

**SIFAT PULP KRAFT KAYU SENGON (*Paraserianthes falcataria*):
Perbedaan Konsentrasi Bahan Pemasak
dan Tahap Pemutihan**

**THE PROPERTIES KRAFT PULP SENGON WOOD
(*Paraserianthes falcataria*): Differences Of Cooking Liquor Concentration
and Bleaching Sequence**

Widya Fatriasari dan Lucky Risanto
UPT Biomaterial LIPI-Cibinong
Jln. Raya Bogor KM 46 Cibinong Bogor 16911
e-mail: fatriasari@biomaterial-lipi.org

ABSTRACT

*The research was to investigate the difference effect of cooking liquor concentration and bleaching sequence on the properties Kraft pulp sengon wood (*Paraserianthes falcataria*). The Kraft pulp conditions were alkalinity (16 and 20%) and sulfidity (20 and 25%). The maximum pulping temperature was 170°C for 4 hours, Liquor to wood ratio of 4:1 and 100 gram OD. Pulp bleaching sequences were P_1DEP_2 and $D1ED_2P$. Utilization of selected Kraft pulping was effective enough for dissolving lignin. The highest and the lowest lignin decreasing were 90% and 61% respectively. The increasing effect of alkali concentration was more dominant than its sulfidity on the pulp delignification selectivity. Generally, the optimum Kraft pulping conditions were alkalinity 20% and sulfidity 25%. The sequence bleaching difference of the selected pulp tended on the decreasing of kappa number and pulp yield. The first pulp bleaching method (P_1EDP_2) was relatively better than the second method ($D1ED_2P$).*

Keywords: sengon wood, Kraft pulping, cooking liquor, bleaching sequence, pulp properties

ABSTRAK

*Penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh perbedaan kondisi pemasakan, dan pengaruh tahap pemutihan terhadap sifat pulp Kraft kayu sengon (*Paraserianthes falcataria*). Kondisi pemasakan pulp Kraft adalah alkalinitas (16 dan 20%) dan sulfiditas (20 dan 25%). Suhu pemasakan maksimum 170°C selama 4 jam, Rasio bahan pemasak terhadap serpih kayu adalah 4:1 dan BKO serpih 100 gram. Pemutihan pulp menggunakan dua urutan proses, yaitu $P1DEPP2$ dan $D1ED2P$. Kondisi pemasakan pulp Kraft terpilih cukup efektif melarutkan lignin, dengan penurunan lignin dibandingkan dengan lignin awal yang tertinggi dan terendah masing-masing sebesar 90% dan 61%. Pengaruh peningkatan konsentrasi alkali lebih dominan daripada pengaruh peningkatan sulfiditas terhadap selektivitas delignifikasi pulp. Secara umum, kondisi pemasakan optimum adalah alkalinitas 20% dan sulfiditas 25%. Perbedaan metode pemutihan pada pulp terpilih berpengaruh terhadap penurunan bilangan kappa dan rendemen pulp. Metode pemutihan pulp pertama (P_1EDP_2) relatif lebih baik dibandingkan metode pemutihan pulp kedua (D_1ED_2P).*

Kata Kunci: kayu sengon, pemasakan Kraft, bahan pemasak, tahap pemutihan, sifat pulp

PENDAHULUAN

Kecenderungan peningkatan konsumsi kertas tercermin dari peningkatan tingkat konsumsi yang lebih dari 7% per tahun dalam kurun waktu 14

tahun (1980–1994).¹ Sampai tahun 2004 tingkat konsumsi kertas cenderung naik sebesar 16,32% dibandingkan tahun 1991.² Diprediksi konsumsi kertas tumbuh 50% pada tahun 2010 dibanding-

kan tahun 2000,¹ dengan peningkatan tertinggi (lebih 80%) terjadi pada negara berkembang di Asia. Di sisi lain, selama periode 1999–2003, produksi pulp kayu meningkat 4%.³ Sampai saat ini sekitar 91% produksi pulp dan kertas di dunia menggunakan kayu sebagai bahan baku, terutama di negara berkembang.⁴ Selain itu, juga terjadi peningkatan konsumsi pulp terputihkan, terutama produksi pulp ECF dan penurunan pulp TCF.⁵

Nilai pulp dan kertas di pasar internasional cukup tinggi, yaitu berkisar US \$670–850 per ton⁶ sehingga kontinuitas bahan baku harus terjamin. Pengembangan HTI dengan kayu yang cepat tumbuh digunakan untuk memenuhi kebutuhan bahan baku pulp. Salah satunya adalah sengon yang termasuk dalam kayu daun lebar. Penggunaan kayu daun lebar ini dikembangkan untuk mendapatkan rendemen pulp yang tinggi, dengan kadar selulosa tinggi, lignin rendah, dan berat

jenis tinggi.⁷ Kayu sengon memiliki riap tumbuh tercepat, yaitu 37.4 m³/ha/tahun dengan daur 5 tahun dibandingkan dengan tanaman cepat tumbuh lain seperti *Acacia mangium*, *Gmelina arborea*, *Eucalyptus deglupta* dan *Acacia auriculiformis*.⁸ Sementara itu, menurut Marsoem⁹, riap kayu sengon adalah 40 m³/ha/tahun.

