

PEMBUATAN DAN KUALITAS KARTON SENI DARI CAMPURAN PULP TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT, SLUDGE INDUSTRI KERTAS, DAN PULP BATANG PISANG

(Manufacturing of Fancy Paperboard from the Mixture of Empty oil-palm Fruit Bunch Pulp, Paper-Mill Sludge, Banana Stem Pulp)

Oleh/By :

Han Roliadi¹ & Dian Anggraini¹

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

Diterima 7 Desember 2009, disetujui 27 April 2010

ABSTRACT

Small-scale paperboard industries that use sludge in Indonesia currently face difficulty procuring other fibrous materials for the sludge mixture (particularly pulp and waste paper). On the other hand, unutilized empty oil-palm fruit bunches (EFB) are abundant wastes from palm-oil processing, and potential ligno-cellulosic fibers for such mixture in paperboard industries. For greater use of paperboard (e.g. fancy/art purposes), another abundant fiber sources (i.e. long-fibered banana stem) deserve also consideration for the sludge mixture.

In relevance, EFB and banana stems were experimentally pulped using semi-chemical hot soda process. EFB pulping was done in a pressurized-kerosene stove-heated digester employing 10% alkali (NaOH) concentration, 1:5.5 ratio of EFB chips to cooking liquor, maximum temperature at 120°C kept for 2 hours under 1.2-1.5 atmospheric pressure. Pulping of banana stems was conducted in the same digester employing 4% and 6% alkali, 1:7 ratio of banana-stem chips to liquor, and maximum temperature 100°C for 1.5 hours under open (atmospheric) air. The resulting banana pulp with 4% alkali was more suitable for the mixture with EFB pulp and sludge (i.e. lower alkali consumption and greater kappa number)

Fancy paperboard was formed in a small-scale paperboard factory employing the mixtures of 35-50% EFB pulp, 35-50% paper-mill sludge, and 0-30% banana stem pulp; and incorporating additives (i.e. 5% kaolin filler, 2% alum-retention agent, 4% tapioca binder, 2% rosin soap (size), and 5% coloring matter). Physical and strength properties of the resulting paperboard from those mixture compositions were better than those produced from small-scale factory that used the mixture of 50% sludge and 50% waste paper, without additives. Incorporating banana-stem pulp up to 15% afforded fancy paperboard that satisfied the commercial paperboard standard. Also, it exhibited the paperboard surface with interesting patterns. This suggests the prospective use of manufacturing fancy paperboard from the mixture of EFB pulp, paper-mill sludge, and banana-stem pulp either up to 15% (if strength considered) or over (strength unconsidered).

Keywords : Empty fruit bunches, banana stems, pulp, fancy paperboard

ABSTRAK

Industri karton skala kecil saat ini mengalami kesulitan pasokan bahan baku serat (khususnya pulp dan kertas bekas) untuk bahan campuran sludge. Limbah industri pengolahan minyak kelapa sawit berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai bahan berligno-selulosa berlimpah keberadaannya

dan belum banyak dimanfaatkan, sehingga memiliki peluang pemanfaatannya oleh industri karton. Untuk menambah daya guna karton (misal karton seni), batang pisang sebagai sumber serat panjang perlu dipertimbangkan pula sebagai campuran sludge.

Terkait dengan hal tersebut, telah dilakukan percobaan pengolahan TKKS dan batang pisang menjadi pulp secara terpisah dalam ketel pemasak bertekanan dan berbahan bakar minyak tanah. Pengolahan pulp TKKS menggunakan kondisi konsentrasi alkali (NaOH) 10%, nilai banding serpih TKKS dengan larutan pemasak 1:5,5, dan waktu pemasakan 2 jam pada suhu maksimum 120°C dan tekanan 1,2-1,5 atmosfer. Kondisi pengolahan pulp dari batang pisang adalah konsentrasi alkali 4% dan 6%, nilai banding serpih batang pisang dengan larutan pemasak 1:7, suhu maksimum 100°C (selama 1.5 jam), dan bertekanan udara terbuka (1 atmosfer). Pulp batang pisang ambon pada penggunaan alkali 4% lebih sesuai sebagai campuran pulp TKKS dan sludge untuk pembuatan karton (konsumsi alkali lebih rendah dan bilangan kappa lebih tinggi). Lembaran karton seni dibentuk dari campuran pulp TKKS (30-50%), sludge industri kertas (35-50%), dan pulp batang pisang ambon (0-30%). Selain itu digunakan juga aditif (kaolin 5%, retensi alum 2%, tapioka 4%, dan *rosin size* 2%).

Sifat fisik dan kekuatan karton seni dari komposisi campuran tersebut lebih baik/tinggi dari sifat karton produksi industri rakyat (dari campuran sludge 50% dan kertas bekas 50%, tanpa aditif). Karton dengan penggunaan pulp batang pisang ambon hingga 15% memenuhi standar kualitas karton komersial. Selain itu permukaan karton seni yang dihasilkan berpenampilan visual menarik. Penggunaan pulp batang pisang ambon hingga 15% (bila kekuatan diperlukan) ataupun lebih (kekuatan tidak diperlukan) dapat digunakan untuk pembuatan karton seni asalkan dicampur dengan TKKS dan sludge.

