SIFAT PULP SULFAT KAYU KURANG DIKENAL ASAL JAWA BARAT

The Properties of Lesser Known Wood Species Sulphate Pulp from West Java

Oleh/By:

Rena M. Siagian, Setyani B. Lestari & Yoswita

ABSTRACT

This paper deals with the results of a laboratory-scale manufacture of sulphate pulp from lesser known wood species from West Java in the possible utilization as a raw material for pulp with the emphasizes on yield, pulp processing properties and physical properties. There are five wood species experimented, i.e. *marasi* (*Hymenaea courbaril* L.), *asam jawa* (*Tamarindus indica* L.), *balobo* (*Diplodiscus* (?)), *kundang* (*Ficus variegata* Bl.) and *kendal* (*Ehretia acuminata* R.Br.).

The results revealed that *marasi*, *asam jawa*, *kundang*, and *kendal* wood species could produce pulp with the yield commonly in the range as obtained from sulphate process, i.e. 40 – 55 percent. The lowest pulp yield (less than 40 percent), however, was obtained by *balobo* species. The favorable delignification with the low Kappa number in the resulting sulphate pulp only occurred to *asam jawa* wood species. Meanwhile, the other four wood species in the sulphate process proceeded with less favorable delignification and concurrently produced pulp with high Kappa number.

When viewed from the pulp yield, Kappa number, and active alkali consumption, only *asam jawa* wood species seemed suitable for producing bleached pulp. Conversely, the other four species appeared to be unsuitable for bleached pulp. To acquire their suitability, hence, those four species should be cooked in the sulphate process under a more enhanced condition.

The properties of the unbleached pulp from those five wood species were in the ranges of 42 – 61 Nm/g for tensile index, 6.52 – 12.38 Nm²/kg for tear index, 2.47 – 3.20 KPa.m²/g for burst index, and 3.64 – 8.16 df for folding endurance.

Viewed from physical properties that covered tensile, burst, and tear index, it turned out that *balobo*-wood (*Diplodiscus* (?)) pulp afforded the highest physical properties followed by those of *kundang* (*Ficus variegata* Bl.) and *marasi* (*Hymenaea courbaril* L.) wood species. Meanwhile, the lowest physical properties of the pulp sheet were obtained from *asam jawa* (*Tamarindus indica* L.) and *kendal* (*Ehretia acuminata* R.Br.) woods.

Keywords: Lesser known wood species, pulp yield, and pulp properties

ABSTRAK

Tulisan ini menyajikan hasil pembuatan pulp sulfat kayu kurang dikenal asal Jawa Barat untuk kemungkinan pemanfaatannya sebagai sumber bahan baku pulp kertas ditinjau dari rendemen, sifat pengolahan dan sifat fisik lembaran pulp. Jenis kayu yang diteliti adalah marasi (*Hymenaea courbaril* L.), asam jawa (*Tamarindus indica* L.), balobo (*Diplodiscus* (?), kundang (*Ficus variegata* Bl.) dan kendal (*Ehretia acuminata* R.Br.).

Kayu marasi (*Hymenaea courbaril* L.), asam jawa (*Tamarindus indica* L.), kundang (*Ficus variegata* Bl.) dan kendal (*Ehretia acuminata* R.Br.) menghasilkan pulp dengan rendemen yang umum diperoleh dari proses sulfat yaitu berkisar antara 40 - 55%, sedangkan balobo (*Diplodiscus* (?)) menghasilkan rendemen terendah, yaitu di bawah 40%. Tingkat kematangan pulp yang baik dengan bilangan Kappa rendah hanya diperoleh dari kayu asam jawa (*Tamarindus indica* L.), sedangkan empat jenis kayu lainnya menghasilkan tingkat kematangan yang rendah dengan bilangan Kappa tinggi.

Apabila ditinjau dari rendemen, bilangan Kappa pulp, dan konsumsi alkali hanya kayu asam jawa (*Tamarindus indica* L.) yang dapat digunakan untuk membuat pulp putih. Empat jenis kayu lainnya tidak sesuai untuk menghasilkan pulp putih. Jika akan menghasilkan pulp putih dari keempat jenis kayu ini perlu diolah dengan meningkatkan kondisi pemasakan.

Sifat fisik lembaran pulp belum putih dari kelima jenis kayu Jawa Barat yang diteliti menghasilkan indeks tarik berkisar 42 - 61 Nm/g, indeks sobek 6,52 Nm²/kg - 12,38 Nm²/kg, indeks retak berkisar 2,47 - 3,20 KPa.m²/g dan ketahanan lipat berkisar 3,64 - 8,16 kali lipat.

