

PEMBUATAN PULP KRAFT DARI KAPUK DAN SERAT DAUN NANAS SEBAGAI BAHAN BAKU KERTAS KHUSUS

KRAFT PULP MADE FROM KAPOK AND PINEAPPLE LEAF FIBER AS RAW MATERIAL FOR SPECIALTY PAPER

Putri Dwi Sakti Kathomdani, Susi Sugesty

Balai Besar Pulp dan Kertas
Jalan Raya Dayeuhkolot No. 132 Bandung 40258
e-mail : kathomdani@gmail.com

Diterima: 24 Oktober 2018 ; Direvisi: 1 November – 28 November 2018; Disetujui: 03 Desember 2018

Abstrak

Bahan baku alternatif perlu dikembangkan untuk dapat mensubstitusi serat kapas sebagai bahan baku utama pulp untuk membuat kertas khusus. Serat kapas diklasifikasikan sebagai serat panjang, dimana hingga saat ini Indonesia masih mengimpor serat panjang untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Serat nonkayu seperti serat kapuk (*Ceiba pentandra*) dan serat daun nanas (*Ananas comosus*) dapat digunakan sebagai bahan baku alternatif serat panjang untuk pembuatan pulp dan kertas karena ketersediaannya yang cukup melimpah di Indonesia. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari kondisi optimum pembuatan pulp kapuk dan serat daun nanas, mengetahui sifat fisik dari lembaran pulp putihnya, serta mengetahui morfologi serat dari lembaran pulp putih dengan analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Bahan baku dikarakterisasi dengan menganalisis komponen kimia dan morfologi seratnya, kemudian dilakukan pembuatan pulp dengan proses *kraft*. Dosis alkali aktif sebanyak 17-18% dengan sulfiditas 25%, rasio 1 : 4 dan 1 : 8. Temperatur pemasakan 160 °C selama 2+1,5 jam. Pulp kemudian diputihkan menggunakan teknologi *Elemental Chlorine Free* (ECF) dengan tahapan $D_0ED_1D_2$ (D untuk klorindoksida dan E untuk ekstraksi alkali). Hasil penelitian menunjukkan bahwa lembaran pulp putih serat daun nanas memiliki sifat yang lebih baik dibandingkan dengan kapuk sebagai bahan baku kertas khusus.

Kata kunci : kapuk, kertas khusus, pulp *kraft*, serat daun nanas

Abstract

*An alternative of raw material needs to be developed to substitute cotton fiber as the main raw material for specialty paper pulp. Cotton fiber is classified as long fiber, which until now Indonesia still imports long fiber to meet domestic needs. Non-wood fiber such as kapok fiber (*Ceiba pentandra*) and pineapple leaf fiber (*Ananas comosus*) can be used as alternative raw materials of long fiber for pulp and papermaking because of their abundant availability in Indonesia. The objectives of this study are to find out the optimum pulping condition of cotton and pineapple leaf fiber, to determine the physical properties of their bleached pulp handsheet, also to find out the fiber morphology of bleached pulp handsheet which is analyzed by Scanning Electron Microscopy (SEM). The chemical and physical properties of raw materials were characterized, then the pulping was done by using kraft process. Active alkali charge was 17-18% with 25% sulfidity, liquor to wood ratio were 4:1 and 8:1 for pineapple leaf fiber and kapok, respectively. The cooking temperature was at 160 °C for 2+1.5 hours. Then pulp was bleached with Elemental Chlorine Free (ECF) technology, the sequences were $D_0ED_1D_2$ (D for chlorinedioxide and E for alkali extraction). The result showed that bleached pulp handsheet from pineapple leaf fiber has better properties than kapok as raw material for specialty paper.*

Keywords: kapok, specialty paper, kraft pulp, pineapple leaf fiber

PENDAHULUAN

Industri pulp dan kertas di Indonesia merupakan salah satu sektor utama yang akan terus berkembang karena memiliki pasar domestik yang cukup luas dan didukung oleh aplikasi teknologi yang maju. Ketersediaan sumber bahan baku juga menjadi salah satu faktor yang

membuat industri pulp dan kertas di Indonesia dapat tumbuh secara signifikan. Sumber bahan baku yang digunakan adalah bahan baku kayu yang berasal dari hutan rakyat ataupun Hutan Tanaman Industri (HTI), serta bahan baku nonkayu. (Kementerian Perindustrian, 2016). Berdasarkan data dari (FAO, 2016), Indonesia menempati peringkat ke-9

sebagai produsen pulp di dunia. Sementara sebagai produsen kertas dan karton di dunia, Indonesia menempati urutan ke-8. Indonesia merupakan negara beriklim tropis sehingga hanya dapat memproduksi pulp serat pendek yang berasal dari Hutan Tanaman Industri (HTI). Untuk memenuhi kebutuhan pulp serat panjang, Indonesia masih mengimpornya dari negara-negara Skandinavia dan Eropa. Salah satu hal yang dilakukan agar dapat mengurangi ketergantungan impor tersebut adalah dengan mengembangkan bahan baku alternatif seperti tanaman nonkayu yang ketersediaannya melimpah di Indonesia.