Kata kunci : Tandan kosong kelapa sawit, batang pisang, pulp, karton seni

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 sludge dari limbah industri pulp dan kertas sebagai bahan baku utama dan kertas bekas sebagai pencampur.

Penggunaan sludge didasarkan pada potensinya yang cukup besar. Sebagai gambaran, diperkirakan sludge atau limbah padat organik yang dihasilkan industri pulp mencapai 3-4% dari produksi riil pulp (Anonim, 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 sludge 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 sludge dan kertas bekas ternyata rendah. Ini disebabkan pada sludge terdapat bahan buka serat dan serat sludge berkualitas rendah serta higroskopis, sehingga karton yang dihasilkan mengandung air cukup besar dan tidak kaku (Anonim, 1994). Akibatnya produk tersebut tidak dapat memenuhi permintaan kualitas karton yang dipersyaratkan oleh beberapa produsen produk akhir seperti buku pelajaran, sepatu, tas, pakaian jadi, pemintal benang, dan tekstil.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan (P3KKPHH) Bogor, adalah mencari dan mendapatkan bahan berserat lignoselulosa yang dapat dijadikan bahan baku karton

pencampur sludge, berpotensi cukup besar, dan belum banyak dimanfaatkan secara komersial. Bahan berserat 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 dan 1998b). Data terakhir menunjukkan bahwa produksi CPO Indonesia pada tahun 2007 mencapai 17,3 juta ton (Anonim, 2008), 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 P3KKPHH (Bogor) telah berinisiatif mencoba membuat karton pada skala usaha kecil dari campuran pulp TKKS dan sludge industri kertas (proporsi 50%:50%), ditambah dengan bahan aditif berupa kaolin 5%, tawas (alum sulfat) 2%, perekat tapioka 4%, dan rosin size 2%. Ternyata kualitas karton yang dihasilkan dapat memenuhi kriteria karton komersial dan juga lebih baik dari karton produksi industri skala kecil yang menggunakan campuran sludge 50% dan kertas bekas 50%, tanpa aditif (Roliadi dan Pasaribu, 2004).

Selanjutnya untuk mempertinggi kegunaan dan memberi nilai tambah karton, perlu dipertimbangkan produksi karton dengan tekstur, corak, dan warna tertentu serta kekuatan memadai, untuk penggunaan khusus yang berprospek baik diantaranya karton seni. Saat ini karton seni banyak digunakan untuk kertas undangan, sampul majalah atau buku, karton hiasan, karton kemasan, dan bahan untuk karya seni. Atas dasar itu, perlu adanya bahan berserat lain yang mampu memberi nilai seni tersebut antara lain serat batang pisang. Salah satu jenis tanaman pisang adalah pisang ambon (*Musa sapientum* L.) yang berpotensi tinggi menghasilkan batang pisang setelah mencapai usia tidak produktif (Suhadi, et al., 2004).

Pada tahun 2003, produksi pisang Indonesia mencapai 2.374.841 ton dengan luas sekitar sekitar 56.728 ha. Selanjutnya pada tahun 2004, produksi dan luas tersebut meningkat menjadi 2.758.708 ton dan 65.897 ha. Atas dasar itu, maka potensi batang pisang pada tahun 2002-2003 mencapai sekitar 79.603.169-92.469.504 ton (Sumarjono, 2004; Anonim, 2005/2006). Batang pisang (termasuk juga jenis pisang ambon) diharapkan baik dipergunakan sebagai bahan baku pulp untuk kertas dan karton, karena berkadar lignin rendah (5%), selulosa (63-64%) dan hemiselulosa (20%) tinggi, sedangkan seratnya relatif panjang sekitar 4,29 mm (Lisawati, 2000). Terkait dengan hal tersebut, P3KKPHH (Bogor) telah melakukan percobaan skala industri kecil atau skala usaha rumah tangga pembuatan karton seni dari campuran pulp TKKS, sludge industri kertas, dan pulp batang pisang ambon, dimana rincian hasilnya diuraikan berikut ini.

II. BAHAN DAN METODE

A. Lokasi Penelitian

Percobaan pembuatan pulp TKKS dan pulp batang pisang dilakukan di Laboratorium Pengolahan Kimia dan Energi Hasil Hutan (P3HH, Bogor). Sedangkan pembentukan lembaran karton dari pulp tersebut dilakukan di industri karton rakyat (PT "DS"), Kabupaten Kebumen, Provinsi Jawa Tengah.