Ditinjau dari sifat fisik lembaran pulp yang dihasilkan, yaitu meliputi indeks tarik, retak dan sobek, maka kayu balobo (*Diplodiscus* (?)) menghasilkan sifat fisik paling tinggi diikuti kayu kundang (*Ficus variegata* Bl.) dan marasi (*Hymenaea courbaril* L.), sedangkan kayu asam jawa (*Tamarindus indica* L.) dan kendal (*Ehretia acuminata* R.Br.) menghasilkan sifat fisik paling rendah.

Kata kunci: Kayu kurang dikenal, rendemen pulp, dan sifat pulp

I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan kayu selama ini hanya terbatas pada jenis-jenis tertentu yang telah memiliki nilai komersial dan telah dikenal dalam dunia perdagangan. Namun dalam perkembangannya jenis-jenis tersebut semakin menurun baik dilihat dari segi kualitas maupun kuantitasnya, sedangkan tingkat permintaan cenderung meningkat. Untuk mengantisipasi hal tersebut maka Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Hasil Hutan secara berkelanjutan melakukan penelitian terhadap jenis-jenis kayu setempat yang kurang dikenal untuk mengetahui sifat dasar, kegunaan dan sifat pengolahannya, sehingga memudahkan di dalam pengembangannya. Salah satu sifat yang perlu diamati adalah sifat pengolahan pulp kertas. Seperti diketahui Indonesia mempunyai industri pulp kertas sebanyak 15 yang tersebar hampir di semua pulau dan umumnya menggunakan bahan baku kayu (Anonimus, 2000). Pada umumnya industri pulp di Indonesia menggunakan kayu daun lebar sebagai bahan baku, kecuali industri pulp di Aceh (PT. Kertas Kraft Aceh).

Sebagai bahan yang mengandung ligno-selulosa, semua jenis kayu pada dasarnya dapat digunakan untuk pembuatan pulp kertas, tetapi tidak semua menghasilkan pulp kertas dengan kualitas yang baik. Untuk mendapatkan pulp sesuai dengan standar mutu yang telah ditentukan, diperlukan persyaratan bahan baku dan persyaratan teknis pengolahan.

Proses pengolahan pulp berbahan baku kayu umumnya menggunakan proses sulfat. Hal ini disebabkan rendemen pulp yang dihasilkan biasanya cukup tinggi dan pulp kertas yang dihasilkan memiliki kualitas atau kekuatan yang baik dibandingkan proses lain. Di samping itu proses sulfat juga mempunyai keunggulan lain, yaitu cocok digunakan dalam mengolah berbagai jenis kayu baik secara sejenis maupun campuran.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis kayu yang sesuai sebagai bahan baku pulp kertas ditinjau dari rendemen, sifat pengolahan dan sifat fisik lembaran pulp yang dihasilkan. Sasaran yang ingin dicapai adalah informasi sifat pulp kertas dari lima jenis kayu yang kurang dikenal asal Jawa Barat, yang diolah dengan menggunakan proses sulfat.

II. METODOLOGI

A. Bahan dan Peralatan

Bahan baku kayu yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 5 (lima) jenis, dikumpulkan dari daerah Jawa Barat seperti pada Tabel 1.

Bahan kimia yang digunakan di antaranya adalah natrium hidroksida (NaOH), natrium sulfida (Na_2S), asam sulfat (H_2SO_4), kalium permanganat (KMnO_4), kalium iodida (KI), natrium thiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), larutan kanji, barium klorida (BaCl_2) dan asam klorida (HCl).

Tabel 1. Nama jenis kayu asal Jawa Barat

Table 1. Wood species from West Java

No	Nama daerah (Local name)	Nama botani (Botanical name)	Keluarga (Family)
1	Marasi	<i>Hymenaea courbaril L.</i>	Caesalpiniaceae
2	Asam jawa	<i>Tamarindus indica L.</i>	Caesalpiniaceae
3	Balobo	<i>Diplodiscus (?)</i>	Euphorbiaceae
4	Kundang	<i>Ficus variegata Bl.</i>	Euphorbiaceae
5	Kendal	<i>Ehretia acuminata R.Br.</i>	Boraginaceae

Peralatan yang dipakai untuk pembuatan serpih, pulp dan pembentukan lembaran antara lain golok, *rotary digester*, *flat screener*, *defibrator*, *centrifuge*, *niagara beater*, *head box*, *canadian standard freeness tester*, dan *handsheet forming machine*. Untuk pengujian sifat fisik lembaran pulp antara lain menggunakan alat uji keteguhan retak (*bursting strength tester*), alat uji keteguhan tarik (*tensile strength tester*), dan alat uji keteguhan sobek (*tearing strength tester*).

B. Prosedur Kerja

Setiap jenis kayu dibuat serpih secara manual dengan menggunakan golok. Ukuran serpih dibuat seragam dengan panjang 3 cm, lebar 2.5 cm dan tebal 2 - 3 mm. Serpih dikering udarkan dan ditentukan kadar airnya.

