

PEMBUATAN KARTON SKALA INDUSTRI KECIL DARI CAMPURAN LIMBAH PEMBALAKAN KAYU HUTAN TANAMAN INDUSTRI DAN SLUDGE INDUSTRI KERTAS

*(Manufacture of Paperboard in Small-Scale Industry from the Mixture of
Plantation Forest's Wood Logging Wastes and Paper-Mill Sludge)*

Oleh/By :
Han Roliadi¹⁾ & Yoswita¹⁾

¹⁾ Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Jl. Gunung Batu No. 5, Bogor
Telp. (0251) 8633378, Fax. (0251) 8633413

Diterima 2 Februari 2009, disetujui 17 Desember 2009

ABSTRACT

Small-scale paperboard industries that use the mixed raw-material of paper-mill sludge and waste paper currently encounter difficulties obtaining the latter item. In other side, wood wastes generated from the logging of industrial plantation forest are potentially abundant and so far not yet utilized effectively. As the relevance, a trial has been carried out on paperboard manufacture using the mixture of pulp from industrial plantation forest's wood-logging waste and paper-mill sludge at two various proportions, i.e. 25%:75% and 100%:0%.

The processing of those wastes into pulp was conducted in a semi-pilot scale cooking digester using the semi-chemical soda pulping conditions, i.e. alkali (NaOH) concentration at 14% and 16%, ratio of wastes to cooking liquor 1:5.5, maximum temperature at 120°C kept for 3 hours under 1.2-1.5 atmospheric pressures. The resulting pulp at 14% was judged more appropriate as the sludge mixture based on the yield, alkali consumption and Kappa number. The paperboard-sheet forming from the mixture was carried out at a small-scale community-owned paperboard industry, incorporating the use of additives, i.e. 5% clay filler, 2% alum retention-agent, 4% tapioca binder, 2% rosin soap. Yield, physical/strength properties and water absorption of paperboard from the mixture of industrial plantation forest's wood-logging waste pulp (25%) and paper-mill sludge (75%) were worse than those from 100% logging waste pulp, but still better than those produced by small-scale community-industry that uses the mixture of waste paper (50%) and sludge (50%), without additives; and could mostly satisfy the requirement for commercial paperboard. This suggests the prospective use of pulp from plantation forest's wood-logging wastes as substitute material mixed with sludge (at 25%:75% proportion), in place of the waste paper the small-scale industry currently uses for the sludge mixture.

Keywords : Wood-logging wastes, industrial plantation forest, waste paper, paper-mill sludge, paperboard

ABSTRAK

Industri karton skala kecil yang dewasa ini menggunakan bahan baku campuran lumpur padat (*sludge*) dan kertas bekas mengalami kesulitan mendapatkan kertas bekas tersebut. Di lain hal, limbah pembalakan hutan tanaman industri berlimbah potensinya sehingga disarankan penggunaannya sebagai pengganti kertas bekas untuk campuran *sludge* tersebut. Terkait dengan hal tersebut, telah dilakukan percobaan pembuatan karton skala industri kecil menggunakan campuran pulp limbah pembalakan tersebut dan *sludge* industri kertas pada 2 proporsi yaitu 25% : 75% dan 100% : 0%.

Pengolahan limbah pembalakan menjadi pulp dilakukan dalam ketel pemasak skala semi pilot dengan kondisi *pulping* semi-kimia soda pada konsentrasi alkali (NaOH) 14% dan 16%, perbandingan berat limbah dengan larutan pemasak 1:5,5, suhu maksimum pemasakan 120°C selama 3 jam pada tekanan 1,2-1,5 atmosfer. Hasil pulp pada konsentrasi 14% lebih sesuai sebagai campuran *sludge* ditinjau dari rendemen, konsumsi alkali dan bilangan Kappa. Pembentukan lembaran karton dari campuran tersebut dilakukan di industri karton rakyat (skala kecil), dengan menggunakan aditif yaitu kaolin 5%, tawas (alum sulfat) 2%, perekat tapioka 4% dan *rosin soap* 2%. Rendemen dan sifat fisik/kekuatan karton dari campuran pulp limbah pembalakan (25%) dan *sludge* (75%) berikut bahan aditif lebih rendah dari campuran dengan proporsi 100%:0% (ke dua proporsi tersebut menggunakan aditif). Akan tetapi sifat fisik/kekuatan karton dari campuran tersebut (25%:75%) masih lebih baik/tinggi dari pada sifat karton produksi industri rakyat yang menggunakan campuran kertas bekas (50%) dan *sludge* (50%) tanpa aditif dan banyak memenuhi persyaratan karton komersial. Dengan demikian pulp limbah pembalakan tersebut berprospek cerah sebagai campuran *sludge* dan sebagai bahan substitusi kertas bekas yang banyak digunakan industri karton rakyat.