B. Bahan dan Peralatan

Bahan utama penelitian adalah TKKS, batang pisang ambon, dan sludge industri kertas. TKKS merupakan limbah industri pengolahan minyak kelapa sawit (PT Kertajaya) yang terdapat di daerah Malingping (Pandeglang), Provinsi Banten. Sedangkan, batang pisang ambon diambil dari tanaman rakyat di daerah Sukabumi, Provinsi Jawa Barat. Sludge diambil dari industri kertas yang terdapat di daerah Tangerang (Provinsi Banten). Bahan kimia yang digunakan untuk analisa sifat pengolahan pulp (konsumsi alkali dan bilangan kappa) adalah barium klorida (BaCl_2), asam klorida (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 rosin soap*.

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 sobek, burst tester untuk indeks retak/pecah, tensile tester untuk indeks tarik, dan ring crush tester untuk ketahanan lingkar..

C. Prosedur Kerja

1. Penyiapan serpih TKKS dan serpih batang pisang

TKKS dicuci menggunakan air dingin (suhu kamar) agar kotoran berupa pasir, tanah, dan 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.

Demikian pula batang pisang dicuci dengan air agar menjadi bersih. Selanjutnya, batang pisang tersebut dipotong-potong dengan golok menjadi serpih berukuran panjang 5-6 cm, lebar 4 cm, dan tebal 1-1,5 cm, lalu dibiarkan beberapa waktu di ruangan terbuka hingga mencapai kadar air kering udara 15-20%.

2. Pemasakan serpih TKKS dan serpih batang pisang 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. Perbandingan serpih TKKS terhadap larutan pemasak adalah 1:5,5 dan tekanan sekitar 1,2-1,5 atmosfer

Pemasakan serpih batang pisang pada ketel pemasak dilakukan secara terbuka dengan cara memasukkan 30 kg serpih batang pisang (dasar kering oven) ke ketel pemasak yang telah diisi larutan pemasak NaOH. Pemasakan dilakukan pada konsentrasi NaOH 4% dan 6% (dari berat batang pisang kering oven) selama 1,5 jam pada suhu 100°C. Perbandingan serpih batang pisang terhadap larutan pemasak adalah 1;7 dan tekanan 1 atmosfer

Serpih lunak TKKS dan serpih lunak batang pisang dari hasil pemasakan masing-masing dipisahkan dari larutan pemasak. Selanjutnya serpih dicuci sampai bebas dari larutan pemasak (air pencuci menjadi jernih) dan sisa larutan pemasak hasil pencucian diambil contohnya untuk penetapan sisa alkali dan konsumsi alkali. Serpih lunak TKKS hasil pencucian diberi perlakuan defiberasi menjadi pulp dalam *Hollander beater* pada konsistensi 2-5%, dan dilanjutkan di stone refiner sampai mencapai derajat kehalusan 350-400 ml CSF, dan total waktu giling hingga mencapai derajat kehalusan tersebut dicatat. Serpih lunak batang pisang hanya didefiberasi dalam *Hollander beater* juga pada konsistensi 2-5% dan pada stone refiner, sedangkan waktu giling tidak dicatat. Pulp TKKS dan pulp batang pisang dari hasil defibersasi tersebut dikeluarkan airnya pada alat sentrifus, dan selanjutnya diambil contoh pulp untuk ditetapkan rendemen dan bilangan kappa pulp.

3. Pembentukan lembaran karton seni pada industri karton skala kecil

Pembentukan lembaran karton seni tersebut dari campuran pulp TKKS, pulp batang pisang, dan sludge industri kertas dilakukan di industri karton skala kecil yang terdapat di Kabupaten Kebumen, Provinsi Jawa Tengah. Adapun komposisi campurannya adalah a. 42,5% pulp TKKS dan 42,5% sludge industri kertas, dan 15% pulp batang pisang (campuran tersebut berdasar berat kering oven masing-masing bahan serat); b. campuran 35% pulp TKKS dan 35% sludge industri kertas, dan 30% pulp batang pisang; c. campuran 50% pulp TKKS dan 50% sludge industri kertas, tanpa pulp batang pisang (digunakan sebagai pembanding).

Selanjutnya, ke tiga macam campuran bahan tersebut masing-masing direndam dengan menambahkan air pada *Hollander beater* dan diberi bahan aditif berupa pengisi kaolin 5%, perekat tapioka 4%, *rosin soap* 1%, tawas (alum sulfat) 2%, dan zat warna 5%, dari total kering bahan serat yang digunakan. Kemudian, campuran bahan serat tersebut ditambahkan air sehingga mencapai konsistensi sekitar 3-4%, lalu digiling pada *Hollander beater* hingga diperoleh campuran homogen. Campuran tersebut dialirkan ke *machine chest* untuk diaduk agar tetap homogen dan selanjutnya dialirkan ke flow box pada mesin pembentuk lembaran kertas tipe Fourdrinier sehingga dihasilkan lembaran karton seni yang bergamatur 300-350 gram/m². Lembaran karton basah yang terbentuk dipotong pada setiap panjang 1 meter secara manual. Potongan kertas seni basah tersebut ditumpuk dan selanjutnya dijemur di bawah sinar matahari hingga mencapai kadar air sekitar 7-8%. Kemudian, lembaran kertas karton kering dikempa pada mesin calendering dan selanjutnya dipotong pada pemotongan untuk mendapatkan ukuran panjang 90 cm dan lebar 80 cm. Lembaran karton yang telah dipotong tersebut ditimbang untuk menentukan rendemen karton kering, dan selanjutnya diuji sifat fisik dan kekuatannya.