Pada proses pembuatan pulp kimia, proses kraft memberikan hasil delignifikasi tinggi sehingga rendemen dan viskositasnya tinggi,^{10,11,12,13,14} kekuatan pulp tinggi, lebih toleran terhadap variasi jenis bahan baku, kualitas kayu, ekstraktif, menghasilkan produk samping yang bernilai, dan bahan pemasak dapat diproses kembali.^{10,12,13,15} Oleh karena itu, proses kraft lebih disukai dibandingkan proses soda.^{10,11} Sampai saat ini proses kraft masih mendominasi proses *pulping* kimia dengan kekuatan pulp tinggi di seluruh dunia.^{11, 12,13,16,17}

Tabel 1. Kondisi pemutihan pulp dengan tahapan P₁EDP₂

Faktor	Tahapan Pemutihan			
	P ₁	E	D	P ₂
ClO ₂ (%)	-	-	2	-
NaOH (%)	1.5	2	-	1.5
H ₂ O ₂ (%)	3	-	-	1.5
NaSiO ₂ (%)	3	-	-	3
EDTA (%)	0.3	-	-	0.3
Temperatur °C	70	50	30	70
Waktu (menit)	180	45	60	180
Konsistensi (%)	10	10	4	10

Keterangan: P₁: Peroksida₁ (H₂O₂); E: Ekstraksi NaOH; D: Klorine dioksida (ClO₂); P₂: Peroksida₂ (H₂O₂)

Tabel 2. Kondisi pemutihan pulp dengan tahapan D₁ED₂P

Faktor	Tahapan Pemutihan			
	D ₁	E	D ₂	P
ClO ₂ (%)	2	-	2	-
NaOH (%)	-	2	-	1.5
H ₂ O ₂ (%)	-	-	-	3
NaSiO ₂ (%)	-	-	-	4
EDTA (%)	-	-	-	0.3
Temperatur °C	30	50	30	70
Waktu (menit)	60	45	60	180
Konsistensi (%)	4	10	4	10

Keterangan: D₁: Klorine dioksida₁ (ClO₂); E: Ekstraksi NaOH; D₂: Klorine dioksida₂ (ClO₂); P: Peroksida

Pada dasarnya faktor yang memengaruhi pemasakan pulp dikategorikan dalam empat kelompok. Pertama kualitas serpih (kadar air, dimensi, distribusi ukuran serpih) kedua larutan pemasak (rasio larutan terhadap serpih, konsentrasi alkali, alkali aktif, dan sulfiditas); ketiga kondisi pemasakan (waktu pemasakan, suhu pemasakan, kecepatan reaksi); dan keempat jenis kayu (berat jenis dan sifat kimia).^{7,17} Selain itu, Rahmati¹⁸ menyebutkan bahwa dua parameter efektif yang memengaruhi sifat pulp Kraft adalah sulfiditas dan alkali aktif. Sifat kekuatan pulp Kraft dapat diperbaiki dengan optimasi kondisi pemasakan.¹⁹

Pulp hasil proses pemasakan kimia umumnya masih memiliki kandungan lignin sisa yang cukup tinggi sehingga untuk meningkatkan derajat putih pulp perlu dilakukan upaya pemutihan (*bleaching*). Selain itu, pemutihan pulp juga diperlukan untuk meningkatkan kemurnian dan stabilitas pulp.²⁰ Tingkat putih pulp dipengaruhi jumlah gugus kromofor di dalam pulp. Pemutihan juga dapat digunakan untuk mengatur derajat polimerisasi selulosa dan meningkatkan kemurnian selulosa.²¹ Pada proses pemutihan juga terjadi degradasi selulosa yang dapat menyebabkan penurunan kekuatan tarik kertas.²⁰

Oleh karena itu, pemasakan kayu sengon ini akan dilakukan beberapa variasi konsentrasi bahan pemasak untuk mendapatkan kondisi pemasakan yang optimum. Studi ini ditujukan untuk mengkaji pengaruh perbedaan konsentrasi larutan pemasak (konsentrasi alkali dan sulfiditas) dan pengaruh perbedaan metode pemutihan terhadap sifat pulp Kraft yang dihasilkan berdasarkan parameter rendemen pulp total, bilangan kappa, dan selektifitas delignifikasi.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Hasil Hutan, IPB untuk pemasakan pulp, dan Laboratorium Konversi Biomassa UPT Biomaterial LIPI Cibinong untuk pengujian sifat pulp dan proses pemutihan pulp. Proses pemasakan dan pengujian sifat pulp dilakukan pada bulan November–Desember 2009, sedangkan proses pemutihan pulp dilaksanakan pada bulan Agustus 2010.