Pulp serat panjang pada umumnya digunakan untuk memproduksi kertas khusus yang mensyaratkan durabilitas tinggi, seperti kertas uang atau kertas sekuritas. Setiap tahun, Indonesia mengimpor kertas uang senilai \pm US\$ 50 juta atau setara dengan \pm Rp 475 miliar. Bahan baku berkualitas tinggi untuk kertas uang berasal dari serat kapas (linter) yang dicampur dengan serat alam lainnya, seperti *abaca*, rami, kenaf, dan linen pada komposisi tertentu (Sudjindro, 2011). Hal ini didukung oleh pernyataan dari Dirjen Basis Industri Manufaktur, Kementerian Perindustrian bahwa pada tahun 2014 Bank Indonesia mengimpor kertas uang sebesar Rp 600 miliar (Putra, 2014).

Indonesia masih mengimpor serat kapas sebagai bahan baku untuk kertas khusus seperti kertas uang walaupun Indonesia memiliki varietas kapas yang cukup baik dan telah dikembangkan oleh Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (Balittas) Malang. Selama ini di Indonesia serat kapas hanya digunakan sebagai bahan baku untuk industri tekstil. Di sisi lain, pemanfaatan serat daun nanas yang merupakan limbah perkebunan banyak digunakan sebagai bahan baku untuk membuat kerajinan tangan. Begitupun dengan kapuk, hanya digunakan sebagai bahan pengisi kasur, kain pelapis, jaket pelampung, dan peralatan keselamatan air lainnya karena daya apungnya sangat baik (Zhang *et al.*, 2013).

Pohon kapuk termasuk famili *Bombaceae* yang tumbuh di Asia, Afrika, dan Amerika Selatan. Kapuk merupakan

serat halus yang melingkungi biji dari pohon kapuk (*Ceiba pentandra*), dan berwarna kekuningan atau cokelat terang serta berkilau seperti sutera. Serat kapuk tersusun dari rambut tanaman bersel tunggal, berbeda dengan kapas, yang mengalami lignifikasi dan tidak menempel pada bijinya. Serat kapuk merupakan jenis serat selulosa yang memiliki dinding sel tipis, lumen besar, densitas rendah, dan bersifat *hydrophobic-oleophilic*. Sebagai jenis serat alam yang terbarukan, serat kapuk melimpah, *biocompatible*, dan *biodegradable* (Zheng, Wang, Zhu, & Wang, 2015). Serat kapuk bertekstur halus, ringan, dan sangat tidak elastis untuk dipintal, serta baik untuk bahan pengisi kasur, bantal, dan alas duduk (Chairrekij, Apirakchaiskul, Suvarnakich, & Kiatkamjornwong, 2011). Dikenal juga dengan nama kapas sutra Jawa (kapuk Jawa) karena memiliki kilau alami seperti sutra murni. Tanaman kapuk di Indonesia dikembangkan oleh rakyat, perkebunan swasta, dan perkebunan pemerintah (BUMN). Saat ini luas area perkebunan kapuk mencapai 250.500 hektar dengan produksi serat mencapai 84.700 kg (Pratiwi, 2014). Dibandingkan dengan serat kapas, serat kapuk memiliki kandungan selulosa yang rendah dan lignin yang tinggi (Mani, Rayappan, & Bisoyi, 2012). Komposisi kimia dari serat kapuk dapat memiliki perbedaan yang cukup signifikan, hal tersebut dapat disebabkan oleh sumber serat kapuk dan teknik memprosesnya. Penelitian yang telah dilakukan oleh Chairrekij *et al.* menunjukkan bahwa serat kapuk potensial untuk dijadikan pulp sebagai bahan baku kertas. Dalam penelitian tersebut, kapuk dijadikan pulp menggunakan proses soda. Lembaran kertas yang terbuat dari pulp kapuk menunjukkan sifat tahan air yang unggul meski tanpa penambahan *sizing agent* (Chairrekij *et al.*, 2011). Sedangkan dalam penelitian ini, dilakukan pembuatan pulp kapuk menggunakan proses *kraft*.

