kilonewton per meter (1 kgf per 15 mm = 0.6538 KN/m).

$$\text{Indeks tarik} = \frac{\text{Ketahanan tarik}}{\text{gramatur}}$$

3. Uji Ketahanan Retak (SII. 0529 - 81)

Ketahanan retak adalah gaya yang diperlukan untuk meretakkan selemba pulp dan diukur pada kondisi standar.

Dalam pengujian contoh uji dipasang pada *Bursting tester*. Pemberian tekanan dilakukan pada skala menunjukkan angka nol dan dihentikan pada saat contoh uji retak.

Nilai ketahanan retak dapat dibaca langsung pada alat dan dinyatakan dalam kg/cm² atau kilopascal (1 kgf/cm² = 98.07 kpa).

$$\text{Indeks retak} = \frac{\text{Ketahanan retak}}{\text{Gramatur}}$$

4. Uji *Ring Crush* (SII.660 - 82)

Ring crush adalah daya tahan lembaran kertas terhadap gaya yang menekan salah satu tepinya yang dibentuk melingkar, dinyatakan dalam kilogram gaya (kgf) dan diukur pada kondisi standar.

Alat yang digunakan dalam uji ini adalah *comprisson tester*, *specimen holder*, *precision cutter* dan *plate bar*. Contoh kertas dimasukkan ke dalam *specimen holder* yang sesuai dengan tebal kertas yang diperiksa, kemudian motor dijalankan sampai jarum penunjuk berhenti.

Nilai *Ring crush* dapat dihitung dengan rumus berikut:

$\text{Ring crush} = \text{angka pembacaan} \times \text{faktor koreksi}$

5. Uji Ketahanan Tekan Datar/*Concora* (SII.0659 - 82)

Concora adalah daya tahan permukaan kertas gelombang untuk menahan suatu tekanan sampai permukaannya rusak, dinyatakan dalam kilogram gaya (kgf) yang diukur pada kondisi standar.

Alat yang digunakan dalam uji *Concora* terdiri dari: *flute tester*, *compression tester*, *kam* dan *mal flute double coated* atau *single coated tape* dan *precision cutter*.

Contoh diuji dibuat *flute* dengan alat *flute tester* dan diletakkan di atas *mal* dan dihipit dengan *kam* lalu direkat dengan *single coated tape*. Kemudian contoh tersebut diletakkan di bawah plate penekan *compression tester*. Motor penggerak plate penekan dijalankan hingga plate penekan menyentuh dan merusak *flute* dan jarum penunjuk terhenti.

Nilai *Concora* dapat dihitung sebagai hasil kali antara angka pembacaan pada skala alat dengan faktor koreksi.

Lampiran 9. Tabel Uji Lanjut Duncan pengaruh interaksi bobot jenis dan konsentrasi natrium sulfit terhadap rendemen pulp

Level	Rata-rata	$\alpha = 5\%$	Kontras	Selisih
A2B1	66.680000	a	A1B1 - A1B2	-3.05000
A2B2	70.115000	ab	A1B1 - A1B3	7.19500 *
A1B3	72.840000	bc	A1B1 - A2B1	13.35500 *
A2B3	73.300000	bc	A1B1 - A2B2	9.92000 *
A3B3	78.340000	cd	A1B1 - A2B3	6.73500 *
A1B1	80.035000	d	A1B1 - A3B1	-0.58000
A3B1	80.615000	d	A1B1 - A3B2	-1.60500
A3B2	81.640000	d	A1B1 - A3B3	1.69500
A1B2	83.08500	d	A1B2 - A1B3	10.24500 *
			A1B2 - A2B1	16.40500 *
			A1B2 - A2B2	12.97000 *
			A1B2 - A2B3	9.78500 *
			A1B2 - A3B2	1.44500
			A1B2 - A3B3	4.74500
			A1B3 - A2B1	6.16000 *
			A1B3 - A2B2	2.72500
			A1B3 - A2B3	-0.46000
			A1B3 - A3B1	-7.77500 *
			A1B3 - A3B2	-8.80000 *
			A1B3 - A3B3	-5.50000
			A2B1 - A2B2	-3.43500
			A2B1 - A2B3	-6.62000 *
			A2B2 - A3B1	-13.9350 *
			A2B2 - A3B2	-14.9600 *
			A2B2 - A3B3	-11.6600 *
			A2B2 - A2B3	-3.18500
			A2B2 - A3B1	-10.5000 *
			A2B2 - A3B2	-11.5250 *
			A2B2 - A3B3	-8.22500 *
			A2B3 - A3B1	-7.31500 *
			A2B3 - A3B2	-8.34000 *
			A2B3 - A3B3	-5.04000
			A3B1 - A3B2	-1.02500
			A3B1 - A3B3	2.27500
			A3B2 - A3B3	3.30000

