

**PEMBUATAN DAN KUALITAS KARTON DARI CAMPURAN
PULP TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DAN
LIMBAH PADAT ORGANIK INDUSTRI PULP**

*(Manufacturing and Qualities of Paperboard from the Mixture of Empty
Oil-Palm Fruit Bunches and Pulp-Mill Sludge)*

Oleh/By :
Han Roliadi¹

¹ Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan,
Jln. Gunung Batu No. 5, Bogor
Telp. 0251-8633378; Fax 0251-8633413

Diterima 3 Februari 2009, disetujui 21 Mei 2010.

ABSTRACT

Small-scale paperboard industries in Indonesia that use sludge are currently faced with difficulty in procurement continuity of additional fibrous raw materials (particularly pulp and waste paper) as the sludge mixture. On the other hand, empty oil-palm fruit bunches (EOPFB) as waste from palm-oil processing are abundantly potential offering ligno-cellulosic fiber stuffs, which have not been utilized effectively hence suggesting their potential use in those paperboard industries.

In relevance, EOPFB after being chipped was experimentally cooked into pulp for paperboard, using semi-chemical hot soda process in the semi-pilot scale closed (pressurized) digester designed by the Center for Research and Development on Forestry Engineering and Forest Product Processing, Bogor. The process afforded the EOPFB pulp yield at 60.17%. Further, paperboard sheet was formed in a small-scale paperboard industry from the mixture of 50% EOPFB pulp and 50% pulp-mill sludge; and from 100% EOPFB, each incorporating the additives (i.e. 5% clay filler, 2% alum retention-agent, 4% tapioca binder, and 2% rosin-soap size).

Physical and strength properties of the paperboard from 100% EOPFB and its mixture with pulp-mill sludge (50 : 50%, respectively) were better than those produced by the small-scale industry traditionally using the mixture of 50% sludge and 50% waste paper (but, without additives), and also satisfied the commercial-paperboard criteria. In addition, the surface of paperboard from EOPFB pulp mixed with sludge (50 : 50% proportion) provided interesting visual impression, rendering it suitable for fancy/art purposes (invitation card, book cover, decorative paperboard, attractive surface patterns, etc). This suggests the prospective use of manufacturing fancy paperboard from the mixture of EOPFB pulp mixed with pulp-mill sludge, as alternative/substitute raw material of the paperboard industry that uses the mixture of waste paper and paper-mill sludge.

Keywords : Small-scale paperboard industry, empty oil-palm fruit bunches, pulp-mill sludge, waste paper, small-scale paperboard industry

ABSTRAK

Industri karton skala kecil yang menggunakan bahan baku limbah padat organik industri pulp/kertas (*sludge*) saat ini mengalami kesulitan kontinuitas pasokan bahan serat lain sebagai campuran

limbah padat organik tersebut (khususnya pulp dan kertas bekas). Di lain hal, limbah industri pengolahan minyak kelapa sawit dalam bentuk tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai bahan serat berligno-selulosa berlimpah jumlahnya dan belum banyak dimanfaatkan, sehingga berindikasi pemanfaatannya sebagai bahan baku industri karton.

Terkait dengan hal tersebut, TKKS sesudah dijadikan serpih, diolah menjadi pulp untuk karton menggunakan proses semi-kimia soda panas tertutup pada ketel pemasak skala semi-pilot hasil rekayasa hasil rekayasa Pusat Litbang Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan (P3KKPHH, Bogor). Rata-rata rendemen pulp TKKS yang diperoleh 60,17%. Lembaran karton dibentuk di industri karton skala kecil, dari campuran pulp TKKS 50% dan limbah padat organik industri kertas 50%; dan dari pulp TKKS 100%, masing-masing dengan penambahan bahan aditif (kaolin 5%, alum 2%, tapioka 4%, dan *sizing* dari rosin 2%).

Sifat fisik dan kekuatan karton asal pulp TKKS 100% dan asal campurannya dengan limbah padat organik industri pulp (50 : 50%) lebih tinggi dari pada karton produksi industri rakyat (dari campuran kertas 50% kertas bekas dan 50% limbah padat organik industri kertas, tetapi tanpa aditif), dan memenuhi kriteria karton komersial. Di samping itu, terdapat kesan visual menarik pada permukaan karton dari campuran pulp TKKS dan limbah padat organik, mengakibatkan sesuai untuk kertas karton indah (kartu undangan, sampul buku, karton hiasan, dsb). Ini mengisyaratkan prospek penggunaan pulp TKKS yang dicampur dengan limbah padat organik industri pulp, sebagai bahan baku alternatif/pengganti campuran limbah padat organik pada industri karton rakyat yaitu kertas bekas.

Kata kunci : Tandan kosong kelapa sawit (TKKS), pulp, kertas bekas, limbah padat organik industri pulp, industri karton rakyat

I. PENDAHULUAN

Industri karton skala kecil saat ini mengalami kesulitan mendapatkan bahan baku berupa pulp dan kertas bekas dalam jumlah yang cukup besar dan harga dapat diterima oleh industri tersebut. Salah satu upaya yang dilakukannya untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan cara mengolah karton menggunakan limbah padat organik (*sludge*) dari limbah industri pulp dan kertas sebagai bahan baku utama dan kertas bekas sebagai pencampur.

Penggunaan limbah padat organik didasarkan pada potensinya yang cukup besar. Sebagai gambaran, diperkirakan potensi limbah padat organik yang dihasilkan industri pulp mencapai 3 - 4% dari produksi riil pulp (Anonim, 2003 dan 2007; Maybee, 1999; Rina, *et al.*, 2002). Dengan kapasitas produksi terpasang seluruh industri kertas Indonesia sebesar 10,292 juta ton/tahun pada tingkat utilisasi 80% (Anonim, 2007), maka limbah padat organik yang dihasilkan industri tersebut adalah sekitar 0,25 - 0,33 juta ton/tahun atau 830 -1100 ton/hari.