4. Pengamatan dan pengujian sifat pengolahan, sifat fisik dan kekuatan lembaran karton seni

Sifat pengolahan pulp dari TKKS dan dari batang pisang ambon yaitu rendemen pulp, bilangan kappa pulp, dan konsumsi alkali ditetapkan berdasarkan standar TAPPI (Anonim, 1983). Sifat fisik dan kekuatan lembaran karton yang diamati adalah gramatur riil, kadar air,

ring crush, kekuatan pecah, daya serap air, indeks retak/pecah, dan index ring crush, dilakukan menurut SNI (Anonim, 1989).

D. Rancangan Percobaan dan Analisis Data

1. Data hasil percobaan pembuatan pulp TKKS

Data sifat pembuatan pulp TKKS ditelaah secara deskriptif yaitu penentuan rata-rata, simpangan baku, dan simpangan baku rata-rata. Penentuan tersebut diperoleh dari data pembuatan pulp dengan ulangan sebanyak 3 kali.

2. Data hasil percobaan pembuatan pulp batang pisang

Data sifat pembuatan pulp batang pisang ditelaah dengan rancangan percobaan acak lengkap, dan sebagai faktor (perlakuan) adalah konsentrasi NaOH pada dua taraf yaitu 4% (a1) dan 6% (a2). Pembuatan pulp pada konsentrasi tersebut dilakukan dengan ulangan 3 kali.

3. Data hasil percobaan pembuatan karton seni pada skala industri karton skala kecil

Data tersebut ditelaah dengan rancangan acak lengkap, dan sebagai faktor/perlakuan adalah lembaran karton seni dari campuran pulp TKKS 42,5%, sludge industri kertas 42,5%, dan pulp batang pisang 15%, berikut bahan aditif (p1); lembaran karton dari campuran pulp TKKS 35%, sludge industri kertas 35%, dan pulp batang pisang 30%, berikut bahan aditif (p2); lembaran karton dari campuran pulp TKKS 50%, sludge industri kertas 50%, berikut bahan aditif, tetapi tanpa pulp batang pisang (p3); dan lembaran karton produksi industri rakyat (skala kecil) dari campuran sludge 50% dan kertas bekas 50%, tanpa aditif (p4). Setiap taraf dari perlakuan tersebut (p1, p2, p3, dan p4) 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 dan Pulp Batang Pisang

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

Rata-rata rendemen pulp TKKS sebesar 60,17% di mana masih terletak dalam selang rendemen yang umum diperoleh dari pengolahan pulp semikimia (60-75%). 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*.

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

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 (Beating/refining duration), menit (minutes) **)	125,49	0,2944

Keterangan (*Remarks*): *) Rata-rata dari 3 ulangan (*Average of 3 replications*); Sb = Simpangan baku (*Standard deviation*); dan (and **) Rata-rata waktu yang diperlukan untuk menggiling pulp TKKS sebanyak 1 gram berat kering pada *hollander beater* dan dilanjutkan di *stone refiner* untuk mencapai derajat kehalusan 300-400 ml CSF (*Average duration required to fibrillate 1 gram of oven dry EFB pulp in hollander beater and then in stone refiner to reach 300-400 ml CSF*)

Analisa keragaman terhadap sifat pengolahan pulp batang pisang (Tabel 2) menunjukkan bahwa rendemen pulp pada konsentrasi alkali 4% tidak berbeda nyata dengan pada konsentrasi 6%. Rendemen tersebut sekitar 42-43% (Tabel 3) dan ternyata berada di bawah kisaran rendemen pulp semikimia (60-75%). Kalau ditelaah lebih lanjut ternyata rendemen pulp semikimia batang pisang tersebut (42-43%) jauh di bawah rendemen pulp semikimia TKKS yaitu 60,17% (Tabel 1), walaupun menggunakan konsentrasi alkali lebih tinggi (10% terhadap 4-6%) dan kondisi pemasakan TKKS yang lebih keras (tekanan udara tertutup terhadap tekanan udara terbuka). Ini memperkuat indikasi bahwa pada batang pisang terdapat banyak bahan bukan serat (jaringan parenkim) dibandingkan pada TKKS.

Analisa keragaman lebih lanjut (Tabel 2) yang dilanjutkan dengan uji jarak beda nyata jujur (BNJ) Tukey (Tabel 3) menunjukkan bahwa konsumsi alkali dan bilangan kappa pulp batang pisang pada konsentrasi alkali 4% berturut-turut lebih rendah dan lebih tinggi dibandingkan pada konsentrasi 6%. Selanjutnya penelaahan dengan sistim skor yang merupakan manipulasi hasil uji BNJ terhadap rendemen pulp, konsumsi alkali, dan bilangan kappa (Tabel 3) menunjukkan bahwa pulp batang pisang pada konsentrasi alkali 4% memiliki skor tertinggi, sehingga berindikasi lebih layak direkomendasikan sebagai bahan campuran dengan pulp TKKS dan sludge industri kertas untuk pembuatan karton seni.