Serpih yang telah diketahui kadar airnya, diolah menjadi pulp melalui pemasakan dalam ketel (*rotary digester*) menggunakan proses sulfat dengan kondisi pemasakan standar untuk kayu daun lebar. Kondisi pemasakan yang diterapkan adalah alkali aktif

sebagai Na_2O 16%, sulfiditas 22,5%, suhu maksimum 170°C , perbandingan kayu dengan larutan pemasak 1 : 4 dan waktu pemasakan 1,5 jam mencapai suhu maksimum dan 2 jam pada suhu maksimum.

Pulp yang diperoleh dicuci sampai bersih atau bebas dari larutan pemasak yang ditandai dengan pH air sisa pencucian dalam keadaan netral. Pulp hasil pemasakan disaring pada *flat screen*. Pulp yang lolos saringan ditentukan rendemennya tanpa melalui pemutihan berdasarkan standar TAPPI T 18 m - 53 (TAPPI, 1992). Bagian yang tidak lolos saringan dianggap sebagai rendemen sisa (*rejects*).

Selanjutnya untuk mengetahui tingkat kematangan atau derajat delignifikasi dan daya terputihkan dari pulp hasil pemasakan dilakukan penetapan bilangan Kappa berdasarkan SNI 14-0494-1989. Bilangan Kappa adalah jumlah ml kalium permanganat (KMnO_4) 0,1N yang terpakai oleh 1g pulp kering tanur sesuai dengan kondisi standar.

Penentuan konsumsi alkali aktif dilakukan berdasarkan standar TAPPI 625 cm-85 (TAPPI, 1992). Berdasarkan penentuan konsumsi alkali dapat diketahui banyaknya alkali aktif yang dipakai untuk delignifikasi selama proses pemasakan. Selain itu juga berguna untuk mengetahui banyaknya sisa alkali aktif yang dapat didaur ulang dari larutan sisa pemasakan (lindi hitam).

Sebelum dibuat lembaran, untuk memperbaiki ikatan antar serat, pulp terlebih dahulu digiling dengan menggunakan *niagara beater* sampai derajat kehalusan serat mendekati 300 ml CSF(*Canadian Standard Freeness*). Pembentukan lembaran pulp dilakukan berdasarkan SNI 14-0489-1989 dengan target bobot dasar (gramatur) sebesar 60 g/m^2 . Pengujian sifat fisik lembaran pulp pada derajat kehalusan serat 300 ml CSF, mengacu kepada Standar Nasional Indonesia meliputi ketahanan tarik SNI 14-4737-1998, ketahanan sobek SNI 14-0436-1998, ketahanan retak SNI 14-0493-1998, dan ketahanan lipat SNI 14-0491-1989. Nilai ketahanan tarik, sobek dan retak dipresentasikan dalam indeks atas dasar kemungkinan perbedaan gramatur.

C. Analisa Data

Untuk mengetahui pengaruh faktor jenis kayu (5 taraf) terhadap rendemen, sifat pengolahan dan sifat fisik lembaran pulp, analisis data dilakukan dengan alat bantu statistik Rancangan Acak Lengkap dengan ulangan tiga kali (Sudjana, 1994). Jika perlakuan yang diterapkan berpengaruh nyata terhadap respon yang diamati, penelaahan lebih lanjut dilakukan dengan uji jarak beda nyata jujur (BNJ).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Rendemen dan Sifat Pengolahan Pulp

Rendemen dan sifat pengolahan pulp sulfat yang meliputi bilangan Kappa dan konsumsi alkali aktif dari lima jenis kayu yang diteliti disajikan pada Tabel 2. Ringkasan analisis keragaman disajikan pada Tabel 3.

Tabel 2. Sifat pengolahan pulp sulfat lima jenis kayu**Table 2. The processing properties of sulphate pulp from 5 wood species**

No	Jenis kayu (<i>Wood species</i>)	Rendemen tersaring (<i>Screen yield</i>), %	Rendemen sisa (<i>Rejects</i>), %	Bilangan Kappa (<i>Kappa No</i>)	Konsumsi alkali aktif (<i>Active alkali consumption</i>), %
1	Marasi (<i>Hymenaea courbaril</i> L.)	41,63	6,50	38,53	14,5
2	Asam jawa (<i>Tamarindus indica</i> L.)	41,16	3,24	19,85	14,5
3	Balobo (<i>Diplodiscus</i> ?)	38,04	3,35	41,72	13,7
4	Kundang (<i>Ficus variegata</i> Bl.)	41,11	2,93	38,60	14,5
5	Kendal (<i>Ehretia acuminata</i> R.Br.)	40,75	1,94	40,30	14,5