Kualitas karton yang dihasilkan oleh industri skala kecil yang menggunakan bahan baku campuran limbah padat organik dan kertas bekas ternyata rendah. Ini disebabkan pada limbah padat organik terdapat bahan bukan serat dan serat limbah padat organik berkualitas rendah serta higroskopis, sehingga karton yang dihasilkan mengandung air cukup besar dan tidak kaku (Anonim, 1994). Mengenai kertas bekas, karena bukan merupakan bahan serat *virgin*, terkadang sifat kekuatannya rendah pula (Roliadi dan Pasaribu, 2004). Akibatnya produk karton tersebut tidak dapat memenuhi permintaan kualitas karton yang dipergunakan oleh beberapa produsen produk akhir seperti buku-buku pelajaran, sepatu, tas, pakaian jadi, pemintal benang dan tekstil.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan (P3HH), Bogor, adalah mencari dan mendapatkan bahan berserat lignoselulosa yang dapat dijadikan bahan baku karton pencampur limbah padat organik, berotensi cukup besar, dan belum banyak dimanfaatkan secara komersial. Bahan serat yang diharapkan dapat mendukung upaya tersebut adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang merupakan limbah dari industri pengolahan minyak kelapa sawit. Direktorat Jenderal Perkebunan menyatakan bahwa pabrik pengolahan minyak kelapa sawit yang berkapasitas 30 ton minyak kelapa sawit (*crude palm oil* atau CPO) menghasilkan 35 ton TKKS (Anonim, 1998a, 1998b, dan 2004). Data terakhir menunjukkan bahwa produksi CPO Indonesia pada tahun 2007-2008 mencapai 17,8 juta ton (Anonim, 2008 dan 2009), yang berarti menghasilkan TKKS sebanyak 17,3 - 20,1 juta ton. TKKS saat ini hanya digunakan sebagai bahan bakar ketel pabrik minyak kelapa sawit, kompos, dan pupuk kalium. Namun pemanfaatan tersebut belum memberikan nilai tambah yang optimal.

Terkait dengan uraian tersebut, maka P3HH, Bogor telah berinisiatif mencoba membuat karton pada skala usaha kecil dari campuran pulp TKKS dan limbah padat organik industri kertas (proporsi 50 : 50%), ditambah dengan bahan aditif berupa kaolin 5%, tawas (alum sulfat) 2%, perekat tapioka 4%, dan rosin-soap *sizing* (darip rosin) 2%. Ternyata kualitas karton yang dihasilkan dapat memenuhi kriteria karton komersial dan juga lebih baik dari karton produksi industri skala kecil yang menggunakan campuran limbah padat organik 50% dan kertas bekas 50%, tanpa aditif (Roliadi dan Pasaribu, 2004).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat fisik dan kekuatan lembaran karton hasil percobaan dari pulp TKKS 100%; dan dari campuran pulp TKKS (50%) dengan limbah padat organik (25%) dan kertas bekas (25%), masing-masing dengan penambahan bahan aditif, lebih baik (lebih tinggi) dari pada karton produksi industri rakyat (skala kecil) yang menggunakan bahan baku campuran limbah padat organik (50%) dan kertas bekas (50%), tetapi tanpa bahan aditif (Roliadi dan Pasaribu, 2004). Selanjutnya, dibandingkan dengan kualitas karton komersial dan persyaratan kualitas jenis *chipboard*, sifat lembaran karton hasil percobaan tersebut memenuhi syarat, kecuali dalam hal indeks tarik, indeks pecah, dan indeks sobek. Untuk memperbaiki sifat tersebut, bahan *sizing* darip rosin telah digunakan dalam percobaan lanjutan pembuatan karton skala kecil dari pulp TKKS dan campurannya dengan sludge industri pulp.

II. BAHAN DAN METODE

A. Lokasi Penelitian

Percobaan pembuatan pulp TKKS dan dilakukan di Laboratorium Pengolahan Kimia dan Energi Hasil Hutan, P3KKPHH, Bogor. Sedangkan pembentukan lembaran karton dari pulp tersebut dilakukan di industri karton rakyat, Kabupaten Kebumen, Provinsi Jawa Tengah.

B. Bahan dan Peralatan

Bahan utama penelitian adalah TKKS dan limbah padat organik industri pulp. TKKS yang digunakan merupakan limbah industri pengolahan minyak kelapa sawit (PT Kertajaya)

yang terdapat di daerah Malingping (Pandeglang), Provinsi Banten. Sedangkan, limbah padat organik diambil dari PT. Tanjung Enim Lestari Pulp dan Paper di Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Bahan kimia yang digunakan untuk analisa sifat pengolahan pulp (konsumsi alkali dan bilangan kappa adalah Barium khlorida (BaCl_2), asam khlorida (HCl) 0,1 N, indikator fenolthalein, kalium permanganat (KmnO_4) 0,1 N, 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 TKKS dan serpih batang pisang yang digunakan soda api (NaOH), sedangkan untuk pembentukan lembaran karton digunakan bahan pengisi kaolin, bahan retensi alum sulfat, bahan perekat tapioka, bahan *sizing* darih rosin.