Kata kunci : Limbah pembalakan, hutan tanaman industri, kertas bekas, *sludge* industri Kertas, karton

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pemerintah Indonesia khususnya Departemen Kehutanan telah membuat kebijakan *soft landing* yang antara lain isinya mengurangi peranan hutan alam produksi sebagai bahan pemasok kayu industri pengolahan kayu khususnya penggergajian, venir dan kayu lapis, dan pulp dan kertas (Prakosa, 2002). Dengan demikian hutan tanaman industri (HTI) berpeluang secara nyata mengganti peran hutan alam produksi. Hingga kini (tahun 2005), pembangunan HTI mencapai 3,0 juta ha (Anonim, 2006). Potensi kayu HTI tersebut menurut jenis yang ditanam dan rotasi tebang yang digunakan yaitu berkisar 150-300 m³/ha. Limbah pembalakan hutan tanaman diperkirakan sebesar 8-10% dari produksi kayu HTI (Anonim, 2002; Pasaribu dan Roliadi, 2005) dan atas dasar itu diperkirakan potensi limbah kayu HTI tersebut sekitar 72-90 juta m³/tahun.

Limbah pembalakan di hutan termasuk HTI selama ini hanya dibiarkan di tempat penebangan hingga membusuk. Di samping itu, limbah tersebut sekiranya diterpa oleh sinar matahari akan mengering sehingga mudah terbakar baik disengaja atau tidak. Selanjutnya terbakarnya limbah tersebut dapat menyebabkan kebakaran hutan dan selanjutnya menjadi rusak atau berkurangnya areal hutan dan sekaligus mengakibatkan pemanasan global (emisi karbon ke atmosfer). Di sisi lain, industri karton skala kecil yang ada saat ini mengalami kesulitan mendapatkan bahan baku serat berupa pulp dan kertas bekas dalam jumlah cukup dan harga dapat diterima oleh industri tersebut (Anonim, 2007). Salah satu usaha yang dilakukan industri karton skala kecil untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan cara memproduksi karton menggunakan limbah industri kertas berupa lumpur padat (*sludge*) yang potensinya cukup berlimpah sebagai bahan baku serat utamanya dan kertas bekas sebagai pencampur saja karena harganya cukup mahal (Rina, *et al.*, 2002; Komarayati *et al.*, 2008). Akan tetapi, produksi karton ini tidak dapat memenuhi permintaan kualitas karton dari beberapa produsen produk jadi skala kecil, seperti buku-buku pelajaran, sepatu, tas dan pakaian jadi. Ini disebabkan kualitas karton yang dibuat dari *sludge* rendah karena sifat *sludge* yang higroskopis, berserat pendek dan mengandung bahan bukan serat (Maybee, 1999).

Terkait dengan segala uraian di atas guna mengatasi limbah pembalakan kayu HTI dan membantu kesulitan industri karton rakyat mendapatkan kertas bekas dan bahan serat berligno-selulosa sebagai pencampur sludge, telah dilakukan percobaan pembuatan karton pada skala industri kecil dari campuran pulp limbah pembalakan kayu HTI dan *sludge* industri kertas dengan penggunaan aditif (bahan pengisi kaolin, bahan retensi tawas/alum sulfat, perekat tapioka dan *rosin soap*). Rincian hasil percobaan diuraikan berikut ini.

II. BAHAN DAN METODE

A. Lokasi Penelitian

Pembuatan pulp dari limbah pembalakan kayu dari HTI dilakukan di Laboratorium Pengolahan Kimia dan Energi Hasil Hutan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan (P3HH), Bogor. Sedangkan pembentukan lembaran karton dari pulp tersebut dilakukan di industri karton rakyat (PT "DS"), Desa Adikarso, Kabupaten Kebumen (Provinsi Jawa Tengah).

B. Bahan dan Alat

Bahan baku utama yang digunakan adalah limbah kayu campuran yang memiliki berat jenis 0,28-0,49 diambil dari HTI di Kabupaten Toba Samosir, Sumatera Utara. Bahan kimia yang digunakan untuk analisa sifat pengolahan (konsumsi alkali, bilangan kappa) adalah barium klorida (BaCl_2), asam klorida (HCl) 0,1 N, indikator fenolthalein, kalium permanganat (KMnO_4) 0,1 N, air suling, asam sulfat (H_2SO_4), kalium iodida (KI), natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) dan indikator kanji. Bahan kimia pemasak serpih kayu yang digunakan adalah soda api (NaOH). Sedangkan untuk pembentukan lembaran karton digunakan aditif berupa pengisi kaolin, bahan retensi tawas (alum sulfat), bahan perekat tapioka, bahan *sizing rosin soap*.