Tabel 3. Sifat kimia kayu sengon pada berbagai empat lokasi tempat tumbuh di Pulau Jawa.^{23,24,25}

Komponen kimia kayu sengon		Lokasi tumbuh			
		Cibinong	Cikampek	Tasikmalaya	Candiroto
Kelarutan etanol-benzene (%) ²³	Hasil	5.25	3.4	4.57	5.99
	Kelas Mutu ²⁵	Baik			
Kadar lignin (%) ²⁴	Hasil	22.3	30.9	29.9	26.9
	Kelas mutu ²⁵	Baik	Kurang	Cukup	Cukup
Kadar holoselulosa (%) ²³	Hasil	75.2	72.5	69.7	71.9
	Kelas mutu ²⁵	Baik			

Tabel 4. Rekapitulasi sifat pulp kraft kayu sengon pada berbagai konsentrasi larutan pemasak

Konsentrasi		Rendemen (%)		Bilangan kappa		Lignin klason (%)		Selektivitas Delignifikasi (%)	
Alkali (%)	Sulfiditas (%)	Rerata	Stdev	Rerata	Stdev	Rerata	Stdev	Rerata	Stdev
16	20	48.457	6.80	55.09	3.35	5.34	0.44	13.04	0.80
16	25	53.055	8.56	66.07	3.57	8.59	0.46	8.36	3.13
20	20	40.935	8.41	33.66	5.59	4.38	0.73	22.16	3.85
20	25	46.123	1.90	22.46	2.59	2.31	0.91	33.61	3.30

Bahan

Bahan Baku Kayu: Jenis kayu yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu sengon *Paraserianthes falcataria* yang berumur 5 (lima) tahun dan diambil dari daerah Petir, Cibereum (Bogor).

Metode

Persiapan bahan baku: log kayu sengon dikuliti dan dipotong arah transversal. Selanjutnya potongan kayu dicacah secara manual, yaitu golok untuk dijadikan serpih dengan ukuran panjang ± 3 cm, lebar 2–3 cm, tebal 2–3 mm. Serpih kemudian di keringkan di tempat terbuka sampai mencapai kadar air keseimbangan. Serpih kemudian diukur kadar airnya dan ditimbang dengan BKO (berat kering oven) dengan target 100 gram dan dimasukkan ke dalam plastik tertutup untuk menjaga perubahan kadar air.

Pembuatan pulp: Serpih kayu sengon yang telah dimasukkan dalam plastik kemudian dimasak dengan proses Kraft dengan kondisi sebagai berikut: konsentrasi alkali 16 dan 20%, sulfiditas 20 dan 25% terhadap BKO, L:W = 1:4 (L= BKO serpih, W=larutan pemasak), lama pemasakan total 4 jam, pada suhu 170°C. Setelah pemasakan selesai, serpih kayu dicuci sampai bebas alkali dan dihomogenkan menggunakan *mixer*. Ulangan masing-masing perlakuan adalah tiga kali.

Pengujian pulp: Pulp dihitung rendemen totalnya²¹ (T 210cm-93), dianalisis bilangan kappa (T 236 cm-85)²² dan selektifitas delignifikasi (rasio antara karbohidrat dengan lignin dalam pulp). Presentase lignin klason dihitung sebagai 0.13 x bilangan kappa.²² Pulp masing-masing kondisi pemasakan kemudian dibandingkan kualitasnya berdasarkan parameter yang diukur rendemen total, bilangan kappa dan selektifitas delignifikasi untuk mengetahui kondisi pemasakan yang memberikan kondisi optimum.

Pemutihan pulp: Pulp dengan kondisi optimum diputihkan dengan 2 metode pemutihan ECF (*elemental chlorine free*) dengan tahapan, yaitu P₁EDP₂ dan D₁ED₂P yang disajikan pada Tabel 1 dan 2 berikut. Pulp hasil pemutihan selanjutnya diuji bilangan kappa²² dan dihitung rendemennya.²¹

ANALISIS DATA

Data penelitian dianalisis dengan membandingkan dari nilai rata-rata pengukuran sifat-sifat pulp yang diperoleh pada masing-masing proses pemasakan dan pemutihan. Selain itu, data tersebut juga dikaitkan dengan kandungan kimia kayu sengon (Tabel 3), terutama yang tumbuh di Cibinong untuk analisis terhadap parameter yang diamati.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada dasarnya sifat pulp selain ditentukan kondisi pemasakan yang digunakan juga dipengaruhi oleh kandungan komponen kimia bahan baku. Tabel 3 di bawah ini menunjukkan komposisi kimia kayu sengon pada empat lokasi tumbuh di Pulau Jawa. Berdasarkan data tersebut tampak secara umum bahwa kayu sengon diduga memiliki sifat pulp yang baik (kelarutan etanol benzene dan kadar holoselulosa) dan kurang-cukup (kadar lignin) dan yang terbaik sengon yang tumbuh di Cibinong. Hal ini mengindikasikan bahwa pembuatan pulp kayu sengon yang berasal dari wilayah Bogor (dalam hal ini diwakili data sifat kimia kayu sengon dari Cibinong) mengindikasikan akan menghasilkan kualitas pulp yang baik (rendemen tinggi dan bilangan kappa rendah). Hanya saja perlu diaplikasikan untuk melihat kualitas pulpnya pada pemasakan Kraft.