Peralatan yang digunakan untuk produksi pulp adalah ketel pemasak bertekanan udara bisa secara terbuka atau tertutup hingga mencapai 1,5 atmosfer hasil rekayasa P3KKPHH (Bogor), bak pencuci serpih hasil pemasakan, *Hollander beater*, dan *stone refiner* untuk penyempurnaan pemisahan serat. Sedangkan peralatan yang digunakan untuk pembentukan lembaran karton terdapat pada industri karton di Kebumen (Jawa Tengah) mencakup *Hollander beater*, *stock chest*, mesin kertas *Fourdrinier*, pengering lembaran karton menggunakan sinar matahari, *calendering* untuk pengepresan lembaran karton, dan alat pemotong dan pengepakan lembaran karton.

Peralatan yang digunakan untuk pengujian sifat fisik lembaran karton adalah tearing tester untuk menetapkan indeks pecah, tensile tester untuk indeks tarik, dan *ring crush tester* untuk ketahanan lingkaran.

C. Prosedur Kerja

1. Pembuatan pulp TKKS

a. Penyiapan serpih TKKS

TKKS dibersihkan dengan cara pencucian menggunakan air dingin (suhu kamar) agar kotoran berupa pasir, tanah, kulit buah kelapa sawit hilang. Selanjutnya TKKS dijemur sampai mencapai kadar air sekitar 40 - 50%, dibelah dengan golok, dan dijadikan serpih berukuran panjang sekitar 5 cm, lebar 4 cm, dan tebal 1 - 2 cm.

b. Pemasakan serpih TKKS menjadi pulp

Pembuatan pulp TKKS dilakukan dengan proses semi-kimia soda panas tertutup. Serpih dimasak dalam ketel pemasak hasil rekayasa P3HH (Bogor) yang dipanaskan dengan kompor minyak tanah bertekanan. Ketel pemasak berkapasitas 50 kg serpih berat kering oven atau sekitar 125 kg serpih berat basah dan bersifat statik. Pemasakan serpih TKKS dilakukan pada konsentrasi alkali (NaOH) 10% selama 2 jam pada suhu pemasakan maksimum 120°C . Nilai banding serpih TKKS terhadap larutan pemasak adalah 1,0 : 5,5 dan tekanan sekitar 1,2 - 1,5 atmosfer.

Selesai pemasakan, serpih lunak TKKS dipisahkan dari larutan pemasak. selanjutnya serpih dicuci sampai bebas dari sisa larutan pemasak. Serpih lunak TKKS hasil pencucian diberi perlakuan defiberasi secara mekanis menjadi serat-serat terpisah satu terhadap lainnya (pulp) dalam *Hollander beater* pada konsistensi 2,0 - 2,5%. Penguraian serat tersebut dilanjutkan pada *stone refiner* yang diulang sebanyak 2 kali hingga mencapai derajat kehalusan 350 - 400 ml CSF (Canadian Standard Freeness). Karena kapasitas *Hollander beater* dan *stone refiner* relatif kecil (1 kg) dibandingkan dengan kapasitas ketel pemasak (125 kg serpih TKKS

basah), maka penggilingan dalam *Hollander beater* dan *stone refiner* dilakukan secara bertahap (*batch*), dan rata-rata waktu giling dari keseluruhan *batch* tersebut dicatat. Seluruh pulp TKKS yang telah digiling dikurangi kadar airnya pada alat sentrifugal, lalu ditetapkan rendemennya dan selanjutnya siap dibentuk menjadi karton.

c. Pengujian sifat pengolahan pulp TKKS

Sifat pengolahan pulp TKKS yang diamati rendemen pulp, bilangan kappa, konsumsi alkali, dan rata-rata waktu giling pulp TKKS untuk mencapai derajat kehalusan 350 - 400 ml CSF, menurut prosedur dan standar TAPPI (Anonim, 1972 dan 1983).

2. Pembuatan lembaran karton

a. Pembentukan lembaran karton

Pulp TKKS dengan derajat kehalusan 350 - 400 ml CSF tersebut dimasukkan ke dalam *Hollander beater* milik industri karton rakyat, lalu ditambahkan limbah padat organik industri pulp, sedemikian rupa hingga proporsi campurannya berturut-turut 50% (pulp TKKS) dan 50% (limbah padat organik), selanjutnya diencerkan hingga mencapai konsistensi sekitar 4-5%. Campuran tersebut diaduk dan disirkulasi dalam *Hollander beater* hingga tercerai berai dan terbentuk campuran homogen. Selanjutnya, campuran tersebut diberi bahan aditif (pengisi kaolin, retensi alum/tawas, perekat tapioka, dan *sizing* darih rosin), masing-masing sebanyak 5%, 2%, 4%, dan 2% terhadap total berat kering bahan serat dalam *Hollander beater*. Ramuan campuran tersebut terus diaduk/disirkulasi sehingga terjadi lagi campuran yang homogen. Sesudahnya, ramuan tersebut siap dibentuk lembaran karton pada mesin kertas tipe Fourdrinier. Lembaran basah yang terbentuk dipotong tegak lurus terhadap arah pergerakan lembaran pada mesin kertas tersebut setiap mencapai panjang sekitar 100 cm, lalu dijemur di bawah sinar matahari hingga kadar airnya mencapai 10%. Setelah kering lembaran tersebut lalu ditumpuk, masing-masing *dicalendering*, dipress, dan dikemas. Karton yang terbentuk diharapkan mencapai target gramatur 300 - 350 gram/m².

Di samping itu dibentuk pula lembaran karton dari pulp TKKS murni (100%) dalam *Hollander beater* milik industri karton rakyat, lalu juga diberi bahan aditif berupa kaolin (5%), alum (2%), tapioka (4%), dan darih rosin (2%). Prosedur pembentukan lembaran karton sama seperti pada pembentukan karton dari campuran pulp TKKS 50% dan limbah padat organik 50%, berikut bahan aditif. Target gramatur dari pulp TKKS murni juga sebesar 350-400 gram/m².