Peralatan yang digunakan untuk produksi pulp adalah ketel pemasak skala semi pilot hasil rekayasa P3HH (Bogor), bak pencuci serpih hasil pemasakan, *Hollander beater*, dan *stone refiner* untuk penyempurnaan pemisahan serat. Sedangkan peralatan yang digunakan untuk pembentukan lembaran karton terdapat di industri karton skala kecil mencakup *Hollander beater*, *stock chest*, mesin kertas *Fourdrinier*, mesin pengempa dan pemotong, pengepakan lembaran karton. Selanjutnya, peralatan yang digunakan untuk pengujian sifat fisik lembaran karton adalah *tearing tester* untuk menetapkan indeks sobek, *bursting tester* untuk indeks pecah/retak, *tensile tester* untuk indeks tarik dan *ring crush tester* untuk ketahanan lingkaran.

C. Metode

1. Pembuatan pulp dari limbah pembalakan kayu HTI

Dalam persiapan, limbah pembalakan dijadikan serpih kayu berukuran panjang 2-3 cm, lebar 2-2,5 cm dan tebal 0,2-0,3 cm dengan menggunakan mesin penyepih kayu (wood chipper) dan dikeringkan di tempat terbuka hingga mencapai kadar air kering udara sekitar 12-15%. Selanjutnya, serpih limbah pembalakan kayu tersebut di masak pada ketel pemasak hasil rekayasa P3HH yang berkapasitas (per *batch* 50 kg serpih kayu kering oven atau 125 kg berat basah), dengan menggunakan proses semikimia soda panas tertutup. Kondisi

pemasakan yang digunakan adalah konsentrasi alkali 14% dan 16% selama 3 jam mulai suhu kamar hingga mencapai suhu maksimum sekitar 120°C dan pada suhu tersebut, nilai banding serpih dengan larutan pemasak sebesar 1:5,5 dan tekanan ketel pemasak sekitar 1-1,5 atmosfer.

Selesai pemasakan, serpih lunak dipisahkan dari larutan pemasak, selanjutnya serpih dicuci sampai bebas dari sisa larutan pemasak atau air pencuci mencapai kondisi jernih. Serpih lunak hasil pencucian diberi perlakuan mekanis dengan cara menguraikan seratnya dengan menggunakan *Hollander beater* dan *stone refiner* pada konsistensi 3-4% sampai mencapai derajat kehalusan pulp untuk karton sekitar 300-350 ml CSF (Canadian Standard Freeness). Pulp yang diperoleh dikurangi airnya pada alat sentrifus serta ditetapkan rendemennya.

2. Pembuatan lembaran karton pada skala kecil

Pembuatan karton skala kecil dari campuran pulp limbah pembalakan HTI dan *sludge* industri kertas pada masing-masing proporsi 25%:75% dan 100%:0% dilakukan di industri karton rakyat. Mula-mula, campuran dan *sludge* tersebut direndam dengan menambahkan air ke dalam *Hollander beater* dan diberi bahan aditif berupa bahan pengisi (kaolin) sebanyak 5%, tawas 2%, bahan perekat tapioka 4% dan *rosin soap* 2% masing-masing dari berat bahan serat kering oven. Selanjutnya campuran tersebut ditambahkan air hingga mencapai konsistensi 4% dan difibrilasi sampai mencapai derajat kehalusan 300-350 ml CSF. Buburan campuran pulp dan *sludge* ini dialirkan ke *machine chest* untuk diaduk sekitar 10 menit dan selanjutnya ke *flow box* pada mesin kertas tipe *Fourdrinier* untuk mengatur jumlah campuran tersebut agar diperoleh lembaran karton basah yang bergramatur 300-350 g/m². Lembaran karton basah yang terbentuk dipotong pada setiap panjang lembaran 1 m secara manual. Potongan lembaran karton basah ini ditumpuk dan selanjutnya dijemur di tempat penjemuran sampai lembaran tersebut mengandung kadar air sekitar 7-8%. Lembaran karton kering dikempa dingin dengan mesin *calendering* dan selanjutnya dipotong pada mesin pemotong untuk mendapatkan lembaran karton berukuran panjang 90 cm dan lebar 80 cm. Lembaran karton kering yang telah dipotong tersebut ditimbang untuk menetapkan rendemen kayu kering yang diproduksi dan diambil contoh untuk penetapan sifat fisik dan kekuatan lembaran karton tersebut.