Rendemen tersaring kelima jenis kayu yang diteliti berkisar 38,04 - 41,63%. Kayu marasi, asam jawa, kendal dan kundang menghasilkan rendemen pulp sesuai dengan rendemen yang umum diperoleh dari proses sulfat yaitu berkisar 40 - 55% (Fengel & Wegener, 1984). Kayu balobo menghasilkan rendemen pulp paling rendah, yaitu sebesar 38%. Analisis keragaman pada Tabel 3 menunjukkan bahwa jenis kayu berpengaruh sangat nyata terhadap rendemen pulp. Melalui uji beda nyata jujur (BNJ) pada Tabel 4 dapat diketahui jenis kayu yang menghasilkan rendemen pulp paling tinggi. Kayu marasi, asam jawa, kendal dan kundang menghasilkan rendemen yang tidak berbeda nyata, sedangkan rendemen pulp kayu balobo berbeda nyata dengan keempat jenis kayu lainnya dan mempunyai nilai paling rendah.

Rendemen sisa adalah bagian kayu yang tidak matang yaitu serat yang tidak lolos saringan. Rendemen sisa dari lima jenis kayu yang diteliti berkisar 1,94 - 6,5%. Rendemen sisa paling rendah dihasilkan kayu kendal sebesar 1,94% sedangkan tertinggi dihasilkan kayu marasi sebesar 6,5%.

Tabel 3. Ringkasan analisis keragaman rendemen dan sifat pengolahan pulp**Table 3. Summary of analysis of variance on yield and processing properties of pulp**

Sumber keragaman (<i>Source of variation</i>)	Derajat bebas (<i>Degrees of freedom</i>)	F_{hitung} (F_{calc})		
		Rendemen pulp (<i>Yield of pulp</i>)	Bil. Kappa (<i>Kappa No.</i>)	Konsumsi alkali aktif (<i>Active alkali consumption</i>)
Jenis kayu, (<i>Wood species</i>)	4	11,74**	68,88**	4,92*
Total	14			
KK /CV, %		2,022	5,256	1,947
Nilai rata-rata, satuan (<i>Mean value</i>), unit		40,71%	35,81	14,34%

Keterangan/Remarks : * = Berbeda nyata pada taraf 95% (*Significant at 95% level*)

** = Berbeda nyata pada taraf 99% (*Significant at 99% level*)

KK/CV= Koefisien keragaman (*Coefficient of variation*)

Bilangan Kappa pulp kelima jenis kayu yang diteliti berkisar 19,85 - 41,72 (Tabel 2). Analisis keragaman pada Tabel 3 menunjukkan bahwa di dalam pemasakan pulp, jenis kayu berpengaruh sangat nyata terhadap tingkat kematangan yang ditunjukkan oleh bilangan Kappa pulp.

Hasil uji BNJ pada Tabel 4 menunjukkan bahwa empat jenis kayu yang diteliti, yaitu marasi, balobo, kundang dan kendal menghasilkan bilangan Kappa yang tidak berbeda nyata, tetapi berbeda nyata dengan jenis kayu asam jawa. Bilangan Kappa kayu marasi, balobo, kendal dan kundang cukup tinggi, yaitu berkisar 38,53 - 41,72, sedangkan pulp kayu asam jawa menghasilkan bilangan Kappa paling rendah, yaitu 19,85. Semakin rendah bilangan Kappa menunjukkan pulp tersebut semakin matang atau delignifikasi berlangsung sempurna, sehingga untuk memproduksi pulp putih diduga akan membutuhkan bahan kimia pemutih yang rendah. Menurut Casey (1980) pulp dengan bilangan Kappa lebih besar dari 20 tidak layak untuk diputihkan karena akan membutuhkan bahan kimia pemutih yang banyak.

Tabel 4. Uji jarak beda nyata jujur (D0,05) terhadap nilai rata-rata rendemen dan sifat pengolahan pulp (dinyatakan dalam kelas dan nilai)

Table 4. Honestly significant difference (D0,05) range test on the average values of pulp yield and processing properties (expressed in grades and scores)

Sifat pulp (Pulp properties)	D0,05		Nilai rata-rata yang dibandingkan (Comparison of average value)				
			Marasi	Asam jawa	Balobo	Kundang	Kendal
Rendemen pulp (Pulp yield), %	2,2125	Rata-rata (Means) Kelas (Grade) Nilai (Score)	42,48 A 4	41,16 A 4	38,04 B 3	41,11 A 4	40,75 A 4
Bilangan Kappa (Kappa No.)	5,0575	Rata-rata (Means) Kelas (Grade) Nilai (Score)	38,53 C 1	19,85 A 3	41,73 C 1	38,65 C 1	40,30 C 1
Konsumsi alkali aktif (Alkali active consumption), %	0,7505	Rata-rata (Means) Kelas (Grade) Nilai (Score)	14,5 A 1	14,5 A 1	13,7 B 2	14,5 A 1	14,5 A 1
Jumlah nilai (Total score)			6	8	6	6	6

Keterangan (Remarks) :

D0,05 = nilai kritis uji jarak beda nyata jujur (BNJ) pada taraf 5% (Critical value of honestly significant difference (HSD) range test at 5%)

Nilai rata-rata diikuti dengan huruf yang sama pada baris yang sama tidak berbeda nyata (Means followed with the same letters at the same row are not significantly different), A>B>C>D.