Selanjutnya, sebagai pembanding terhadap baik lembaran karton asal pulp TKKS 100% maupun asal campurannya (pulp TKKS 50% dan limbah padat organik 50%), digunakan kertas karton yang diproduksi oleh pabrik karton rakyat yang menggunakan bahan baku 50% kertas bekas dan 50% limbah padat organik, tanpa bahan aditif.

b. Pengujian sifat fisik dan kekuatan lembaran karton

Sifat fisik dan kekuatan lembaran karton yang diamati adalah gramatur riil, kadar air, ketahanan lingkaran (*ring crush*), indeks sobek, daya serap air, dan indeks retak/pecah menurut SNI (Anonim, 1983, 1984, 1989, 2000a, 2000b, 2000c, dan 2000d).

D. Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Analisis data sifat fisik dan kekuatan lembaran karton menggunakan rancangan percobaan acak lengkap satu faktor (perlakuan), yaitu lembaran karton asal pulp TKKS 100%, berikut aditif (a1); lembaran asal campuran pulp TKKS (50%) dan limbah padat organik industri pulp (50%), juga berikut aditif (a2), dan kertas karton pembanding produksi industri karton rakyat dari campuran 50% limbah padat organik dan 50% kertas bekas, tanpa aditif (a3). Setiap taraf dari perlakuan tersebut (a1, a2, dan a3) dilakukan ulangan sebanyak 5 kali. Respons yang diamati adalah sifat fisik dan kekuatan lembaran karton. Sekiranya pengaruh perlakuan nyata terhadap respons tersebut, dilakukan penelaahan lebih lanjut dengan uji Tukey atau uji jarak beda nyata jujur (BNJ).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sifat Pengolahan Pulp TKKS

Data sifat pengolahan pulp TKKS yang mencakup rendemen, konsumsi alkali, dan waktu giling disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat pengolahan pulp tandan kosong kelapa sawit (TKKS)
Table 1. Pulping properties of empty oil-palm fruit bunches (EOPFB).

Sifat pengolahan (<i>Pulping properties</i>) *)	Nilai (<i>Values</i>)	Sb
-Rendemen pulp (<i>Pulp yield</i>), %	60,17	2,819
-Bilangan Kappa (<i>Kappa No.</i>)	38,17	2,044
-Konsumsi alkali (<i>Alkali consumption</i>), %	9,81	0,187
-Waktu giling (<i>Beating/refining duration</i>), menit (<i>minutes</i>) **)	125,49	0,2944

Keterangan (*Remarks*): *) Rata-rata dari 3 ulangan (*Average of 3 replications*); Sb = Simpangan baku (*Standard deviation*); dan (and **) Rataan waktu menggiling pulp pada *Hollander beater* dan selanjutnya di *stone refiner* untuk mencapai derajat kehalusan 350-400 ml CSF (*Average duration required to fibrillate 1 gram of oven dry EOPFB pulp in Hollander beater and then in stone refiner to reach 350-400 ml CSF*)

Rata-rata rendemen pulp TKKS sebesar 60,17% di mana masih terletak dalam selang rendemen yang umum diperoleh dari pengolahan pulp semikimia (60 - 75%) (Casey, 1980). Rata-rata bilangan kappa sebesar 38,17 juga merupakan nilai yang umum dari pengolahan pulp semikimia. Bilangan kappa yang relatif besar tersebut menunjukkan sisa kadar lignin yang masih tinggi dalam pulp TKKS. Kadar lignin tinggi diperlukan dalam pembentukan lembaran pulp untuk karton guna mempertinggi sifat kekakuannya. Konsumsi alkali yang diperoleh relatif besar (9,81%) dibandingkan dengan konsentrasi alkali awal untuk pemasakan TKKS menjadi pulp (10%). Kemungkinan ini disebabkan alkali selain dikonsumsi untuk melunakkan lignin, juga ikut dalam reaksi penyabunan dengan sisa-sisa lemak/minyak dalam TKKS. Selanjutnya, rata-rata waktu giling pulp TKKS sebesar 125,49 menit dapat memberi indikasi untuk pertimbangan konsumsi energi khususnya pemakaian listrik atau bahan bakar dalam menggerakkan *Hollander beater* dan *stone refiner*.

B. Sifat Fisik, Kekuatan, dan Rendemen Lembaran Karton

Analisa keragaman menunjukkan bahwa pengaruh perlakuan (perbedaan macam lembaran karton yang dibuat) berpengaruh nyata terhadap sifat fisik dan kekuatan lembaran karton (Table 2 dan 3). Secara keseluruhan bobot dasar atau garmatur riil karton dari pulp TKKS 100% atau dari campurannya (pulp TKKS 50%) dengan limbah padat organik industri pulp 50% (Tabel 3) berada pada selang target gramatur ($350 - 400 \text{ gram/m}^2$). Selanjutnya, uji BNJ menunjukkan bahwa gramatur dan tebal karton dari pulp TKKS 100% dan dari campurannya dengan limbah padat organik industri pulp atau *sludge* (proporsi 50 : 50%) tidak berbeda nyata (Tabel 4 dan 5). Lebih lanjut, gramatur dan tebal karton baik dari pulp TKKS 100% ataupun dari campurannya dengan *sludge* lebih rendah dari pada gramatur karton produksi industri rakyat yang dibuat dari campuran *sludge* 50% dan kertas bekas 50% tanpa aditif. Ini mengindikasikan bahwa penggunaan bahan aditif (retensi alum/tawas, pengisi kaolin, perekat tapioka, dan *sizing* dari rosin) memberi efektifitas nyata pada kekompakan ikatan, anyaman, gaya tarik-menarik antar serat sewaktu pembentukan lembaran karton.