3. Pengujian sifat pengolahan pulp dan karton

Untuk pengolahan pulp dari limbah pembalakan kayu hutan alam produksi, sifat yang diamati adalah rendemen pulp, bilangan kappa dan konsumsi alkali. Rendemen ditetapkan menurut standar TAPPI T214SU-71 (Anonim, 1972 dan 1993), bilangan kappa menurut standar SNI 14-0409-2008 (Anonim, 2008) dan konsumsi alkali menurut standar TAPPI T525HM-85 (Anonim, 1993). Selanjutnya, sifat fisik dan kekuatan lembaran karton yang diamati meliputi gramatur, tebal, kadar air, indeks sobek, indeks retak, indeks tarik dan ketahanan lingkaran (*ring crush*), berturut-turut menurut standar SNI 14-0440-2006 (Anonim, 2006a), SNI 14-0439-1989, SNI 14-0436-1989, SNI 14-0437-1989 dan SNI 14-0583-1989 (Anonim, 1989). Cara pengambilan contoh uji pada lembaran karton untuk keperluan uji sifat fisik dan kekuatan tersebut dilakukan menurut SNI 14-0489-1989 (Anonim, 1989).

D. Analisis Data

1. Data sifat pengolahan pulp

Sifat pengolahan pulp dari limbah pembalakan HTI pada skala semi pilot ditelaah menggunakan rancangan acak lengkap dengan faktor perlakuan konsentrasi alkali (NaOH) dalam dua taraf (14% dan 16%), masing-masing dengan ulangan sebanyak 3 kali.

2. Data sifat fisik dan kekuatan lembaran karton

Penelaahan sifat fisik dan kekuatan lembaran karton juga menggunakan rancangan acak lengkap. Sebagai faktor/perlakuan adalah campuran pulp limbah pembalakan kayu HTI dan *sludge* industri kertas pada dua proporsi (25%:75%) dan (100%:0%), masing-masing dengan bahan aditif; dan kertas karton produksi industri rakyat (sebagai pembandingan) dari campuran campuran kertas bekas dan *sludge* industri kertas pada proporsi 50%:50%, tanpa aditif. Ulangan dari masing-masing taraf perlakuan tersebut dilakukan sebanyak 5 kali. Selanjutnya, respons (sifat fisik/kekuatan lembaran karton) yang ditelaah mencakup gramatur, indeks retak, indeks sobek, indeks tarik, daya serap air dan *ring crush*. Sekiranya pengaruh perlakuan nyata, maka penelaahan dilanjutkan dengan uji jarak beda nyata jujur (BNJ)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sifat Pengolahan Pulp dari Limbah Pembalakan Kayu HTI

Analisis keragaman menunjukkan bahwa pengaruh konsentrasi alkali nyata terhadap rendemen dan sifat pengolahan pulp lainnya yaitu konsumsi alkali dan bilangan kappa (Tabel 1). Penelaahan lebih lanjut dengan uji BNJ (Tabel 2) mengindikasikan bahwa pada konsentrasi alkali 14% ternyata rendemen pulp dan bilangan kappa lebih tinggi, sedangkan konsumsi alkali lebih rendah dibandingkan dengan pada konsentrasi 16% (Tabel 2). Lebih rendahnya rendemen pulp pada konsentrasi alkali 16% diduga terjadi lebih banyak pelarutan lignin dan degradasi karbohidrat dibandingkan pada konsentrasi 14%. Kedua rendemen pada dua konsentrasi alkali tersebut (84,29% dan 82,95 %) masih terletak pada selang rendemen pengolahan pulp semi kimia (70-85%). Selanjutnya bilangan kappa yang tinggi pada konsentrasi alkali 14% karena pulp lebih kaku untuk karton. Sedangkan konsumsi alkali yang lebih rendah pada konsentrasi tersebut lebih menghemat pemakaian bahan kimia. Atas dasar nilai skor yang tertinggi dan merupakan manipulasi uji BNJ (Tabel 2), maka pulp limbah pembalakan kayu HTI pada konsentrasi alkali 14% lebih sesuai sebagai campuran dengan *sludge* industri kertas untuk dibuat lembaran karton.