Penentuan konsumsi alkali berguna untuk mengetahui banyaknya alkali yang dipakai dalam proses pemasakan. Konsumsi alkali aktif kelima jenis kayu yang diteliti hampir sama, yaitu berkisar 13,47 - 14,5% (Tabel 2). Analisis keragaman pada Tabel 3 menunjukkan bahwa di dalam pemasakan pulp, jenis kayu berpengaruh nyata terhadap konsumsi alkali aktif. Hasil uji BNJ pada Tabel 4 menunjukkan bahwa kayu marasi, asam jawa, kundang dan kendal membutuhkan alkali aktif yang tidak berbeda nyata, tetapi berbeda nyata dengan jenis kayu balobo.

B. Sifat Fisik Lembaran Pulp

Hasil penelitian mengenai waktu giling untuk mencapai derajat kehalusan serat 300 ml CSF, nilai ketahanan tarik, sobek dan retak yang dipresentasikan dalam indeks tarik sobek dan retak dari kelima jenis kayu yang diteliti disajikan pada Tabel 5. Ringkasan analisis keragaman dan uji beda nyata jujur (BNJ) disajikan pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 5. Nilai rata-rata waktu giling dan sifat fisik pulp pada kehalusan serat 300 mlCSF

Table 5. Average value on beating time and physical pulp properties at 300 ml CSF

No	Jenis kayu (Wood species)	Waktu giling (Beating time), menit	Gramatur (g/m ²)	Indeks tarik (Tensile index), Nm/g	Indeks retak (Burst index), KPa.m ² /g	Indeks sobek (Tear index), Nm ² /kg	Daya lipat (Folding endurance), df
1	Marasi (<i>Hymenaea courbaril L.</i>)	50'27"	61,5	47,22	2,92	9,03	5,95
2	Asam jawa (<i>Tamarindus indica L.</i>)	61'39"	59,41	45,95	2,90	6,95	8,16
3	Balobo (<i>Diplodiscus (?)</i>)	46'19"	56,81	44,44	3,02	12,39	7,29
4	Kundang (<i>Ficus variegata Bl.</i>)	30'7"	57,74	61,43	3,20	6,52	3,64
5	Kendal (<i>Ehretia acuminata R.Br.</i>)	43'1"	57,93	42,59	2,48	9,55	5,65

Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu giling yang diperlukan untuk mencapai derajat kehalusan serat 300 ml CSF dari kelima jenis kayu yang diteliti berkisar antara 30 menit sampai 64,5 menit. Analisis keragaman pada Tabel 6 menunjukkan bahwa jenis kayu berpengaruh sangat nyata terhadap waktu giling untuk mencapai derajat kehalusan serat 300 ml CSF.

Hasil uji BNJ pada Tabel 7 menunjukkan bahwa kayu marasi, asam jawa, balobo, kundang dan kendal membutuhkan waktu giling yang berbeda satu sama lain. Kayu kundang membutuhkan waktu paling pendek untuk mencapai derajat kehalusan serat 300 ml CSF diikuti kayu kendal. Kayu asam jawa membutuhkan waktu giling paling lama, yaitu 61 menit 39 detik diikuti oleh kayu marasi dengan waktu 50 menit 27 detik. Waktu giling untuk mencapai derajat kehalusan serat 300 ml CSF yang disyaratkan ada

hubungannya dengan energi yang dibutuhkan. Makin pendek waktu giling yang diperlukan pada tenaga yang sama, jumlah energi yang dibutuhkan makin sedikit.

Tabel 6. Ringkasan analisis keragaman waktu giling dan sifat fisik pulp

Table 6. Summary of analysis of variance on beating time and physical properties of pulp

Sumber keragaman (Source of variation)	Derajat bebas (Degrees of freedom)	F_{hitung} ($F_{calc.}$)				
		Waktu giling (Beating time)	Indeks tarik (Tensile index)	Indeks retak (Burst index)	Indeks sobek (Tear index)	Daya lipat (Folding endurance)
Jenis kayu (Wood species)	4	350,6**	14,10**	8,58**	43,35**	26,32**
Total	14	-	-	-	-	-
KK /CV,%		2,290	7,247	5,44	6,957	9,596
Nilai rata-rata, satuan (Mean value), unit		46,31 menit (minute)	48,26 Nm/g	12,90 KPa.m ² /g	8,886 Nm ² /kg	6,13 df