B. Rendemen, Sifat Fisik dan Kekuatan Lembaran Karton Seni

Data rendemen lembaran karton yang dibentuk di industri karton rakyat dari campuran pulp TKKS, sludge industri kertas, dan pulp batang pisang (Tabel 4) menunjukkan bahwa semakin tinggi proporsi campuran pulp batang pisang (atau semakin rendah proporsi pulp TKKS dan sludge) maka rendemen karton cenderung menurun. Ini mengindikasikan lagi bahwa pulp batang pisang mengandung banyak bahan bukan serat (sel parenkim) sehingga mudah hancur/terlarut pada media air selama pembentukan lembaran karton. Rendemen lembaran karton dari campuran pulp TKKS dan sludge tanpa atau dengan penambahan pulp batang pisang hingga 15% (Tabel 4) masih terletak dalam selang rendemen yang umum diperoleh pada industri karton rakyat tersebut (75-85%).

Tabel 2. Analisis keragaman sifat pengolahan pulp batang pisang
Table 2. Analysis of variances on processing properties of pulp from banana stem

Sumber Keragaman (Sources of variation)	db (df)	Sifat pengolahan (Processing properties)												
		Rendemen total (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	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)		42,71		2,55		43,92								
Satuan (Units)		%		%		-								
KK, %		6,73		9,56		11,34								
D 0.05		10,78		0,86		2,12								

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%

Tabel 3. Data sifat pengolahan pulp yang diikuti dengan hasil uji beda nyata jujur (BNJ) Tukey (dinyatakan dalam grade/mutu dan skor)

Table 3. Data on processing properties of banana-stem pulp, followed with results of Tukey's honestly significant difference (HSD) test expressed in grades and scores

Kode Perlakuan / Treatment code (P)	Sifat pengolahan (Processing properties)												TS ⁴⁾			
	Rendemen total (Pulp yield) %		Konsumsi alkali (Alkali consumption) %		Bilangan kappa (Kappa number) %			%			-					
	M ¹⁾	G ²⁾	S ³⁾	M ¹⁾	G ²⁾	S ³⁾	M ¹⁾	G ²⁾	S ³⁾	M ¹⁾	G ²⁾	S ³⁾				
P1	42,4 53	A	4	2,1	B	4	45,1 6	A	4							12
P2	42,9 71	A	4	3,0	A	3	42,6 7	B	3							10

Keterangan (Remarks): P = Konsentrasi alkali (Alkali concentration); P1 = 4%, P2 = 6%; ¹⁾Rata-rata dari 5 ulangan (Average of 5 replications);

²⁾Angka (dalam kolom M) yang diikuti secara horizontal oleh huruf (kolom G) dan skor (kolom S) yang sama tak berbeda nyata (Figures followed horizontally with the same letters (G columns) and same scores (S column) are not significantly different: A > B > C > D) ⁴⁾TS (total skor / total scores) = S1 + S2 + S3

Tabel 4. Rendemen lembaran karton seni dari campuran pulp TKKS, sludge industri kertas (SIK), dan pulp batang pisang (PBP) yang dibentuk pada industri rakyat skala kecil di Kebumen (Jawa Tengah)

Table 4. Yield of art (fancy) paperboard from the mixture of EFB pulp, paper-mill sludge (PMS), and babana-stem pulp(BSP) as formed in small-scale community industry in Kebumen (Central Java)

No	Macam bahan serat (Kinds of fiber stocks)	Rendemen (Yield), % ¹⁾	
		I	II ²⁾
1	50% pulp TKKS (EFB) + 50% SIK (PMS)	80,30	71,38
2	42,5% pulp TKKS (EFB) + 42,5% SIK (PMS) + 15% PBP (BSP)	75,05	67,62
3	35% pulp TKKS (EFB) + 35% SIK (PMS) + 30% PBP (BSP)	69,91	63,79

Keterangan (Remarks): ¹⁾ Berdasarkan berat kering keseluruhan keseluruhan bahan serat (*Based on oven-dry weight of all fiber stocks*); I = Setelah penggilingan di *Hollander beater*, pembentukan lembaran di mesin *Fourdrinier*, lalu dilanjutkan dengan pengeringan dan calendering (*After the beating/refining in Hollander beater, sheet forming in Fourdrinier machine, followed with the drying and calendering*); II = Setelah tahap pekerjaan I, dilakukan pemotongan dan pengapakan (*After the overall work in stage I, followed with cutting and packing*; ²⁾ Sebelum memasuki tahap II, yaitu tahap I, lembaran karton berukuran 96 cm x 63 cm (*Before entering stage II, i.e. stage II, paperboard measured 96 cm x 63 cm*); ²⁾ Sesudah tahap II, ukuran karton menjadi 87 cm x 56 cm (*After stage II, the size of paperboard became 87 cm x 56 cm, respectively*)