Table 1. Analisis keragaman sifat pengolahan pulp limbah pembalakan kayu hutan tanaman industri (HTI)
 Table 1. Analysis of variances on processing properties of pulp from industrial plantation forest (IPF)'s wood-logging wastes

Sumber keragaman (Sources of variation)	db (df)	Sifat pengolahan (Processing properties)							
		Rendemen pulp (Pulp yield)		Konsumsi alkali (Alkali consumption)		Bilangan kappa (Kappa number)			
		F-hitung (F-calc.)	P	F-hitung (F-calc.)	P	F-hitung (F-calc.)	P	F-hitung (F-calc.)	P
Total	5								
Perlakuan / konsentrasi alkali (treatment/alkali concentration)	1	2,07	tn	10,68	**	16,72	**		
Galat (Error)	4								
Rata-rata (Means)		82,61		13,62		49,68			
Satuan (Units)		%		%		-			
KK, %		4,96		2,92		2,53			
D 0.05		0,605		0,058		0,184			

Keterangan (Remarks): * = nyata pada taraf (significant at) 5%; ** = nyata pada (significant at) 1%; tn = tak nyata (not significant); KK = koefisien keragaman (coeff. of variation); P = peluang (probability); D0.05 = nilai kritis uji jarak beda nyata jujur Tukey pada taraf (Critical value of Tukey's honestly significant difference at) 5%

B. Pembentukan Lembaran Karton

Rendemen karton dari campuran pulp limbah pembalakan kayu hutan alam produksi dan sludge industri kertas pada proporsi 25%:75% lebih besar dibandingkan dengan pada proporsi 100%:0% yaitu berturut-turut 79,23% dan 75,21%. Ini mengindikasikan bahwa pada sludge banyak terdapat serat pendek dan bahan bukan serat khususnya aditif (Maybee, 1999; Pasaribu dan Roliadi, 2005). Kedua rendemen tersebut masih dalam selang rendemen karton yang umum diperoleh pada industri karton rakyat atau skala kecil yaitu 75-85%.

Analisis keragaman menunjukkan bahwa pengaruh perlakuan (karton dari campuran pulp limbah pembalakan dan sludge pada 2 variasi proporsi yaitu 25%:75% dan 100%:0% dan karton produksi industri rakyat) berpengaruh nyata terhadap sifat fisik dan kekuatan karton (Lampiran 1a dan 1b). Penelaahan lebih lanjut dengan uji BNJ mengindikasikan bahwa gramatur dan tebal karton dari campuran pulp limbah pembalakan dan sludge pada proporsi 100%:0% lebih tinggi dibandingkan pada proporsi 25%:75% (Lampiran 2a dan 2b). Hal ini memperkuat dugaan lagi bahwa pada sludge terdapat serat terfragmentasi, *fines* dan bahan bukan serat sehingga mudah lolos pada saat pembentukan lembaran karton pada mesin kertas *Fourdrinier*. Selanjutnya, gramatur karton pada ke dua proporsi tersebut memenuhi target gramatur (300-350 gram/m²) dan masih di bawah gramatur produksi industri rakyat.

Ditinjau dari sifat fisik/kekuatan (indeks sobek, indeks retak, indeks tarik dan *ring crush*) ternyata sifat karton dari campuran pulp limbah pembalakan dan *sludge* pada proporsi 100%:0% ternyata juga lebih tinggi dari pada sifat karton tersebut pada proporsi 25%:75%, di mana ke dua proporsi tersebut menggunakan aditif (Lampiran 1a, 1b, 2a, dan 2b). Akan tetapi sifat fisik/kekuatan karton dari proporsi campuran 25%:75% tersebut masih lebih tinggi dari pada atau dalam beberapa hal sebanding dengan sifat karton produksi industri rakyat yang menggunakan campuran kertas bekas (50%) dan *sludge* (50%), tanpa aditif. Pernyataan ini diperkuat pula dari evaluasi skor yang merupakan hasil manipulasi uji BNJ (Lampiran 2a dan 2b), di mana semakin tinggi total skor, maka semakin baik pula sifat fisik/kekuatan karton. Untuk kasus karton dari campuran pulp limbah pembalakan dan *sludge* pada 2 variasi proporsi tersebut, ini memperkuat indikasi lagi bahwa pada *sludge* terdapat serat terfragmentasi, *fines* dan bahan bukan serat sehingga mengakibatkan sifat fisik/kekuatan karton pada proporsi campuran *sludge* 75% lebih rendah dibandingkan dengan proporsi *sludge* 0% (100% pulp limbah pembalakan kayu HTI). Selanjutnya, *ring crush* karton yang lebih rendah dengan makin besarnya proporsi *sludge* hingga 75% tersebut memperkuat dugaan bahwa mengurangi kekakuan sehingga perlu dicampur dengan pulp kayu atau berserat-lignoselulosa lain hingga proporsi tersebut.