Keterangan:

*) Berpengaruh nyata

**) Berpengaruh sangat nyata

Nilai yang memiliki huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata

Lampiran 10. Tabel Uji Lanjut Duncan pengaruh interaksi bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit terhadap indeks sobek

Level	Rata-rata	$\alpha = 5\%$	Kontras	Selisih
A1B3	3.5200000	a	A1B1 - A1B2	-0.80000
A1B1	3.5300000	a	A1B1 - A1B3	0.01000
A3B2	3.6750000	a	A1B1 - A2B1	-1.92500 *
A3B3	3.9350000	a	A1B1 - A2B2	-0.64100
A2B2	4.1710000	Ab	A1B1 - A2B3	-1.09000
A1B2	4.3300000	ab	A1B1 - A3B1	-0.14500
A2B3	4.6200000	abc	A1B1 - A3B2	-1.62500 *
A3B2	5.1550000	ab	A1B1 - A3B3	-0.40500
A2B1	5.4550000	c	A1B2 - A1B3	0.81000
			A1B2 - A2B1	-1.12500 *
			A1B2 - A2B2	0.15900
			A1B2 - A2B3	-0.29000
			A1B2 - A3B1	0.65500
			A1B2 - A3B2	-0.82500
			A1B2 - A3B3	0.39500
			A1B3 - A2B1	-1.93500 *
			A1B3 - A2B2	-0.65100
			A1B3 - A2B3	-1.10000
			A1B3 - A3B1	-0.15500
			A1B3 - A3B2	-1.63500 *
			A1B3 - A3B3	-0.41500
			A2B1 - A2B2	1.28400 *
			A2B1 - A2B3	0.83500
			A2B1 - A3B1	1.78000 *
			A2B1 - A3B2	0.30000
			A2B1 - A3B3	1.52000 *
			A2B2 - A2B3	-0.44900
			A2B2 - A3B1	0.49600
			A2B2 - A3B2	-0.98400
			A2B2 - A3B3	0.23600
			A2B3 - A3B1	0.94500
			A2B3 - A3B2	-0.53500
			A2B3 - A3B3	0.68500
			A3B1 - A3B2	-1.48000 *
			A3B1 - A3B3	-0.26000
			A3B2 - A3B3	1.22000 *

Keterangan:

*) Berpengaruh nyata

**) Berpengaruh sangat nyata

Nilai yang memiliki huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata



Lampiran 11. Tabel Uji Lanjut Duncan pengaruh interaksi bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit terhadap indeks retak

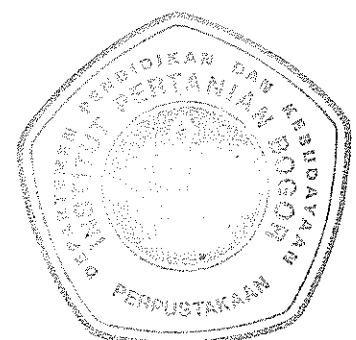
Level	Rata-rata	$\alpha = 5\%$	Kontras	Selisih
A2B1	0.7600000	a	A1B1 - A1B2	-0.38500 *
A3B1	1.4850000	b	A1B1 - A1B3	0.11500
A1B3	1.5700000	b	A1B1 - A2B1	0.92500 *
A2B3	1.6050000	b	A1B1 - A2B2	-0.02000
A1B1	1.6850000	b	A1B1 - A2B3	0.08000
A2B2	1.7050000	b	A1B1 - A3B1	0.20000
A3B2	1.7200000	b	A1B1 - A3B2	-0.03500
A3B3	1.7400000	b	A1B1 - A3B3	-0.05500
A1B2	2.0700000	c	A1B2 - A1B	0.50000 *
			A1B2 - A2B1	1.31000 *
			A1B2 - A2B2	0.36500 *
			A1B2 - A2B3	0.46500 *
			A1B2 - A3B1	0.58500 *
			A1B2 - A3B2	0.35000 *
			A1B2 - A3B3	0.33000 *
			A1B3 - A2B1	0.81000 *
			A1B3 - A2B2	-0.13500
			A1B3 - A2B3	-0.03500
			A1B3 - A3B1	0.08500
			A1B3 - A3B2	-0.15000
			A1B3 - A3B3	-0.17000
			A2B1 - A2B2	-0.94500 *
			A2B1 - A2B3	-0.84500 *
			A2B1 - A3B1	-0.72500 *
			A2B1 - A3B2	-0.96000 *
			A2B1 - A3B3	-0.98000 *
			A2B2 - A2B3	0.10000
			A2B2 - A3B1	0.22000
			A2B2 - A3B2	-0.01500
			A2B2 - A3B3	-0.03500
			A2B3 - A3B1	0.12000
			A2B3 - A3B2	-0.11500
			A2B3 - A3B3	-0.13500
			A3B1 - A3B2	-0.23500
			A3B1 - A3B3	-0.25500
			A3B2 - A3B3	-0.02000