Ditinjau dari kadar air, ternyata kadar pada lembaran karton asal 100% pulp TKKS lebih rendah dibandingkan asal campuran pulp TKKS 50% dengan *sludge* 50%, dan juga lebih rendah dari pada kertas karton industri rakyat (Tabel 4 dan 5). Gejala serupa juga ditunjukkan dalam hal daya serap air. Ini menunjukkan bahwa sifat *sludge* industri pulp yang lebih higroskopis (Anonim, 1994), karena dalam *sludge* tersebut terdapat antara lain partikel kecil dalam bentuk serat ligno-selulosa terfragmentasi atau berbentuk remukkan (Casey, 1980). Dengan demikian gugusan hidroksil (OH) dan polar lainnya yang sifatnya hidrofil (higroskopis) dalam *sludge* lebih terkonsentrasi (memadat) dari pada dalam bentuk serat utuh. Atas dasar ini, maka lembaran karton dari campuran tersebut lebih banyak menarik/mengikat air dari udara sekitarnya. Selanjutnya lebih rendahnya kadar air dan penyerapan air lembaran karton asal campuran pulp TKKS 50% dan *sludge* 50% (menggunakan bahan aditif termasuk dari rosin) dari pada karton produksi industri rakyat (dari campuran kertas bekas 50% dan *sludge* industri kertas 50%, tanpa aditif) menunjukkan bahwa dari rosin bersifat *water repellent* sehingga mengurangi sifat higroskopis karton yang diberi aditif tersebut.

Indeks retak, indeks sobek, dan ketahanan lingkaran karton dari pulp TKKS 100% lebih tinggi dari pada karton asal campuran pulp TKKS 50% dan *sludge* 50%, sedangkan dalam hal indeks tarik tidak berbeda nyata. Ini lebih mengindikasikan bahwa dalam *sludge* banyak mengandung serat-serat pendek atau terfragmentasi dan partikel-partikel bukan serat (antara lain sisa bahan aditif) sehingga berpengaruh buruk pada kekompakan anyaman dan ikatan antar serat pada waktu pembentukan lembaran karton (Maybee, 1999).

Lebih lanjut, sifat kekuatan (indeks retak, indeks sobek, indeks tarik, dan ketahanan lingkaran lembaran karton dari pulp TKKS 100% dan dari campuran pulp TKKS 50% dan *sludge* 50% (kedua macam karton tersebut menggunakan aditif) lebih tinggi dari pada karton produksi industri rakyat yang terdiri campuran kertas bekas (50%) dan *sludge* (50%) tanpa aditif (Tabel 4 dan 5). Hal ini mengisyaratkan lagi bahwa penambahan bahan aditif (retensi alum, pengisi kaolin, dan perekat tapioka) ikut berperan pada kekompakan anyaman dari ikatan antar serat seperti halnya pada karton dari pulp TKKS 100% dan campurannya dengan *sludge* (proporsi 50 : 50%).

Secara keseluruhan dapat dikatakan bahwa sifat karton dari pulp TKKS 100% ataupun dari campurannya (pulp TKKS 50% dengan sludge 50%) lebih baik dari pada karton produksi industri rakyat, hal ini berdasarkan pada nilai skor hasil manipulasi uji BNJ (Tabel 2 dan 3), yaitu berturut-turut dengan skor 32, 28, dan 22. Juga sifat karton asal pulp TKKS 100% (menggunakan aditif kaolin, alum, tapioka, dan darih rosin) terutama dalam hal indeks sobek dan indeks retak lebih baik dari pada karton juga asal pulp TKKS 100% dengan menggunakan aditif dalam jumlah yang sama, tetapi tanpa darih rosin (Roliadi dan Pasaribu, 2004). Ini mengisyaratkan bahwa menggunakan bahwa penggunaan darih rosin selain bersifat *water repellent* ikut pula berperan memperbaiki sifat kekuatan lembaran karton. Selanjutnya, sifat kekuatan karton tersebut (dari pulp TKKS 100%, dan dari campuran pulp TKKS 50% dan sludge 50%, masing-masing diberi aditif kaolin, alum, tapioka, dan *rosin size*) memenuhi persyaratan kualitas karton komersial dan karton *jenis chipboard*, kecuali dalam hal indeks tarik, indeks retak, dan indeks sobek. Diharapkan kekurangan tersebut dapat diperbaiki dengan lebih banyak penambahan *rosin size* dan/atau perekat tapioka.

Rendemen lembaran karton asal pulp TKKS 100% yang dibentuk di pabrik karton rakyat berdasarkan berat bahan serat yang masuk ke penggilingan (*Hollander beatex*) dan setelah penggilingan dilanjutkan dengan pengeringan *calendering* adalah 79,34% (Tabel 6). Lebih lanjut setelah mengalami pemotongan dan pengepakan rendemennya menjadi 70,74%. Untuk lembaran karton asal campuran yang terdiri dari pulp TKKS 50% dan sludge 50%, besar rendemen setelah mengalami penggilingan, pengeringan, dan *calendering* adalah 74,83%, sedangkan setelah mengalami pemotongan dan pengepekan, rendemennya menjadi 68,16%. Ternyata rendemen lembaran karton asal campuran pulp TKKS dengan *sludge* (50%:50%) lebih rendah dari pada rendemen asal pulp TKKS murni (100%). Hal ini memperkuat indikasi lagi bahwa dalam *sludge* terdapat serat pendek, *finer*, dan partikel-partikel kecil bukan serat (Maybee, 1999). Rendemen lembaran karton baik asal pulp TKKS murni (100%) ataupun asal campurannya dengan *sludge* (50%:50%) ternyata masih dalam selang rendemen karton yang lazim diperoleh oleh industri karton rakyat (PT “DS”) di mana menggunakan bahan baku campuran *sludge* 50% dan kertas bekas 50% yaitu 75-85% (setelah penggilingan, pengeringan, dan *calendering*, tetapi sebelum pemotongan).