Dalam hal kadar air dan daya serap air (Tabel 3 dan 4), ternyata kedua nilai tersebut pada karton dari pulp limbah pembalakan 100% lebih rendah dibandingkan dengan nilai untuk karton dari campuran pulp limbah pembalakan dan *sludge* pada proporsi 25%:75%. Ini memperkuat pernyataan bahwa *sludge* bersifat higroskopis. Selanjutnya, nilai kadar air dan daya serap air karton dari pulp limbah pembalakan 100% dan *sludge* pada proporsi 25%:75% masih lebih rendah dari pada nilai untuk karton produksi industri rakyat yang dibuat dari campuran 50% kertas bekas dan 50% *sludge* (tetapi tanpa aditif). Ini menunjukkan bahwa penggunaan aditif khususnya *rosin soap* dapat mengurangi daya afinitas karton terhadap air.

Lebih tingginya sifat fisik/kekuatan dan lebih rendahnya daya serap air karton dari campuran 25% pulp limbah pembalakan kayu HTI dan 75% *sludge* industri kertas (dengan

menggunakan aditif) dari pada sifat karton produksi industri rakyat yang menggunakan campuran 50% kertas bekas dan 50% *sludge* (tanpa aditif) memperkuat indikasi bahwa bahan aditif (kaolin sebagai bahan pengisi, tawas/alum sulfat sebagai retensi dan tapioka dan *rosin soap* sebagai perekat) ikut berperan memperbaiki kekuatan dan kekakuan karton serta mengurangi sifat absorpsi air. Pernyataan ini diperkuat pula dari hasil evaluasi total skor (TS) hasil manipulasi uji BNJ (Lampiran 2a dan 2b), di mana TS karton dari campuran pulp limbah pembalakan dan *sludge* (pada proporsi 25%:75%) lebih rendah dari TS karton dari pulp limbah pembalakan 100% (*sludge* 0%), tetapi lebih tinggi dari TS karton produksi rakyat dengan TS tersebut berturut-turut 27,31 dan 24. Lebih lanjut, sifat fisik dan kekuatan karton dari campuran pulp limbah pembalakan (25%) dan *sludge* (75%) banyak memenuhi persyaratan karton komersial dan standar chipboard (Lampiran 2a dan 2b), kecuali indeks sobek dan indeks retak. Diharapkan hal tersebut dapat diperbaiki dengan penggunaan lebih banyak bahan perekat tapioka dan rosin soap.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Pengolahan limbah kayu pembalakan hutan tanaman industri (HTI) menjadi pulp dengan proses semikimia soda panas pada ketel pemasak bertekanan dan konsentrasi alkali 14% menghasilkan rendemen dan bilangan kappa lebih tinggi, serta konsumsi alkali lebih rendah dibandingkan pengolahan pada konsentrasi alkali 16%. Dengan demikian pembuatan pulp tersebut pada konsentrasi alkali disarankan layak secara teknis sebagai bahan pencampur dengan *sludge* industri kertas untuk pembuatan karton.
2. Rendemen karton dari campuran pulp limbah pembalakan kayu HTI dan *sludge* industri pada proporsi 100%:0% dan 25%:75% masih dalam selang rendemen industri karton rakyat/skala kecil (70-85%). Semakin tinggi proporsi *sludge*, rendemen tersebut cenderung menurun.
3. Sifat fisik dan kekuatan karton dari campuran pulp limbah pembalakan (100%) dan *sludge* (0%) berikut bahan aditif (5% kaolin, 2% alum, 4% perekat tapioka dan 2% *rosin soap*) masih lebih baik dibandingkan dari campuran pulp limbah pembalakan 25% dan *sludge* 75% (juga dengan bahan aditif yang sama). Akan tetapi sifat karton dari proporsi campuran 25%:75% tersebut masih lebih baik dari pada sifat karton produksi industri rakyat (dari campuran 50% kertas bekas dan 50% *sludge*, tetapi tanpa aditif).
4. Sifat fisik/kekuatan karton dari campuran pulp limbah pembalakan (25%) dan *sludge* (75%) tersebut banyak memenuhi persyaratan karton komersial dan standar *chipboard*. Dengan demikian pulp limbah pembalakan kayu HTI dapat disarankan layaksecara teknis sebagai bahan baku substitusi kertas bekas dan pencampur *sludge* pada industri karton rakyat skala kecil yang menggunakan bahan baku campuran kertasbekas dan *sludge* (pada proporsi 50%:50%), di mana dewasa ini mengalami kesulitan pasokan kertas bekas.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1972. TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry)'s testing Procedures. Numerical index of TAPPI standard and suggested method. Atlanta, Georgia.
- _____. 1989. Cara uji ketahanan sobek (SNI 14-0439-1989), ketahanan retak (SNI 14-0436-1989), dan ketahanan tarik (SNI 14-0583-1989) kertas dan karton. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- _____. 1993. TAPPI's test method. TAPPI Press. Atlanta, Georgia.
- _____. 2006. Percepatan hutan tanaman industri bisa pakai zonasi. *Harian Kompas*, tanggal 19 April 2006, Hlm 18. Jakarta
- _____. 2006a. Cara uji gramatur (SNI 14-0440-2006) kertas karton. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- _____. 2007. Indonesian Pulp and Paper Industries. Directory 2007. Indonesian Pulp and Paper Association. Jakarta.
- _____. 2008. Cara uji bilangan kappa pulp (SNI 14-0409-2008). Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Komarayati, S., E. Santoso dan Gusmailina. 2005. Kajian teknis dan ekonomis produksi dan pemanfaatan pupuk organik mikorhiza (POM) dari sludge industri pulp untuk tanaman HTI. Laporan Hasil Penelitian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Maybee, W. 1999. Comparative study on the chemical composition of paper-mill sludge. Ph.D. candidate. Website: www.chem-eng.utoronto.ca/~pphone/Research/Othermaybee.html. Diakses 5 Maret 2002.
- Pasaribu, R.A. dan H. Roliadi. 2005. Teknologi produksi karton skala kecil dari limbah pembalakan hutan alam produksi dan hutan tanaman. Laporan Hasil Penelitian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Prakosa, M. 2002. Kebijakan rehabilitasi dan konservasi sumber daya hutan. Policy Paper. Departemen Kehutanan. Jakarta.
- Rina, S.S., S. Purwanti, H. Hardiani. dan S. Surachman. 2004. Pengaruh kompos dan limbah lumpur IPAL industri kertas terhadap tanaman dan tanah. Prosiding Seminar Teknologi Selulosa, tanggal 12 Desember 2004. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Selulosa. Bandung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan tersusunnya tulisan, penulis mengucapkan terima kasih dan menyampaikan rasa penghargaan yang tinggi pada Bapak Ir. Ridwan A. Pasaribu, MS., Peneliti Utama pada Pusat Litbang Hasil Hutan (Bogor) yang telah banyak menyumbangkan tenaga dan pikirannya dalam kegiatan penelitian terkait dengan tulisan ini.