Analisa keragaman menunjukkan bahwa variasi perlakuan (proporsi campuran pulp TKKS, sludge, pulp batang; dan pembanding berupa karton produksi industri rakyat) berpengaruh nyata terhadap gramatur (bobot dasar), tebal, dan kadar air karton (Lampiran 1a dan 1b). Selanjutnya, uji BNJ mengindikasikan bahwa semakin tinggi proporsi pulp batang pisang atau semakin rendah proporsi campuran pulp TKKS dan sludge, maka kadar air cenderung menurun, sedangkan tebal dan bobot dasar meningkat (Lampiran 2a dan 2b). Menurunnya kadar air diduga ada kaitannya dengan masih tingginya bahan bukan serat berupa eskstraktif semacam lilin dalam pulp batang pisang tersebut (De Bos dan Adnan, 1959; Haroen, 1999; Rachmawati, 2002). Selanjutnya meningkatnya bobot dasar dan tebal lembaran karton diduga berhubungan dengan masih banyaknya serat-serat tidak terpisah (fiber bundles) pada pulp batang pisang yang terbawa saat pembentukan lembaran tersebut.

Dalam hal sifat kekuatan lembaran karton seni (khususnya indeks *ring crush* dan indeks retak/pecah), analisa keragaman dan uji BNJ menunjukkan bahwa semakin tinggi proporsi campuran pulp batang pisanmg, maka kekuatan tersebut cenderung menurun (Lampiran 1a, 1b, 2a, dan 2b). Ini juga lebih memperkuat indikasi bahwa pada pulp batang pisang terdapat bahan bukan serat (jaringan parenkhim). Lebih lanjut, daya serap air cenderung menurun

dengan makin tingginya porsi campuran pulp batang pisang. Lagi, ini memperkuat indikasi pada pulp batang pisang terdapat banyak bahan ekstraktif berupa lilin. Sifat fisik, kekuatan daya serap air lembaran karton seni hasil percobaan dari campuran pulp TKKS (35-50%), sludge industri kertas (35-50%), dan pulp batang pisang (0-30%), ternyata hampir secara keseluruhan masih lebih baik daripada atau pada aspek tertentu menyamai sifat lembaran karton produksi industri rakyat yang menggunakan campuran kertas bekas (50%) dan sludge (50%), tetapi tanpa bahan aditif (Lampiran 2a dan 2b). Gejala ini ada kaitannya dengan penggunaan aditif (alum, kaolin, tapioka, dan rosin soap) pada pembentukan lembaran karton seni tersebut. Selanjutnya, ternyata sifat karton seni dari campuran pulp TKKS dan sludge (dengan porsi 50%:50%), tanpa atau dengan penambahan pulp batang pisang hingga 50% memenuhi persyaratan sifat karton komersial dan standar *chipboard* (Lampiran 2b). Di samping itu, hasil *scanning* permukaan karton yang dibentuk dari campuran pulp TKKS (35-42,5%), sludge (35-42,5%), dan pulp batang pisang (15-30%) menunjukkan adanya kesan visual menarik pada permukaan tersebut yaitu berupa guratan, alur-alur, dan bintik-bintik dengan arah tidak beraturan, tersebar merata; serta berwarna agak gelap.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Ditinjau dari kondisi pengolahan pulp dengan proses semikimia, rendemen pulp, konsumsi alkali, bilangan kappa, dan waktu giling untuk mencapai derajat kehalusan 300-350 ml CSF, maka pembuatan pulp TKKS untuk karton berindikasi layak secara teknis.
2. Berdasarkan rendemen pulp, konsumsi alkali, dan bilangan kappa, maka pulp batang pisang yang dihasilkan dari proses semikimia pada konsentrasi alkali 4% lebih layak teknis disarankan sebagai campuran dengan pulp TKKS dan sludge industri kertas untuk pembuatan karton seni, dibandingkan dengan pada konsentrasi 6%.
3. Percobaan yang dilakukan di industri karton rakyat (skala kecil) menunjukkan semakin tinggi porsi pulp batang pisang (hingga 30%) yang ditambahkan pada campuran pulp TKKS 50% dan sludge industri kertas 50% (juga menyertakan bahan aditif berupa kaolin 5%, tapioka 4%, *rosin soap* 1%, dan tawas 2%, dan zat warna 1%), cenderung meningkatkan gramatur, tebal; dan menurunkan kadar air dan daya serap air lembaran karton seni. Sebaliknya hal tersebut cenderung menurunkan sifat kekuatan karton (khususnya indeks *ring crush* dan indeks retak/pecah). Sifat fisik dan kekuatan karton seni secara keseluruhan lebih baik atau menyamai sifat karton pembeding (dari campuran kertas bekas 50% dan sludge 50%, tanpa aditif).
4. Penambahan pulp batang pisang ambon hingga 15% pada campuran pulp TKKS dan sludge menghasilkan lembaran karton dengan sifat masih memenuhi persyaratan karton komersial dan standar *chipboard*. Selanjutnya adanya kesan visual menarik pada permukaan karton dari hasil *scanning*, berupa guratan, alur-alur, bintik-bintik, dan warna gelap menunjukkan bahwa penambahan pulp batang pisang 15% (jika faktor kekuatan diutamakan) hingga 30% (faktor kekuatan tidak dipentingkan) berprospek baik pada pembuatan karton seni dari campuran pulp TKKS dan sludge (pada proporsi 35-42,5% : 35-42,5%)