Hal yang menarik adalah selama pembentukan lembaran karton dari pulp TKKS 100% yang pada keadaan basah (sebelum pengeringan sinar matahari) berukuran 71 cm (tegak lurus arah gerakan mesin pembentuk lembaran *Fourdrinier*) x 96 cm (searah gerakan mesin), ternyata setelah dikeringkan dengan sinar matahari ukuran tersebut tidak mengalami perubahan berarti (71 cm x 96 cm). Berarti penyusutan linier karton tersebut dianggap tidak ada atau 0% (Tabel 4). Akan tetapi untuk lembaran karton basah dari campuran pulp TKKS 50% dan *sludge* industri pulp 50% dengan ukuran semula 71 cm x 96 cm, setelah dikeringkan ukurannya menjadi 52 x 90.4 cm (Tabel 6). Berarti terjadi penyusutan linier 5.83 - 8.17%. Ini mengindikasikan lagi bahwa dalam *sludge* tersebut terdapat komponen bukan serat yang rapuh (mudah hancur) akibat perlakuan tertentu (termasuk panas sinar matahari). Terkait dengan hal tersebut, Komarayati *et al.* (2005) menyatakan bahwa *sludge* industri pulp mengandung unsur kimia bukan penyusun serat (C, H, O) seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), dan magnesium (Mg). Di lain hal, hasil *scanning* permukaan karton yang dibentuk dari campuran pulp TKKS 50% dan *sludge* industri pulp 50% menunjukkan adanya kesan visual menarik pada permukaan karton berupa guratan, alur-alur, dan bintik-bintik dengan arah tidak beraturan, tersebar merata, dan berwarna agak gelap (Gambar 1).

Tabel 6. Rendemen lembaran karton yang dibentuk dari pulp TKKS 100%, dan dari campuran pulp TKKS dengan *sludge* industri pulp (SIP) yang dibentuk di pabrik karton rakyat (PT “DS”)

Table 6. Yield of paperboard from 100% EOPFB pulp, and from the mixture of 50% EOPFB pulp and 50% pulp-mill sludge (PMS), as formed at small-scale paperboard industry (PT “DS”)

No	Macam bahan serat (Kinds of fiber stocks)	Rendemen (Yield), % ¹⁾	
		I	II
1	100% pulp TKKS (100% EOPFB pulp)	79,34 ²⁾	70,74
2	50% pulp TKKS (50% EOPFB) + 50% SIP (50% PMS)	74,83 ³⁾	68,16

Keterangan (Remarks): ¹⁾ Berdasarkan berat kering keseluruhan keseluruhan bahan serat dan bahan aditif (based on oven-dry weight of all fiber stocks and the aditif); I = Setelah penggilingan di Hollander beater, pembentukan lembaran di mesin Fourdrinier, lalu dilanjutkan dengan pengeringan sinar matahari dan *calendering* (after the beating/refining in hollander beater, sheet forming in Fourdrinier machine, followed with the sun-drying and calendering); II = Setelah tahap pekerjaan I, dilakukan pemotongan dan pengepakan (After the overall work in stage I, followed with cutting and packing; ²⁾ Sebelum pengeringan sinar matahari, lembaran karton berukuran 96 cm x 71 cm (Before entering stage II, the paperboard measured 96 cm x 63 cm); sesudah pengeringan sinar matahari, ukuran karton tidak megalami perubahan berarti yaitu 96 cm x 71 cm (after sun-drying, the size/dimension of paperboard remained practically unchanged, i.e. 96 cm x 71 cm); ³⁾ Sebelum pengeringan sinar matahari, lembaran karton juga berukuran 96 cm x 71 cm (Before entering stage II, the paperboard measured also 96 cm x 63 cm); tetapi sesudah pengeringan sinar matahari, ukuran karton megalami perubahan menjadi 90.4 cm x 52 cm (but, after sun-drying, the size/dimension of paperboard sustained significant changes, i.e. 90.4 cm x 52 cm), berarti terjadi penyusutan linier sebesar 5.83-8.17% (implying the occurrence of linear shrinkage as much as 5.83-8.17%)

Percobaan pembuatan karton pada skala industri kecil (rakyat) dari campuran pulp TKKS dan limbah padat pada proporsi 50 : 50% juga pernah dilakukan oleh P3KKPHH (Bogor), tetapi limbah padat (*sludge*) yang digunakan berasal dari industri kertas (bukan dari industri pulp) (Roliadi dan Pasaribu, 2005). Rincian hasil perbandingannya dengan hasil percobaan ini yaitu dari campuran pulp TKKS dan limbah padat industri pulp (juga pada proporsi 50 : 50%) disajikan pada Tabel 7. Ternyata sifat fisik dan kekuatan karton dari hasil percobaan ini sedikit lebih rendah, akan tetapi penyerapan airnya lebih rendah. Ini mengindikasikan lagi bahwa pada limbah padat industri pulp lebih banyak terdapat komponen bukan serat dibandingkan pada limbah padat industri kertas. Lebih rendahnya penyerapan air, mengindikasikan bahwa sifat limbah padat asal industri pulp kurang higroskopis dari pada asal industri kertas.