Lampiran 1a. Analisis keragaman sifat fisik dan kekuatan karton dari campuran pulp limbah pembalakan kayu HTI dan sludge industri kertas

Appendix 1a. Analysis of variances on physical and strengtb properties of paperboard from the mixture of IPF's wood-logging wastes and paper-mill sludge

Sumber keragaman (Sources of variation)	db (df)	Sifat (Properties)							
		Gramatur (Basis weight)		Kadar air (Moisture content)		Kerahanan lingkar (Ring crush)		Indeks tarik (Tensile index)	
		F- hitung (F-calc.)	P	F- hitung (F-calc.)	P	F- hitung (F-calc.)	P	F- hitung (F-calc.)	P
Total	14								
perlakuan (Treatment), T	2	17,45	**	10,68	**	16,72	*	32,83	**
Galat (Error)	12								
Rata-rata (Means)		374,353		8,423		24,41		8,5587	
Satuan (Units)		gram/m ²		%		kgf		Nm/g	
KK, %		2,737		1,476		2,929		2,4844	
D 0.05		17,280		0.2097		1,2066		0.3588	

Keterangan (Remarks): * = nyata pada taraf (significant at) 5%; ** = nyata pada (significant at) 1%; tn = tak nyata (not significant); KK = koefisien keragaman (coeff. of variation), P = peluang (probability); D0.05 = nilai kritis uji jarak beda nyata jujur (BNJ) Tukey pada taraf 5% / critical value of Tukey's honestly significant difference (HSD) at 5% level

Lampiran 1b. Analisis keragaman sifat fisik dan kekuatan karton dari campuran pulp limbah pembalakan kayu HTI dan sludge industri kertas - Sambungan

Appendix 1b. Analysis of variances on physical and strength properties of paperboard from the mixture of IPF's wood-logging wastes and paper-mill sludge- Continuation

Sumber keragaman (Sources of variation)	db (df)	Sifat (Properties)					
		Indeks sobek (Tear index)		Indeks pecah/retak (Burst index)		Daya serap air (Water absorption)	
		F-hitung (F-calc.)	P	F-hitung (F-calc.)	P	F-hitung (F-calc.)	P
Total	14						
perlakuan (Treatment), T	2	15,68	**	17,95	**	12,29	**
Galat (Error)	12						
Rata-rata (Means)		3,771		0,397		788,733	
Satuan (Units)		Nm ² /kg		kN/g		(g/m ²) / 60 detik (second)	
KK, %		2,3922		3,3951		2,0398	
D 0.05		0,1522		0,0277		26,904	
						0,7513	
						mm	
						1,584	
						0.0201	