Keterangan (Remarks) : * = Berbeda nyata pada taraf 95% (Significant at 95% level)

** = Berbeda nyata pada taraf 99% (Significant at 99% level)

KK/CV = Koefisien keragaman (Coefficient of variation)

Ketahanan tarik adalah gaya tarik atau gaya tahan lembaran pulp/kertas terhadap gaya tarik yang bekerja pada kedua ujungnya, dinyatakan dalam kilogram gaya atau kiloNewton per meter. Indeks tarik adalah ketahanan tarik lembaran pulp/kertas dibagi gramatur, dinyatakan dalam Nm/g (SNI 14-4737- 1998). Hasil pengujian indeks tarik kelima jenis kayu yang diteliti berkisar 42 - 61 Nm/g.

Analisis keragaman pada Tabel 6 menunjukkan bahwa jenis kayu berpengaruh sangat nyata terhadap indeks tarik lembaran pulp. Hasil uji BNJ pada Tabel 7 menunjukkan indeks tarik kayu kundang paling tinggi, yaitu 61,41 Nm/g, dan berbeda sangat nyata dengan keempat jenis kayu lainnya, yaitu marasi, asam jawa, balobo, dan kendal. Menurut persyaratan SNI 14 -0698-1989, hanya kayu kundang yang memenuhi indeks tarik untuk pulp sulfat belum putih dari kayu daun jarum, sedangkan keempat jenis kayu lainnya tidak memenuhi persyaratan (Tabel 8).

Ketahanan retak adalah gaya yang diperlukan untuk meretakkan selebar pulp/kertas yang diukur pada kondisi standar. Indeks retak adalah ketahanan retak dibagi gramatur lembaran pulp/kertas, dinyatakan dalam KPa.m²/g (SNI 14-0493-1998). Hasil pengujian menunjukkan bahwa indeks retak kelima jenis kayu yang diteliti berkisar 2,47 - 3,20 KPa.m²/g. Analisis keragaman pada Tabel 6 menunjukkan bahwa jenis kayu berpengaruh sangat nyata terhadap indeks retak lembaran pulp. Hasil uji BNJ pada Tabel 7 menunjukkan bahwa jenis kayu marasi, asam jawa, balobo, dan kundang menghasilkan indeks retak lembaran pulp yang tidak berbeda nyata, tetapi berbeda nyata dengan kayu kendal. Kayu kendal menghasilkan indeks retak paling rendah, yaitu 2,48 KPa.m²/g. Kelima jenis kayu yang diteliti menghasilkan lembaran pulp dengan indeks retak yang rendah. Menurut persyaratan SNI 14 -0698-1989, kelima jenis kayu yang diteliti tidak memenuhi persyaratan indeks retak untuk pulp sulfat belum putih dari kayu daun jarum, tetapi memenuhi persyaratan untuk pulp sulfat putih kayu daun lebar, yaitu 2,0 KPa.m²/g (Tabel 8).

Tabel 7. Uji jarak beda nyata jujur (D0,05) terhadap rata-rata waktu giling dan sifat fisik pulp (dinyatakan dalam kelas dan nilai)

Table 7. Honestly significant difference (D0,05) range test on the average values of beating time and physical properties (expressed in grades and scores)

Sifat pulp (Pulp properties)	Nilai rata-rata yang dibandingkan (<i>Comparison of average value</i>)						
	D0,05		Marasi	Asam jawa	Balobo	Kundang	Kendal
Waktu giling (Beating time)	2,8495	Rata-rata (Means)	50,44	61,655	46,315	30,115	43,015
		Kelas (Grade)	B	A	C	E	D
		Nilai (Score)	2	1	3	5	4
Indeks tarik (Tensile index)	9,3996	Rata-rata (Means)	47,215	45,95	44,44	61,425	42,29
		Kelas (Grade)	B	B	B	A	B
		Nilai (Score)	3	3	3	4	3
Indeks retak (Burst index)	0,4244	Rata-rata (Means)	2,92	2,90	3,02	3,20	2,475
		Kelas (Grade)	A	A	A	A	B
		Nilai (Score)	3	3	3	3	2
Indeks sobek (Tear index)	1,6611	Rata-rata (Means)	9,04	6,945	12,385	6,515	9,545
		Kelas (Grade)	B	C	A	C	B
		Nilai (Score)	4	3	5	3	4
Daya lipat (Folding endurance)	1,5813	Rata-rata (Means)	5,95	8,16	7,30	3,60	5,65
		Kelas (Grade)	BC	A	AB	D	C
		Nilai (Score)	2,5	4	3,5	1	2
Jumlah skor (Total score)			14,5	14	17,5	16	15

Keterangan (Remarks):

D0,05 = nilai kritis uji jarak beda nyata jujur (BNJ) pada taraf 5% (Critical value of honestly significant difference (HSD) range at 5%)

Nilai rata-rata diikuti dengan huruf yang sama pada baris yang sama tidak berbeda nyata (Means followed with the same letters at the same row are not significantly different), A>B> C> D>E.