Rendemen Pulp

Besarnya rendemen yang diperoleh merupakan kriteria dalam menentukan efektivitas proses pulping. Semakin tinggi nilai rendemen, maka proses pulp akan semakin efektif. Rendemen pulp kimia skala komersial biasanya berkisar antara 40–55%.¹³ Rendemen pulp pemasakan yang diperoleh berkisar antara 41–53%. Hal ini berarti rendemen pulp yang diperoleh berada dalam selang rendemen pulp kimia skala komersial. Tabel 2 menyajikan rekapitulasi data sifat pulp kraft kayu sengon pada berbagai konsentrasi bahan pemasak. Penggunaan konsentrasi bahan pemasak yang berbeda memberikan hasil rendemen total pulp yang berbeda pula (Tabel 4). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Rahmati¹⁸ dengan bahan baku kayu *E.camaldulensis*, yang melaporkan bahwa penggunaan bahan kimia pemasakan yang berbeda berpengaruh terhadap

rendemen pulp, bilangan kappa, viskositas, dan kecerahan pulp.

Penggunaan konsentrasi NaOH 16% dan sulfiditas 25% memberikan rendemen pulp yang tertinggi, sedangkan yang terendah pada pemasakan pulp dengan NaOH dan sulfiditas 20%. Hal ini menunjukkan bahwa sulfiditas yang lebih tinggi memberikan hasil rendemen pulp yang lebih baik dibandingkan sulfiditas yang lebih rendah pada kondisi konsentrasi alkali yang sama. Adapun besar kenaikan rendemen pada alkali 16% dan 25% berturut-turut sebesar 9,5% dan 12,7%. Sementara itu, pada kondisi sulfiditas yang sama, konsentrasi alkali yang lebih tinggi menghasilkan rendemen pulp yang lebih rendah dengan penurunan rendemen yang terjadi yaitu sebesar 15,5% (sulfiditas 20%) dan 13% (sulfiditas 25%). Hal ini berarti penurunan rendemen pulp pada penggunaan konsentrasi alkali yang lebih tinggi (4%) lebih besar daripada kenaikan rendemen dengan penggunaan sulfiditas yang lebih tinggi (5%). Hal ini dapat dimengerti karena dalam proses delignifikasi dalam proses kraft, ion hidrosulfida (HS^-) dan sulfida selektif dalam mempertahankan selulosa dibandingkan NaOH dan berfungsi utamanya sebagai katalis yang tidak mengonsumsi atau banyak mentransformasi.¹⁷ Menurut Smook,¹⁷ selama pemasakan, karbohidrat utamanya hemiselulosa (50%) dan beberapa selulosa (10%) juga diserang oleh ion OH^- dan HS^- dalam delignifikasi dan fragmentasi lignin. Hal tersebut dapat menyebabkan terjadinya penurunan rendemen pulp. Oleh karena itu, jika ditinjau dari segi rendemen pulp, adalah lebih baik menggunakan kondisi pemasakan dengan alkali yang lebih rendah yaitu 16% karena peningkatan konsentrasi alkali di bawah 5% menyebabkan penurunan rendemen pulp yang cukup besar.

Bilangan Kappa

Bilangan kappa menunjukkan tingkat kematangan dan daya terputihkan atau derajat delignifikasi pulp. Bilangan ini dapat dijadikan sebagai alat untuk membandingkan kadar lignin antarperlakuan. Pulp dengan derajat kematangan yang baik akan memberikan nilai bilangan kappa yang rendah dalam pengujiannya. Berdasarkan data bilangan kappa pada Tabel 2 terlihat bahwa bilangan kappa berkisar antara 22,5–66, di mana yang tertinggi

adalah pada pemasakan dengan alkali 16% dan sulfiditas 25%, dan yang terendah pada sulfiditas 25% dan alkali 20%. Pengaruh peningkatan sulfiditas pada konsentrasi alkali yang tetap tampaknya memiliki respons yang berbeda, di mana pada penggunaan alkali 16%, terjadi peningkatan bilangan kappa sebesar 20%, sedangkan pada alkali 20% terjadi penurunan bilangan kappa yang cukup besar, yaitu 33%. Sementara itu, pengaruh peningkatan konsentrasi alkali memiliki respons yang sama, yaitu berupa penurunan bilangan kappa yang cukup besar, sebesar 38,9% (sulfiditas 20%) dan 66% (sulfiditas 25%).