Selanjutnya kalau dibandingkan dengan sifat fisik dan kekuatan karton juga hasil percobaan skala industri kecil yang dibentuk dari pulp limbah pembalakan kayu hutan alam dan pembalakan kayu hutan tanaman (Tabel 7), ternyata sifat karton hasil percobaan ini lebih rendah. Ini memberi indikasi bahwa sifat fisik dan kekuatan karton sekiranya dari pulp TKKS 100% mungkin sesungguhnya sebanding dengan sifat karton dari pulp limbah pembalakan baik kayu hutan tanaman ataupun kayu hutan alam. Penyebab lebih rendahnya sifat karton ini adalah pulp TKKS tersebut dicampur dengan *sludge* industri pulp (dengan proporsi 50 : 50%) di mana didalamnya banyak terdapat komponen bukan serat. Tetapi meskipun demikian,

sebagaimana diuraikan sebelumnya, sifat karton dari campuran pulp TKKS (50%) dan *sludge* industri pulp (50%) masih lebih baik dari pada sifat karton produksi industri rakyat yang menggunakan campuran kertas bekas (50%) dan *sludge* industri kertas (50%).

Tabel 5. Sifat fisik dan kekuatan karton hasil percobaan dari campuran pulp TKKS dan limbah padat industri kertas (*sludge*), dibandingkan dengan sifat karton dari pulp limbah pembalakan kayu hutan tanaman industri, dan dari pulp limbah kayu hutan alam

Table 5. Physical and strength properties of paperboard from the mixture of EOPB pulp and paper-mill sludge, compared with those of paperboard from plantation-forest's wood-logging waste pulp, and from natural-forest's wood-logging waste pulp

No.	Sifat (<i>Properties</i>)	Macam bahan serat (<i>Kinds of fiber stuff</i>)			
		(1)	(2)	(3)	(4)
1	Bobot dasar (<i>Basis weight</i>), g/m ²	340,00 (26,62)	369,77 (19,37)	322,58 (21,13)	318,23 (27,96)
2	Kadar air (<i>Moisture content</i>), %	7,89 (0,23)	8,22 (0,29)	7,52 (0,20)	7,83 (0,31)
3	Tebal (<i>Thickness</i>), mm	0,62 (0,07)	0,64 (0,08)	0,88 (0,05)	0,82 (0,06)
4	Indeks retak/pecah (<i>Burst index</i>), kN/g	0,55 (0,20)	0,91 (0,13)	0,61 (0,17)	0,60 (0,18)
5	Indeks sobek (<i>Burst index</i>), mNm ² /g	4,09 (0,02)	4,16 (0,02)	5,11 (0,04)	4,24 (0,03)
6	Indeks tarik (<i>Tensile index</i>), Nm/g	8,62 (0,32)	14,50 (0,27)	12,57 (0,26)	19,69 (0,25)
7	Ketahanan lingkar (<i>Ring crush</i>), kgf	40,51 (2,03)	37,52 (1,97)	29,27 (2,19)	20,87 (2,28)
8	Panjang-putus (<i>Breaking length</i>), km	-	0,91 (0,04)	-	-
9	Daya serat air (<i>Water absorption</i>), (g/m ²)/60 detik (<i>seconds</i>)	790,00 (20,08)	810,21 (15,37)	788,00 (23,46)	-

Keterangan (*Remarks*): (1) = Campuran pulp TKKS dan limbah padat industri pulp (*Mixture of EOPB pulp and paper-mill sludge*, pada proporsi (*at the proportion*) 50%:50%); (2) = Campuran pulp TKKS dan limbah padat industri kertas (*Mixture of EOPB pulp and paper-mill sludge*), pada proporsi (*at the proportion*) 50%:50% (Roliadi dan Pasaribu, 2005); (3) = Pulp limbah pembalakan kayu hutan tanaman industri (*Pulp from plantation forest's wood-logging wastes*) (Roliadi dan Pasaribu 20006); (4) = Pulp limbah pembalakan kayu hutan alam (*Pulp from natural forest's wood-logging wastes*) (Roliadi dan Pasaribu, 2005a); Angka dalam kurung adalah simpangan baku (*Figures in parenthesis denote standard deviation*)



Gambar 1. Pola khas permukaan karton khususnya yang dibentuk dari campuran pulp TKKS 50% dan sludge industri pulp 50% (a); dibandingkan dengan permukaan karton dari hanya campuran pulp TKKS 100% (b)

Figure 1. Specific profiles on the surface of paperboard prepared from the mixture of 50% EOPFB pulp and 50% pulp-mill sludge (a); compared to those from 100% EOPFB pulp (b)

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Pembuatan Pulp dari TKKS untuk Karton

Ditinjau dari kondisi pengolahan pulp, rendemen pulp, konsumsi alkali, bilangan kappa, dan waktu giling untuk mencapai derajat kehalusan 350 - 400 ml CSF, maka pembuatan pulp (untuk kertas) dari TKKS untuk berindikasi layak secara teknis.

B. Pembuatan Lembaran Karton pada Industri Karton Rakyat

Rendemen karton dari pulp TKKS (100%, dan dari campuran pulp TKKS (50%) dan *sludge* industri pulp masih dalam selang rendemen yang umum diperoleh pada industri karton rakyat / skala kecil (75 - 85%). Sifat fisik dan kekuatan karton dari campuran pulp TKKS (50%) dan *sludge* (50%), berikut bahan aditif (10% kaolin, 2% alum/tawas, 4% perekat tapioka, 2% darih rosin) sedikit lebih rendah dibandingkan sifat asal pulp TKKS 100% (juga dengan bahan aditif dalam macam dan jumlah yang sama), akan tetapi masih lebih baik dari pada sifat karton produksi industri rakyat (dari campuran 50% kertas bekas dan 50% *sludge* industri kertas, tetapi tanpa aditif). Selanjutnya dibandingkan dengan sifat fisik dan kekuatan karton dari pulp limbah pembalakan kayu hutan alam dan kayu hutan tanaman, ternyata sifat karton dari campuran pulp TKKS dan *sludge* industri pulp (pada proporsi 50 : 50%) lebih rendah. Meskipun demikian, sifat fisik/kekuatan karton dari campuran pulp TKKS (50%) dan *sludge* industri pulp (50%) tersebut banyak memenuhi atau mendekati persyaratan karton kemersial dan standard *chipboard*. Dengan demikian penggunaan campuran pulp TKKS dan *sludge* industri pulp berindikasi layak teknis sebagai bahan baku alternatif/pengganti pada industri karton rakyat (skala kecil) yang dewasa ini menggunakan campuran kertas bekas dan *sludge* industri kertas.