Ketahanan sobek adalah gaya yang diperlukan untuk menyobek selebar pulp/kertas pada kondisi standar. Indeks sobek lembaran pulp/kertas adalah ketahanan sobek dibagi dengan gramturnya, dinyatakan dalam Nm^2/kg (SNI 14-0436-1989). Hasil pengujian menunjukkan bahwa indeks sobek kelima jenis kayu yang diteliti berkisar 6,52 - 12,38 Nm^2/kg . Analisis keragaman pada Tabel 6 menunjukkan bahwa jenis kayu berpengaruh sangat nyata terhadap indeks sobek lembaran pulp. Hasil uji BNJ pada Tabel 7 menunjukkan bahwa kayu balobo, menghasilkan indeks sobek tertinggi, yaitu sebesar 12,39 Nm^2/kg dan berbeda nyata dengan kayu marasi dan kendal. Walaupun menurut uji BNJ jenis kayu marasi, kendal dan balobo menunjukkan indeks sobek yang berbeda nyata, namun ketiga jenis kayu ini dapat memenuhi persyaratan menurut SNI 14 -0698-1989 untuk pulp sulfat belum putih kayu daun jarum. Hasil uji BNJ juga menunjukkan bahwa indeks sobek kayu kundang dan kayu asam jawa berbeda nyata dengan ketiga jenis kayu lainnya. Kayu kundang dan asam jawa menghasilkan lembaran pulp sulfat belum putih dengan indeks sobek yang paling rendah, yaitu masing-masing 6,5 Nm^2/kg dan 6,98 Nm^2/kg . Menurut persyaratan SNI 14 -0698-1989, kayu kundang dan asam jawa tidak memenuhi persyaratan indeks sobek pulp sulfat belum putih dari kayu daun jarum. Akan tetapi kedua jenis kayu ini masih memenuhi persyaratan indeks sobek untuk pulp sulfat putih dari kayu daun lebar, yaitu 2,0 Nm^2/kg (Tabel 8).

Ketahanan lipat adalah angka yang menyatakan berapa kali lembaran dapat dilipat sampai putus dalam kondisi standar (SNI 14-0491-1989). Ketahanan lipat lima jenis kayu yang diteliti berkisar 3,64 - 8,16. Analisis keragaman pada Tabel 6 menunjukkan bahwa jenis kayu berpengaruh sangat nyata terhadap ketahanan lipat. Hasil uji BNJ pada Tabel 7 menunjukkan bahwa kelima jenis kayu yang diteliti menghasilkan ketahanan lipat yang berbeda nyata satu sama lain. Ketahanan lipat yang paling tinggi diperoleh dari jenis asam jawa, diikuti kayu balobo, kayu marasi serta kayu kendal. Ketahanan lipat lembaran pulp tidak disyaratkan oleh SNI 14 -0698-1989 untuk pulp sulfat.

Tabel 8. Spesifikasi pulp sulfat

Table 8. Specification of sulphate pulp

Uraian (Items)	Satuan (Unit)	Pulp sulfat putih (Bleached sulphet pulp)		Pulp sulfat semi putih (Semibleached sulphate pulp)	Pulp sulfat belum putih (Unbleached sulphate pulp)
		Kayu daun jarum (Softwood)	Kayu daun lebar (Hardwood)	kayu daun jarum (Softwood)	kayu daun jarum (Softwood)
Panjang serat rata-rata (Mean of fibre length), minimal	mm	2,0	0,7	2,0	2,0
Derajat giling awal (Freeness), minimal	ml CSF	600,0	600,0	600,0	600,0
Derajat putih (Brightness), minimal	% GE	80,0	80,0	60,0	-
Ketahanan pada dera- jat giling 300 mlCSF (Strength properties at 300 ml CSF), minimal					
Indeks tarik (Tensile index)	Nm/g	50,0	30,0	50,0	60,0
Indeks retak (Burst index)	KPa.m ² /g	4,0	2,0	4,2	4,5
Indeks sobek (Tear index)	Nm ² /kg	7,5	5,0	7,5	9,0

Sumber (Source) : SNI 14 -0698-1989

IV. KESIMPULAN

Kelima jenis kayu yang diteliti menghasilkan rendemen 38,04 - 41,63%. Kayu marasi (*Hymenaea courbaril* L.), asam jawa (*Tamarindus indica* L.), kundang (*Ficus variegata* Bl.) dan kendal (*Ehretia acuminata* R.Br.) menghasilkan rendemen pulp sesuai dengan yang umum diperoleh dari proses sulfat yaitu berkisar 40 - 55%, sedangkan kayu balobo (*Diplodiscus* (?)) menghasilkan rendemen paling rendah, yaitu 38,04%. Tingkat kematangan pulp yang baik dengan bilangan Kappa yang rendah hanya diperoleh dari kayu asam jawa (*Tamarindus indica* L.), yaitu sebesar 19,85, sedangkan empat jenis kayu lainnya menghasilkan bilangan Kappa yang tinggi, yaitu berkisar 38,53 - 41,72.