Hal ini berarti meskipun kondisi pemasakan dengan alkali 16% dan sulfiditas 25% memberikan rendemen pemasakan yang tertinggi, tetapi bahan kimia pemasak tidak cukup berperan secara efektif dalam proses delignifikasi serpih kayu sengon. Hal ini menunjukkan bahwa sulfiditas yang lebih tinggi memberikan hasil rendemen pulp yang lebih baik dibandingkan sulfiditas yang lebih rendah pada kondisi konsentrasi alkali yang sama. Adapun besar kenaikan bilangan kappa pada alkali 16% dan 25% berturut-turut sebesar 9,5% dan 12,7%. Sementara itu adalah pada kondisi sulfiditas yang sama, konsentrasi alkali yang lebih tinggi menghasilkan bilangan kappa pulp yang lebih rendah dengan penurunan bilangan kappa yang terjadi, sebesar 15,5% (sulfiditas 20%) dan 13% (sulfiditas 25%). Hal ini berarti penurunan bilangan kappa akibat penggunaan konsentrasi alkali yang lebih tinggi (4%) lebih besar daripada kenaikan bilangan kappa dengan penggunaan sulfiditas yang lebih tinggi (5%). Hasil ini tidak seperti yang diharapkan sebelumnya, di mana peningkatan sulfiditas lebih berperan dalam menurunkan bilangan kappa, seperti yang diungkapkan Rahmati¹⁸, yaitu efisiensi penghilangan lignin meningkat dengan meningkatnya sulfiditas. Akan tetapi, dalam praktiknya, sulfiditas sering ditentukan pula oleh keseimbangan kimia: lebih tinggi di siklus tertutup dan lebih rendah di proses pemasakan terbuka. Sulfiditas optimum tergantung beberapa faktor, yaitu jenis kayu, konsentrasi alkali, suhu pemasakan, dan sifat akhir produk yang diharapkan. Selain itu, juga diungkapkan bahwa bilangan kappa yang tinggi dari pemasakan Kraft *E.camaldulensis* diperoleh pada alkali aktif yang lebih rendah dan sulfiditas yang lebih

tinggi. Konsentrasi alkali aktif memiliki pengaruh yang berkebalikan terhadap bilangan kappa, tetapi sulfiditas memiliki pengaruh yang positif (sejalan). Oleh karena itu, jika melihat pengaruh kondisi pemasakan terhadap bilangan kappa maka penggunaan alkali 20% dan sulfiditas 25% dapat digunakan sebagai pilihan.

Klason lignin merupakan fungsi dari bilangan kappa pulp, di mana bilangan kappa yang tinggi mencerminkan kandungan lignin yang tersisa yang relatif masih tinggi dalam pulp dibandingkan dengan kondisi sebaliknya. Dalam hal ini, kondisi pemasakan dengan alkali 16% dan sulfiditas 20% memberikan lignin sisa tertinggi dan alkali 20% dan sulfiditas 25% memberikan lignin sisa yang terendah. Jika dihubungkan dengan kandungan lignin awal dari kayu sengon di Cibinong (Tabel 3) maka besarnya penurunan lignin yang tertinggi dan terendah masing-masing sebesar 90% dan 61%. Hal ini berarti kondisi pemasakan yang digunakan relatif efektif pada

pelarutan/delignifikasi lignin. Lignin yang mengembang dalam pemasakan Kraft pada serpih kayu secara kimia dipecah menjadi fragmen ion hidroksil (OH-) dan hidrosulfida (SH-) pada cairan bahan pemasak. Fragmen lignin kemudian terlarut dalam bentuk ion phenolate atau ion karboksilat.¹⁷

Selektivitas Delignifikasi

Selektivitas delignifikasi merupakan suatu ukuran keefektifan proses pemasakan pulp yang digunakan. Selektivitas delignifikasi merupakan rasio antara jumlah karbohidrat terhadap lignin yang tersisa pada pulp. Semakin tinggi nilai selektivitas delignifikasi pulp maka karbohidrat yang hilang selama proses *pulping* semakin sedikit.¹¹ Berdasarkan data pada Tabel 2 di atas nilai selektivitas delignifikasi berkisar antara 8,4–33,6%, dengan nilai yang tertinggi pada kondisi pemasakan dengan alkali 20% dan sulfiditas 25% dan yang terendah pada alkali