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1983. Technical Association of the Pulp and Paper Industries (TAPPI)'s Test Methods. TAPPI Press. Atlanta, Georgia. pg. T214SU-71, T525HM-81.
- _____. 1989. Standar Nasional Indonesia (SNI). Cara uji kertas dan karton. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta. SNI 1030 (Cara pengambilan contoh pulp; SNI 14-0440 (Gramatur kertas dan karton); SNI 14-4737 (Sifat fisik dan kekuatan kertas dan karton)
- _____. 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. PT. Kompas Media Nusantara. Jakarta
- _____. 2005/2006. Statistik Indonesia. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- _____. 2007. Indonesian Pulp and Paper Industry. Directory 2007. Indonesian Pulp and Paper Association. PT. Pindo Deli Pulp & Paper Mills. Jakarta, Indonesia
- _____. 2008. Suplai CPO dipangkas. Harian Kommas, tanggal 7 November 2008. Jakarta. Hlm. 17. PT. Kompas Media Nusantara. Jakarta
- De Bos, T.U. dan B.M. Adnan. 1959. Ilmu Tumbuh-tumbuhan untuk murid-murid SMP. J.B. Wolters. Jakarta.
- Haroen, H.W. K. 1999. Prospek dan manfaat serat pisang abaka (*Musa textiles* Nee). PT. Meta Abaca Indonesia. Bandung, Hlm. 23-24.
- Lisnawati. 2000. Biologi serat abaka (*Musa textiles* Nee) dan *Musa* spp. lain berdasarkan sifat fisikokimia dan kelayakannya untuk bahan baku pulp dan kertas. Skripsi Jurusan Biologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor. Bogor. (Tidak Diterbitkan)
- 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.
- Rachmawati, Y. 2002. Karakteristik sifat fisik mekanis pelepah pisang sebagai bahan kemasan. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor. (Tidak Diterbitkan)
- 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. (Tidak Diterbitkan)
- Suhadi, S. Sabaruddin, S.A. Soedjoko, Dwidjono, Minarningsih, dan A. Widodo. 2004. Hutan dan kebun sebagai sumber pangan nasional. Departemen Kehutanan, Departemen Pertanian, Kantor Menteri Negara Pangan dan Hortikultura, dan Universitas Gadjah Mada. Jakarta. Hlm. 12-14.
- Sumarjono, H.H. 2004. Berkebun 21 Jenis Tanaman Buah. Seri Agribisnis. Penebar Swadaya. Jakarta. Hlm. 66-73.

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.

Lampiran 1a. Analisis keragaman sifat fisik dan kekuatan karton seni dari campuran pulp TKKS, pulp batang pisang, dan sludge industri kertas

Appendix 1a. Analysis of variances on physical and strength properties of art paperboard from the mixture of EFB pulp, banana-stem pulp, and paper-mill sludge

Sumber keragaman (Sources of variation)	db (df)	Sifat (Properties)												
		Gramatur (Basis weight)		Kadar air (Moisture content)		Ketahanan lingkar (Ring crush)		Kekuatan pecah (Burst strength)						
		F-hitung (F-calc.)	P	F-hitung (F-calc.)	P	F-hitung (F-calc.)	P	F-hitung (F-calc.)	P	F-hitung (F-calc.)	P			
Total	34													
Perlakuan (Treatment), T	3	17,21	**	23,65	**	9,17	*	10,34	**					
Galat (Error)	51													
Rata-rata (Means)		340,88		9,565		31,11		2,001						
Satuan (Units)		gram/m ²		%		kgf		kgf/cm ²						
KK, %		9,24		8,73		7,45		7,89						
D 0.05		33,18		1,996		5,24		0,129						

Keterangan (Remarks): * = Nyata pada taraf (Significant at) 5%, ** = Nyata pada (Significant at) 1%; tn = Tidak 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 seni dari campuran pulp TKKS, pulp batang pisang, dan sludge industri kertas - Sambungan
 Appendix 1b. Analysis of variances on physical and strength properties of art paperboard from the mixture of EFB pulp, banana-stem pulp, and paper-mill sludge - Continuation

Sumber keragaman (Sources of variation)	db (df)	Sifat (Properties)											
		Indeks retak/pecah (Burst index)		Indeks ring crush (Ring crush index)		Daya serap air (Water absorption / Cobb size)		Tebal (Thickness)					
		F-hitung (F-calc.)	P	F-hitung (F-calc.)	P	F-hitung (F-calc.)	P	F-hitung (F-calc.)	P	F-hitung (F-calc.)	P		
Total	34												
Perlakuan (Treatment), T	3	7,23	*	16,74	**	21,45	**	8,05	*				
Galat (Error)	51												
Rata-rata (Means)		0,521		8,097		420,55		0,647					
Satuan (Units)		kN/g		-		(g/m ²) / 60 detik (sec)		mm					
KK, %		10,89		9,75		11,78		7,12					
D 0.05		0,128		1,268		28,31		0,129					