Di samping itu, terjadi terjadi penyusutan dimensi lembaran karton basah dari campuran pulp TKKS 50% dan sludge 50% sebesar 5.83 - 8.17% setelah dikeringkan di bawah sinar matahari. Hal ini perlu diperhatikan bagi produsen sekiranya menghendaki karton kering dengan ukuran (dimensi) tertentu. Di lain hal, adanya kesan visual menarik pada permukaan karton dari campuran tersebut (berupa guratan, alur-alur, garis-garis, dan bintik-bintik dengan arah tidak beraturan, tersebar merata, berwarna agak gelap) dapat mengindikasikan penggunaan karton yang lebih luas, antara lain untuk tujuan seni (sampul buku/majalah, kartu undangan, karton hiasan, dan sebagainya).

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1972. TAPPI (Techinal Association of the Pulp and Paper Industries) Testing Procedures. Numerical Index of TAPPI Standard and Suggested Method. Atlanta, Georgia.
- _____. 1983. Techinal Association of the Pulp and Paper Industries (TAPPI)'s Test Methods. TAPPI Press. Atlanta, Georgia.
- _____. 1984. Standar Industri Indonesia (SII) untuk pulp dan kertas. SII 0435-81, SII 0436-81, SII 0529-81, SII 0531-81. Departemen Perindustrian. Jakarta.
- _____. 1989. Standar Nasional Indonesia (SNI): Cara uji kertas dan karton. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta
- _____. 1994. Sludge incineration technology creates alternative to landfilling. Sludge Technology, pg. 6-7.
- _____. 1998a. Pulp and paper from empty oil-palm bunches. Project Proposal. PT. Triskisatrya Daya Paratama dan PT. Chatama Agro Indofin. Jakarta
- _____. 1998b. Menuai devisa dengan limbah kelapa sawit. Harian Kompas, tanggal 18 Maret 1998. Hlm. 15. Jakarta
- _____. 2000a. Cara uji indeks sobek lembaran pulp dan kertas (SNI 0435-89). Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- _____. 2000b. Cara uji indeks tarik lembaran pulp dan kertas (SNI 0436-89). Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- _____. 2000c. Cara uji indeks retak lembaran pulp dan kertas (SNI 14-1442- 1998). Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- _____. 2000d. Cara uji ketlebaran pulp dan kertas (SNI 0435-89). Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- _____. 2003. Indonesian Pulp and Paper Industry. Directory 2003. Indonesian Pulp and Paper Association. Jakarta, Indonesia
- _____. 2004. Industri hilir CPO perlu merek produk. Harian Kompas, tanggal 7 Oktober 2004. Jakarta
- _____. 2005. Standar kualitas karton jenis *chipboard*. PT Bekasi Teguh. Jakarta.
- _____. 2007. Indonesian Pulp and Paper Industry. Directory 2007. Indonesian Pulp and Paper Association. Jakarta, Indonesia

- _____. 2008. Suplai CPO dipangkas. *Harian Kompas*, tanggal 7 November 2008. Jakarta. Hlm. 17. Jakarta.
- _____. 2009. Kelapa sawit: Indonesia harus berani pakai standar sendiri. *Harian Kompas*, tanggal 23 November 2009. Jakarta. Hlm. 19. Jakarta.
- Casey, J.P. 1980. *Pulp and Paper: Chemistry and Chemical Technology*. Third edition, Vol. I. A Wiley-Interscience Publications. John Wiley and Sons. New York Toronto-London.
- 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 chemical composition of paper-mill sludge. Ph.D. Candidate. Website: www.chem-eng.utoronto.ca/~pphone/Research/Othermaybee.html. Diakses 5 Maret 2002.
- Rina, S.S., S. Purwanti, H. Hardiani, dan S. Surachman, 2002. Pengaruh kompos dan limbah lumpur IPAL industri kertas terhadap tanaman dan tanah. Prosiding Seminar Teknologi Selulosa - Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Selulosa. Bandung
- Roliadi, H. dan R.A. Pasaribu. 2004. Teknologi pembuatan pulp tandan kosong kelapa sawit (TKKS) untuk karton. Laporan Hasil Penelitian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Hasil Hutan. Bogor.
- _____. 2005. Teknologi pembuatan dan peningkatan kualitas karton dari pulp TKKS serta dari campuran sludge industri kertas dan pulp TKKS, pada skala kecil. Laporan Hasil Penelitian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- _____. 2005a. Teknologi produksi karton skala kecil dari limbah pembalakan kayu hutan alam produksi dan hutan tanaman. Laporan Hasil Penelitian. Pusat Litbang Hasil Hutan. Bogor.
- _____. 2006. Teknologi produksi karton dan papan serat skala kecil dari limbah hutan alam produksi dan industri kertas. Laporan Hasil Penelitian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- _____. 2007. Analisa finansial teknologi tepat guna produksi karton skala kecil dari campuran limbah pembalakan kayu HTI dengan sludge dari limbah industri kertas. Laporan Hasil Penelitian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan tersusunnya tulisan, penulis mengucapkan terima kasih dan menyampaikan rasa penghargaan setinggi-tingginya 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.