Tabel 5. Rendemen dan bilangan kappa pulp Kraft kayu sengon setelah pemutihan

Tahapan pemutihan	Perlakuan		Rendemen (%)				Bilangan kappa			
	Alkali (%)	Sulfiditas (%)	awal	Stdev	Akhir	Stdev	awal	Stdev	akhir	Stdev
P ₁ EDP ₂	20	25	46.12	1.90	17.72	6.21	22.46	2.59	4.85	1.60
Penurunan (%)			61.59						78.42	
D ₁ ED ₂ P ₁	20	25	46.12	1.90	13.36	0.03	22.46	2.59	4.99	1.62
Penurunan (%)			71.04						77.78	

Tabel 6. Rekapitulasi rendemen pulp setiap tahap pemutihan dan degradasinya

Metode pemutihan	Tahapan	Rendemen per tahap (%)		Penurunan rendemen (%)	
		Rata-rata	Stdev	Rata-rata	Stdev
P ₁ EDP ₂	P ₁	28.535	8.22	37.346	22.48
	E	23.298	3.03	48.879	6.96
	D	23.298	3.03	48.879	6.96
	P ₂	17.716	6.21	56.99	10.13
D ₁ ED ₂ P ₁	D ₁	24.443	4.77	46.618	10.43
	E	28.991	4.76	36.398	5.59
	D ₂	20.596	0.45	55.399	0.53
	P ₁	13.358	0.03	70.699	0.7

16% dan sulfiditas 25%. Hal ini berarti aktivitas pendegradasian lignin pada pemasakan dengan alkali 20% dan sulfiditas 25% lebih intensif dibandingkan dengan pendegradasian terhadap karbohidrat (selulosa dan hemiselulosa).

Secara umum, penggunaan konsentrasi alkali 20% memberikan nilai selektivitas delignifikasi yang lebih tinggi dibandingkan alkali 16%. Efek peningkatan sulfiditas pada alkali 16% dan 20% memberikan pengaruh yang berbeda. Terjadi penurunan selektivitas delignifikasi cukup besar, yaitu 35,9% pada alkali 16%, sedangkan pada alkali 20% justru terjadi peningkatan sebesar 51,67%. Pengaruh alkali dapat dilihat berupa peningkatan selektivitas delignifikasi baik pada sulfiditas 20% dan 25%, dengan nilai yang signifikan yaitu 69,93% dan 302%. Hal ini berarti dalam studi ini pengaruh peningkatan konsentrasi alkali lebih dominan dibandingkan pengaruh peningkatan sulfiditas. Jika ditinjau dari nilai selektivitas delignifikasi maka penggunaan larutan pemasak dengan konsentrasi alkali 20% dan sulfiditas 25% merupakan yang paling baik.

Bilangan Kappa dan Rendemen Pasca-Pemutihan Pulp

Tabel 5 di bawah ini menyajikan rekapitulasi perubahan nilai rendemen dan bilangan kappa pada pulp dengan kondisi pemasakan pulp optimum (sulfiditas 25% dan konsentrasi alkali 20%) setelah diputihkan dengan 2 tahap yang berbeda. Berdasarkan tabel tersebut, tampak bahwa perbedaan tahapan pemutihan pulp memberikan perbedaan yang cukup signifikan terhadap nilai rendemen akhir setelah proses pemutihan. Pemutihan dengan metode 1 (P_1EDP_2) menyebabkan penurunan rendemen pulp yang lebih rendah dibandingkan metode 2 ($D_1ED_2P_1$). Hal ini berarti proses degradasi selulosa yang merupakan aktivitas samping dalam setiap tahapan pemutihan pulp lebih intensif terjadi dengan metode 2.

Metode pemutihan dengan 2 metode tersebut juga relatif memberikan penurunan bilangan kappa pulp yang signifikan, yang dicerminkan presentase penurunan bilangan kappa yang cukup tinggi (hampir 80%) dibandingkan bilangan kappa awal. Hal ini berarti metode pemutihan pulp yang digunakan cukup efektif dalam menurunkan kadar

lignin pada pulp. Aktivitas pemutihan yang efektif terjadi jika bahan kimia pemutih bereaksi lebih cepat dengan lignin, mendegradasinya sehingga larut air dan atau fragmen larut dalam alkali, dibandingkan reaksinya terhadap karbohidrat, yaitu selulosa. Tidak ada perbedaan signifikan pada penurunan bilangan kappa, baik dengan metode 1 maupun 2. Penggunaan beberapa tahap dalam proses pemutihan pulp cenderung menyebabkan penurunan rendemen yang cukup besar dalam setiap tahapan. Adapun besar rendemen pulp dan penurunannya pada setiap tahap pemutihan pada metode 1 dan 2 disajikan pada Tabel 5.

Penggunaan beberapa tahap pemutihan ditujukan untuk menghilangkan gugus kromofor pada pulp secara menyeluruh. Akan tetapi, pemutihan beberapa tahap cenderung menyebabkan penurunan rendemen yang cukup besar dalam setiap tahapan. Adapun besar rendemen pulp dan penurunannya pada setiap tahap pemutihan pada metode 1 dan 2 disajikan pada Tabel 6 berikut.