Keterangan (Remarks): * = Nyata pada taraf (Significant at) 5%; ** = Nyata pada (Significant at) 1%; tn = Tidak 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 2a. Data sifat fisik dan kekuatan karton seni dari campuran pulp TKKS, pulp batang pisang (PBP), dan sludge industri kertas (SIK), yang diikuti dengan uji BNJ Tukey - (dinyatakan dalam mutu dan skor)
 Appendix 2a. Data on physical and strength properties of art paperboard from the mixture of EFB pulp, banana-stem pulp (BSP), and paper-mill sludge (PMS), followed with Tukey's HSD tests - expressed in grades and scores

Kode Perla- kuan / Treat- ment code (T)	Sifat fisik dan kekuatan (Physical and strength properties)											
	Gramatur (Basis weight) gram/m ²		Kadar air (Moisture content) %		Ketahanan lingkar (Ring crush) kgf		Kekuatan pecah (Burst strength) kgf/cm ²		Indeks tarik (Tensile index) Nm/g			
	M ¹⁾	G ²⁾	M ¹⁾	G ²⁾	M ¹⁾	G ²⁾	M ¹⁾	G ²⁾	M ¹⁾	G ²⁾	S ³⁾	
T1	310,4 9	B	9.11	AB	56.44	A	4	4.413	A	5		
T2	335,5 6	B	8.77	B	53.19	A	4	3.245	B	4		
T3	369,1 6	B	8.24	B	39.28	B	3	2.300	C	3		
K	519,7 5	A	9.73	AB	36.16	B	3	2.600	C	3		
Pembandingan (Comparison)												
Karton komer- sial (Core merial paper- board) ⁴⁾	250- 350		6-8		20.76			-				19.71
Chip- board ⁴⁾	300- 400		6-8		58-76			-				-

Keterangan (Remarks): T1 = 50% pulp TKKS (EFB pulp) + 50% SIK (PMS); T2 = 42,5% pulp TKKS (EFB pulp) + 42,5% SIK (PMS) + 15% PBP (BSP); T3 = 35% pulp TKKS (EFB pulp) + 35% SIK (PMS) + 30% PBP (BSP); T1, T2, dan (and) T3 masing-masing ditambah aditif / were each added with additives; K = 50% kertas bekas (Waste paper) + 50% SIK (PMS), Tanpa aditif (Without additive);¹⁾Rata-rata dari 5 ulangan (Average of 5 replications); ²⁾Angka (dalam kolom M) yang diikuti secara horizontal oleh huruf (kolom G) dan skor (kolom S) yang sama tak berbeda nyata / Figures followed horizontally with the same letters (G columns) and same scores (S column) are not significantly different. A > B > C > D; ⁴⁾Sumber (Source) Pabrik kertas PT Bekasi Teguh, 2006 (PT Bekasi Teguh's Paper-Mill, 2006);

Lampiran 2b. Data sifat fisik dan kekuatan karton seni dari campuran pulp TKKS, pulp batang pisang (PBP), dan sludge industri kertas (SIK), yang diikuti dengan uji BNJ Tukey - (dinyatakan dalam mutu dan skor) Sambungan Appendix 2b. *Data on physical and strength properties of art paperboard from the mixture of EFB pulp, banana-stem pulp (BSP), and paper-mill sludge (PMS), followed with Tukey's HSD tests - expressed in grades and scores)- Continuation*

Kode Perlakuan / Treatment code (T)	Sifat fisik dan kekuatan (Physical and strength properties)												TS ⁵⁾	
	Indeks retak/pecah (Burst index) kN/g		Indeks ring crush (Ring crush index)		Daya serap air (Water absorption / Cobb size) (g/m ²) / 60 detik (sec)		Tebal (Thickness) mm							
	M ¹⁾	G ²⁾	S ³⁾	M ¹⁾	G ²⁾	S ³⁾	M ¹⁾	G ²⁾	S ³⁾	M ¹⁾	G ²⁾	S ³⁾		
T1	1.175	A	6	14.06	A	5	162.50							35.5
T2	0.732	B	5	12.79	B	4	137.46							34
T3	0.554	C	4	10.44	B	4	128.19							30.5
K	0.500	C	4	6.76	C	3	506.00							25.5
Pembandingan (Comparison)														
Karton komersial (Commercial paper-board) ⁴⁾	1.36						-							
Clip-board ⁴⁾	1.06-1.10						50-300							

Keterangan (Remarks): Sama seperti Lampiran 2a sebelumnya./ Similar to those at the previous Appendix 2a; ⁵⁾TS (Total skor / Total scores) = S1 + S2 + S3 + + S8