Apabila ditinjau dari rendemen dan sifat pengolahan pulp, ternyata kayu asam jawa (*Tamarindus indica*) menghasilkan rendemen pulp relatif tinggi, yaitu sebesar 41,63% dan bilangan Kappa yang rendah 19,85 sehingga dapat digunakan untuk membuat pulp putih. Empat jenis kayu lainnya dapat digunakan untuk menghasilkan pulp yang tidak diputihkan. Untuk menghasilkan pulp putih keempat jenis kayu ini perlu diolah dengan meningkatkan kondisi pemasakan.

Indeks tarik kelima jenis kayu yang diteliti berkisar 42 - 61 Nm/g. Jenis kayu kundang (*Ficus variegata* Bl.) menghasilkan indeks tarik paling tinggi, yaitu 61,41 Nm/g dan memenuhi persyaratan SNI 14-0698-1989 untuk pulp sulfat belum putih dari kayu daun jarum.

Indeks sobek kelima jenis kayu yang diteliti berkisar 6,52 - 12,38 Nm²/kg. Kayu marasi (*Hymenaea courbaril* L.), kendal (*Ehretia acuminata* R.Br.) dan balobo (*Diplodiscus* (?)) menghasilkan indeks sobek yang memenuhi persyaratan SNI 14-0698-1989 untuk pulp sulfat belum putih kayu daun jarum, sedangkan kayu kundang (*Ficus variegata* Bl.) dan kayu asam jawa (*Tamarindus indica* L.) tidak memenuhi persyaratan.

Indeks retak kelima jenis kayu yang diteliti berkisar 2,47 - 3,20 KPa.m²/g. Kelima jenis kayu yang diteliti menghasilkan indeks retak yang rendah dan tidak memenuhi persyaratan SNI 14-0698-1989 untuk pulp sulfat belum putih kayu daun jarum. Akan tetapi masih memenuhi syarat SNI untuk pulp sulfat putih asal kayu daun lebar, yaitu 2,0 KPa.m²/g. Ketahanan lipat hasil penelitian lima jenis kayu yang diteliti berkisar 3,64 - 8,16.

Ditinjau dari indeks tarik, retak dan sobek, maka kayu balobo (*Diplodiscus* (?)) menghasilkan sifat fisik tertinggi diikuti kayu kundang (*Ficus variegata* Bl.) dan marasi (*Hymenaea courbaril* L.), sedangkan kayu asam jawa (*Tamarindus indica* Bl.) dan kendal (*Ehretia acuminata* R.Br.) menghasilkan sifat fisik paling rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimus. 2000. Indonesian pulp and paper industry directory 2000. Indonesian Pulp and Paper Association. Jakarta.
- Casey, J. P. 1980. Pulp and paper chemistry and chemical technology. Vol I, 3rd ed. Interscience Publishers, Inc., New York.
- Fengel, D. and G. Wegener. 1984. Wood: Chemistry, ultrastructure, reactions. Walter de Gruyter, Berlin - New York.

- Standar Nasional Indonesia. 2000. Cara uji ketahanan tarik lembaran pulp, kertas dan karton. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta. SNI 14- 4737-1998.
- Standar Nasional Indonesia. 2000. Cara uji ketahanan retak lembaran pulp dan kertas. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta. SNI 14- 0493-1998.
- Standar Nasional Indonesia. 2000. Cara uji ketahanan sobek. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta. SNI 14- 0436-1989.
- Standar Nasional Indonesia. 2000. Cara uji ketahanan lipat lembaran pulp dan kertas. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta. SNI 14- 0491-1989.
- Standar Nasional Indonesia. 2000. Cara penyediaan lembaran pulp untuk uji sifat fisik. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta. SNI 14- 0489-1989.
- Standar Nasional Indonesia. 2000. Cara uji bilangan kappa pulp. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta. SNI 14- 0489-1989.
- Standar Nasional Indonesia. 2000. Pulp sulfat kayu untuk kertas. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta. SNI 14-0698-1989.
- Sudjana. 1994. Desain dan analisis eksperimen. Edisi III. Tarsito, Bandung.
- TAPPI. 1992. Tappi test method 1992 -1993. Tappi Press. Atlanta, Georgia.