Berdasarkan tabel tersebut tampak bahwa, baik pada metode 1 dan 2, rendemen terendah terjadi pada tahap akhir proses pemutihan, dengan besar penurunan rendemen pada metode 2 pada setiap tahapan di atas 35%. Penurunan rendemen pulp pada setiap tahap pemutihan tidak bisa dihindari karena dalam aktivitas pendegradasian lebih lanjut lignin pada pulp juga terjadi degradasi terhadap selulosa. Tahap awal pemutihan utamanya digunakan untuk delignifikasi pulp. Setiap bagian tahapan pemutihan merupakan kelanjutan dari proses delignifikasi yang dimulai pada proses pemasakan. Pada tiap tahap pemutihan dilakukan pencucian untuk menghilangkan produk hasil reaksi.^{17, 20, 26}

Pada penelitian ini dengan kedua metode dilakukan pemutihan tahap akhir dengan peroksida karena peroksida merupakan bahan kimia pemutih yang efektif menjaga lignin, memberikan peningkatan terbatas pada kecerahan dan memperbaiki stabilitas kecerahan pulp¹⁷ serta mengurangi gugus kromofor dalam lignin.²¹ Namun, penggunaan peroksida juga dapat menyebabkan beberapa kehilangan kekuatan pulp.²¹ Peroksida juga bermanfaat pada tahap akhir pemutihan dan sangat dipengaruhi oleh pH sehingga pH proses pemutihan dipertahankan pada kisaran 10.5.

Pengontrolan pH dapat dilakukan dengan penambahan natrium hidroksida dan natrium silikat sebagai penstabil dan agen buffer dalam sistem pemutihan peroksida.¹⁷ Peroksida terutama bereaksi dengan kelompok fungsional lignin seperti kelompok karbonil, sedangkan ClO₂ utamanya bereaksi dengan kelompok phenolik hidroksil. Sementara itu, ekstraksi dengan alkali menghasilkan gugus kromofor baru meskipun efektif dan ekonomis²¹ sehingga perlu dilakukan tahap pemutihan lebih lanjut.

KESIMPULAN

Kondisi pemasakan pulp Kraft yang dipilih cukup efektif melarutkan lignin, yang ditunjukkan dengan penurunan lignin dibandingkan dengan lignin awal yang tertinggi dan terendah, masing-masing sebesar 90% dan 61%. Pengaruh peningkatan konsentrasi alkali lebih dominan dibandingkan peningkatan sulfiditas terhadap selektivitas delignifikasi pulp. Secara umum, penggunaan konsentrasi alkali 20% dan sulfiditas 25% merupakan kondisi yang paling optimum untuk pemasakan pulp Kraft kayu sengon. Perbedaan metode pemutihan pada pulp optimum berpengaruh terhadap penurunan bilangan kappa dan rendemen pulp, di mana setiap tahapan pemutihan cenderung semakin menurunkan rendemen pulp. Metode pemutihan 1 (P₁EDP₂) relatif lebih baik dibandingkan metode pemutihan 2 (D₁ED₂P).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Nyoman Wistara, Ph.D., Dedi Triyono Adi N., M.Si. dan Rd. Budi Permana, Amd., Suprihatin dan Gunawan atas segala bantuannya dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan *paper* ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ¹World Pulp and Paper.2010.(<http://www.mbendi.com/indy/pulp/p0005.htm>., diakses 26 Januari 2010).
- ² Rodriguez, A., Moral, A., Serrano, L., Labidi, J., Jimenez, L. 2008. Rice Straw Pulp Obtained by Using Various Methods. *Bioresource Technology*, 99: 2881–2886.