Keterangan (Remarks): Sama seperti pada Lampiran 1a sebelumnya/Similar to those at the previous Appendix 1a

Lampiran 2a. Data sifat fisik dan kekuatan karton seni dari campuran pulp limbah pembalakan kayu HTI dan sludge industri kertas, yang diikuti dengan uji BNJ Tukey (dinyatakan dalam mutu dan skor)
 Appendix 2a. Data on physical and strength properties of paperboard from the mixture of IPF's wood-logging wastes and paper-mill sludge, followed with Tukey's HSD tests (expressed in grades and scores)

Kode perlakuan/ Treatment code	Sifat fisik dan kekuatan (Physical and strength properties)											
	Gramatur (Basis weight) gram/m ²		Kadar air (Moisture content) %		Ketahanan lingkar (Ring crush) kgf			Indeks tarik (Tensile index) Nm/g				
	M	G	S1	M	G	S2	M	G	S3	M	G	S4
T1	322,58	C	4	7,52	C	4	29,27	A	4	12,570	A	4
T2	349,68	B	4	8,13	B	3	23,20	B	3	6,520	B	3
K	450,80	A	3	9,62	A	2	20,76	C	2	6,586	B	3
Pembandingan (Comparison)												
Karton komersial (commercial paper-board) ¹⁾	300-350			6-8			20,76			19,71		
Chip-board ¹⁾	375-425			6-8			58-76			-		

Keterangan (Remarks): T1 = karton dari campuran 100% pulp limbah pembalakan + 0% sludge industri kertas/paperboard from the mixture of 100% logging waste pulp + 0% paper-mill sludge; T2 = karton dari campuran dari 25% pulp limbah pembalakan + 75% sludge industri kertas/paperboard from the mixture of 25% logging waste pulp + 75% paper-mill sludge; K = karton produksi industri rakyat dari campuran 50% kertas bekas + 50% sludge industri kertas (tanpa aditif)/paperboard produced by the community-owned industry using the mixture of 50% waste paper + 50% paper-mill sludge (without additives); M = Rata-rata dari 3 ulangan (Average of 3 replications); G = Mutu (Grade) atas dasar hasil uji Tukey (lihat Tabel 3)/Grades that corresponded to the Tukey test results (refer to Table 3); S (= S1, S2, S3, ..., S8) = Skor sebagai manipulasi hasil uji Tukey / Scores manipulated from the Tukey test results; ¹⁾ Sumber (Sources) Pabrik kertas PT Bekasi Teguh, 2008 (PT Bekasi Teguh's Paper Mill, 2008);

Lampiran 2b. Data sifat fisik dan kekuatan karton seni dari campuran pulp limbah pembalakan kayu HTI dan sludge industri kertas, yang diikuti dengan uji BNJ Tukey - (dinyatakan dalam mutu dan skor) - Sambungan Appendix 2b. Data on physical and strength properties of paperboard from the mixture of IPF's wood-logging wastes and paper-mill sludge, followed with Tukey's HSD tests - (expressed in grades and scores) - Continuation

Kode perlakuan/ Treatment code	Sifat fisik dan kekuatan (Physical and strength properties)												TS
	Indeks sobek (Tear index) Nm ² /kg		Indeks pecah/retak (Burst index) kN/g			Daya serap air (Water absorption) (g/m ²)/60 detik (second)			Tebal (Thickness) Mm				
	M	G	S5	M	G	S6	M	G	S7	M	G	S8	
T1	5,109	A	4	0,611	A	4	788,0	C	4	0,880	A	3	31
T2	4,043	AB	3,5	0,543	AB	3,5	739,8	B	3	0,530	B	4	27
K	3,961	B	3	0,513	B	3	817,4	A	2	0,844	A	3	24
Pembandingan (Comparison)													
Karton komersial (commercial paper-board) ¹⁾	9,47			1,36			-						
Chipboard ¹⁾	-			1,06 - 1,10			-			0,52-0,56			

Keterangan (Remarks): Sama seperti pada Lampiran 2a sebelumnya/Similar to those at the previous Appendix 2a; TS = Total skor/Total scores = S1 + S2 + S3 + ... + S8; ¹⁾ Sumber (Sources) Pabrik kertas PT Bekasi Teguh, 2008 (PT Bekasi Teguh's Paper Mill, 2008);