Keterangan:

*) Berpengaruh nyata

**) Berpengaruh sangat nyata

Nilai yang memiliki huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata



Lampiran 12. Tabel Uji Lanjut Duncan pengaruh Interaksi bobot jenis limbah kayu dan konsentrasi natrium sulfit terhadap *concora*

Level	Rata-rata	$\alpha = 5\%$	kontras	Selisih
A2B1	5.420000	a	A1B1 - A1B2	-0.31000
A2B3	5.955000	a	A1B1 - A1B3	-1.40500
A3B1	6.235000	a	A1B1 - A2B1	1.00000
A1B1	6.420000	a	A1B1 - A2B2	-1.19500
A1B2	6.730000	a	A1B1 - A2B3	0.46500
A3B3	7.280000	a	A1B1 - A3B1	0.18500
A2B2	7.615000	a	A1B1 - A3B2	-6.70000 *
A2B3	7.825000	a	A1B1 - A3B3	-0.86000
A3B2	13.120000	b	A1B2 - A1B3	-1.09500
			A1B2 - A2B1	1.31000
			A1B2 - A2B2	-0.88500
			A1B2 - A2B3	0.77500
			A1B2 - A3B1	0.49500
			A1B2 - A3B2	-6.39000 *
			A1B2 - A3B3	-0.55000
			A1B3 - A2B1	2.40500
			A1B3 - A2B2	0.21000
			A1B3 - A2B3	1.87000
			A1B3 - A3B1	1.59000
			A1B3 - A3B2	-5.29500 *
			A1B3 - A3B3	0.54500
			A2B1 - A2B2	-2.19500
			A2B1 - A2B3	-0.53500
			A2B1 - A3B1	-0.81500
			A2B1 - A3B3	-1.86000
			A2B2 - A2B3	1.66000
			A2B2 - A3B1	1.38000
			A2B2 - A3B2	-5.50500 *
			A2B2 - A3B3	0.33500
			A2B3 - A3B1	-0.28000
			A2B3 - A3B2	-7.16500 *
			A2B3 - A3B3	-1.32500
			A3B1 - A3B2	-6.88500 *
			A3B1 - A3B3	-1.04500
			A3B2 - A3B3	5.84000 *

Keterangan:

*) Berpengaruh nyata

**) Berpengaruh sangat nyata

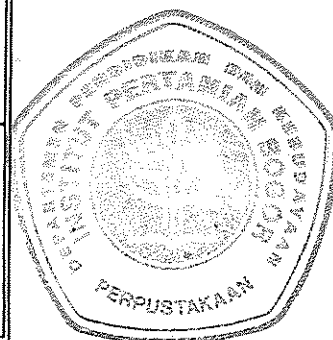
Nilai yang memiliki huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata

Lampiran 13. Standar kualitas kertas medium PT Bekasi Teguh

72

STANDAR KUALITAS KERTAS MEDIUM

Grade	Kualifikasi	Substance (g/m ²)			Thickness (mm)			Ring Crush (kgf)			Concave (kgf)			Tensile Strength			Bursting Strength		
		107	112	117	0.17	0.18	0.19	10.17	11.20	11.70	5.40	5.90	34.32	39.23	44.13	1.9'	2.00	2.10	
112	Lokal																		
	Ekspor	107	112	117	0.17	0.18	0.19	11.50	13.50	15.00	7.00	8.00	39.23	41.19	43.15	1.9'	2.00	2.10	
125	Lokal	120	125	130	0.20	0.21	0.22	12.00	12.50	13.00	6.00	6.60	34.32	39.23	44.13	2.2'	2.30	2.40	
	Ekspor	120	125	130	0.20	0.21	0.22	13.00	15.00	17.00	8.00	9.00	39.23	41.19	43.15	2.2'	2.30	2.40	
150	Lokal	144	150	156	0.23	0.24	0.25	14.50	15.00	15.50	7.20	7.80	34.32	39.23	44.13	2.6'	2.70	2.80	
	Ekspor	144	150	156	0.23	0.24	0.25	15.50	18.00	20.50	9.50	10.50	39.23	41.19	43.15	2.6'	2.70	2.80	
160	Lokal	153	160	167	0.24	0.25	0.26	15.30	16.00	16.70	7.70	8.30	34.32	39.23	44.13	2.8'	2.90	3.00	
	Ekspor	153	160	167	0.24	0.25	0.26	16.50	19.50	22.50	10.00	11.50	39.23	41.19	43.15	2.8'	2.90	3.00	
		SANGAT PENTING										WAJIB			PENTING				



Lampiran 14. Ikhtisar data rendemen pulp, bilangan kappa dan sifat fisik lembaran pulp NSSC

Bobot jenis Limbah kayu	Konsentrasi Na_2SO_3 (%)	Ulangan	Rendemen (%)	Bilangan Kappa	Indeks sobek (Nm^2/g)	Indeks retak ($\text{kPa m}^2/\text{g}$)	Indeks tarik (Nm/g)	Ring crush (kgf)	Concora (kgf)
0.15 - 0.59	8	1	80.97	49.20	3.57	1.67	21.48	10.62	6.54
		2	79.10	46.82	3.49	1.70	24.93	10.26	6.30
	Rata-rata		80.04	48.01	3.53	1.69	23.21	10.44	6.42
	11	1	85.63	47.26	4.85	2.23	22.57	11.89	6.30
		2	80.54	45.65	3.81	1.91	25.15	14.66	7.16
	Rata-rata		83.09	46.50	4.33	2.07	23.86	13.28	6.73
	14	1	71.47	47.21	3.62	1.54	21.46	9.03	9.30
		2	74.21	44.59	3.42	1.60	20.85	12.09	6.35
	Rata-rata		72.84	45.90	3.52	1.57	21.16	10.55	7.83
0.60 - 1.04	8	1	68.56	48.95	5.05	0.68	13.98	7.02	5.47
		2	64.80	46.36	5.86	0.84	18.72	7.89	5.37
	Rata-rata		66.68	47.66	5.46	0.76	16.35	7.46	5.42
	11	1	71.60	46.93	4.07	1.61	21.27	11.01	8.26
		2	68.63	47.01	4.27	1.81	24.47	14.96	6.97
	Rata-rata		70.11	46.97	4.17	1.71	22.87	12.99	7.62
	14	1	74.10	46.02	4.44	1.59	18.57	12.77	4.94
		2	72.50	47.64	4.80	1.62	19.40	14.96	6.97
	Rata-rata		73.30	46.83	4.62	1.61	18.99	13.87	5.96
0.15 - 1.04	8	1	78.81	47.92	3.05	1.38	21.34	11.39	6.77
		2	82.42	50.01	4.30	1.59	22.04	9.29	5.70
	Rata-rata		80.60	48.97	3.68	1.49	21.69	10.34	6.24
	11	1	79.01	46.48	5.33	1.65	22.26	10.83	11.80
		2	84.27	46.68	4.98	1.79	26.00	10.75	14.44
	Rata-rata		81.64	46.58	5.16	1.72	24.13	10.79	13.12
	14	1	79.24	45.89	3.93	1.75	27.69	11.62	7.23
		2	77.44	46.48	3.94	1.73	24.88	12.72	7.33
	Rata-rata		78.34	46.19	3.94	1.74	26.69	12.17	7.28