- ³Jimenez, L., L. Serrano, A. Rodriguez, and R. Sanchez. 2009. Soda-Anthraquinone Pulping of Palm Oil Empty Fruit Bunches and Beating of the Resulting Pulp. *Bioresource Technology*, 100: 1262–1267.
- ⁴Ates, S., Y. Ni, C. Atik, and S. Imamoglu. 2008. Pretreatment by *Cereperiopsis subvesmisporea* and *Phlebia subserialis* of Wheat Straw and Its Impact on Subsequent Soda-AQ and Kraft-AQ Pulping. Bucharest University, Roumanian Society of Biological Science. *Roumanian Biotechnological letter*, 13(5): 3914–3921.
- ⁵Lopez, F., M.J.Diaz, M.E.Eugenio, J.Ariza, A.Rodriguez, L.Jimenez. 2003. Optimization of Hydrogen Peroxide in Totally Chlorine Free Bleaching of Cellulose Pulp from Olive Tree Residues. *Bioresources Technology*, 87: 255–261.
- ⁶Tambunan, E. 2010. Harga Pulp Sentuh Titik Tertinggi. (<http://bataviase.co.id/node/273075>, diakses 08 April 2010).
- ⁷Nawawi, D. S. 1997. *Bahan praktikum m.a. Pulp dan Kertas Bagian 1: Persiapan, pemasakan dan pencucian pulp*. Jurusan Teknologi Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan IPB. Bogor (tidak dipublikasi).
- ⁸Kementrian Kehutanan Republik Indonesia. 2009. Hutan Rakyat untuk Melestarikan Sumber Daya Alam Sekaligus Meningkatkan Pendapatan Masyarakat. (http://www.dephut.go.id/INFORMASI/PROPINSI/JAMBI/ht_jambi.html, diakses 26 Januari 2010).
- ⁹Marsoem, S. N. 2005. Tropical Wood From Indonesia. Dalam Ishiguri, F., J. Eizawa, Y. Saito, K. Iizuka, S. Yokota, D. Priadi, N. Sumiasri, and N. Yoshizawa. 2007. Variation in the wood properties of *Paraserianthes falcataria* planted in Indonesia. *IAWA Journal*, 28(3): 339–348.
- ¹⁰Vu, T. H. M., H. Pakkanen, and R. Alen. 2004. Delignification of Bamboo (*Bambusa procera* acher): Part 1. Kraft Pulping and the Subsequent Oxygen Delignification to Pulp with a Low Kappa Number. *Industrial Crops and Product*, 19: 49–27.
- ¹¹Sjostrom, E. 1995. *Kimia kayu “Dasar-dasar dan Penggunaan”*. Edisi 2. Penerjemah Hardjono Sastrohamidjojo dan Soenardi Prawirohadmodjo. Gajah Mada University Press: 113–115.
- ¹²Fengel, D and G. Wegener. 1989. *Extractives in Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reaction*. Berlin: Walter de Gruyter.
- ¹³Karlsson, H., A. B. Lorentzen dan Wettre. 2006. *Fibre Guide: Fibre Analysis and Process Applications in the Pulp and Paper Industry*. AB Lorentzen & Wettre, Box 4, SE-164 93, Kista, Sweden.

- ¹⁴Salmela, M., R. Alen, M. T. H. Vu. 2008. Description of Kraft Cooking and Oxygen–Alkali Delignification of Bamboo by Pulp and Dissolving Material Analysis. *Industrial crops and products*, 28: 47–55.
- ¹⁵Yusup, C. 2004. *Dead Load Reduction Studies in Chemical Recovery. Alkaline Pulping*, Georgia, USA
- ¹⁶Vaaler, A. D. and S. T. Moe. 2001. Carbohydrate Profile Of Kraft Pulps Manufactured With White Liquor Additive. *Proc. 11th ISWPC*, 2: 287–281.
- ¹⁷Smook, G. A. 1992. *Handbook for Pulp & Paper Technologists*. Second Edition. Angus Wilde Publications.
- ¹⁸Rahmati, H., Navaee-Ardeh, S. and H. Aminian. 2007. Influence of Sulphidity and Active Alkali Charge on the Properties of Pulp Produce from *Eucalyptus Camaldulensis*. *Journal of Plant Sciences*, 2(6): 600–606.
- ¹⁹Akgul, M., Y. Copur, and S. Temiz. 2007. A Comparison of Kraft and Kraft-Sodium Borohydrate Brütia Pine Pulp. *Building and Environment*, 42: 2586–2590.
- ²⁰Fuadi, A. M. dan H. Sulistyia. 2008. Pemutihan Pulp dengan Hidrogen Peroksida. *Reaktor*, 12(2): 123–128.
- ²¹TAPPI TEST METHODS. 1996. Weighing, Sampling and Testing Pulp for Moisture TAPPI Press. Atlanta, Georgia.
- ²²TAPPI TEST METHODS. 1996. Kappa Number of Pulp. TAPPI Press. Atlanta, Georgia
- ²³Fitria, W. Fatriasari, E. Hermiati, N. Sri Hartati. 2010. Pengaruh Lokasi Tempat Tumbuh Terhadap Kandungan Kimia Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria*) Sebagai Bahan Baku Pulp. *Jurnal Teknologi Hasil Hutan*, 3(2): 45–50.
- ²⁴Hartati, S. N., W. Fatriasari, E. Hermiati, W. Dwianto, dan E. Sudarmonowati. 2005. Seleksi Bibit Unggul Sengon: Sifat Fisik dan Kandungan Lignin. *Makalah dalam Seminar Nasional Pengembangan, Pengelolaan dan Pemanfaatan Hasil Hutan Rakyat di Indonesia*. Yogyakarta
- ²⁵LPHH. 1976. *Dimensi Serat Jenis Kayu di Indonesia*. Bogor: P3HH.
- ²⁶Gullichsen, J. and H. Paulapuro. 1999. *Papermaking Science and Technology: Chemical Pulping*. Book 6. Published in cooperation with the Finnish Paper Engineers Association and TAPPI.