Nanas adalah tanaman herba yang terdiri dari roset daun sukulen yang kaku pada batang yang tegak dan besar (Danladi & Shu'aib, 2014). Batang tersebut akan memanjang dan menghasilkan banyak daun berserat yang

tersusun secara spiral. Tanaman nanas banyak dibudidayakan di negara-negara tropis, terutama untuk dimanfaatkan buahnya. Pada tahun 2014, produktivitas nanas mencapai 117,53 ton/ha (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2016). Hasil samping dari perkebunan nanas yaitu daun sebanyak 90%, tunas batang 9%, dan batang 1% (Yuwono, 2016). Serat daun nanas merupakan salah satu limbah pertanian yang berasal dari daun pada tanaman nanas, *Ananas comosus*, yang termasuk dalam famili *Bromeliaceae*. Daunnya berbentuk seperti pedang yang tumbuh dari batang dengan panjang sekitar 0,9–1,5 m dan lebar 2,54–5,1 cm yang meruncing ke satu titik. Daunnya dapat berwarna hijau seluruhnya, hijau gelap atau bervariasi dengan garis merah, kuning atau gading di tengah atau di dekat pinggiran daunnya. Daunnya juga berduri pada bagian pinggirnya (Danladi & Shu'aib, 2014). Daun segar dapat menghasilkan sekitar 2–3% serat (Asim *et al.*, 2015). Secara umum, serat daun nanas lebih tipis jika dibandingkan dengan serat keras lainnya baik dengan atau tanpa duri pada pinggirannya tergantung jenisnya. Serat daun nanas termasuk serat yang kuat, putih, halus, dan mengkilap. Sehelai serat daun nanas dapat memiliki panjang sekitar 7,5–10 cm. Serat daun nanas dapat diekstrak dengan cara disisir dengan tangan secara manual, dekortikasi, dan dibasahi (Danladi & Shu'aib, 2014). Secara kimia, serat daun nanas merupakan lignoselulosa multiseluler di alam, yang utamanya terdiri dari polisakarida dan lignin serta senyawa lainnya seperti lemak, lilin, pektin, *uronic anhydride*, pentosan, zat warna, senyawa anorganik, dan sebagainya (Leão *et al.*, 2015). Seratnya memiliki struktur seperti pita dan direkatkan bersama oleh zat getah seperti lignin dan pentosan, yang memberikan kekuatan terhadap serat. Serat daun nanas terdiri dari sistem bundel vaskular yang hadir dalam bentuk tandan sel berserat yang diperoleh dari penghilangan secara mekanis dari semua jaringan epidermis pada saat panen (Yogesh & Hari Rao, 2017).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari kondisi optimum pembuatan pulp kapuk dan serat daun nanas, mengetahui sifat fisik (indeks tarik, indeks sobek, dan ketahanan lipat) dari lembaran pulp kapuk dan serat daun nanas, serta untuk mengetahui morfologi serat dari lembaran pulp putih dengan analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

BAHAN DAN METODE

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat kapuk yang diperoleh secara komersial dari pasar tradisional dan serat daun nanas yang berasal dari perkebunan nanas di daerah Subang. Bahan baku berada dalam keadaan kering dan baik. Serat kapuk dipisahkan secara manual tanpa perlakuan mekanis, sedangkan serat daun nanas dipotong secara mekanis dengan panjang 2–4 cm. Kemudian bahan baku dikondisikan pada udara terbuka untuk menjaga agar kadar airnya homogen. Kadar air ditentukan untuk menghitung berat bahan baku yang akan digunakan pada proses pembuatan pulp. Bahan baku digiling hingga mencapai ukuran 40–60 *mesh* sebelum dianalisis komponen kimianya. Morfologi serat dilakukan dengan menentukan panjang, diameter, dan tebal dinding serat, merujuk kepada *Franklin U.S. Forest Products Research Laboratory Department of Agriculture* (Horn, 1978) dan Standar Nasional Indonesia (SNI ISO 16065-2:2010). Komponen kimia dianalisis dengan menguji kadar air (SNI ISO 287:2014), abu (SNI ISO 776:2010), pentosan (SNI 8430:2017), ekstraktif (ekstrak alkohol-benzena) (SNI 8401:2017), lignin (SNI 8429:2017), holoselulosa (ASTM D1104-56(1978)), alfaselulosa (SNI 8400:2017), kelarutan dalam NaOH 1% (SNI 14-1838-1990), air panas dan air dingin (SNI 01-1305-1989).

Pembuatan pulp untuk kapuk dan serat daun nanas dilakukan dengan proses *kraft* pada suhu 160 °C selama 2+1,5 jam dalam *rotary digester* menggunakan udara panas yang dapat dikontrol. Kondisi optimum proses

pembuatan pulp kapuk dan serat daun nanas dapat dilihat pada Tabel 1. Pulp belum putih yang dihasilkan, dicuci menggunakan air panas dan air dingin untuk menghilangkan lindi hitamnya. Kemudian pulp digiling menggunakan *single disc refiner*, diperas, dan diuraikan menggunakan *pin shredder*. Bilangan Kappa dan rendemen pulp belum putih juga ditentukan.

Tabel 1. Kondisi Optimum Pembuatan Pulp

Parameter	Kapuk	Serat Daun Nanas
Rasio	1 : 8	1 : 4
Alkali aktif (%)	17	18
Sulfiditas (%)	25	25

Proses pemutihan pulp kapuk dan serat daun nanas dilakukan dengan teknologi *Elemental Chlorine Free (ECF)* melalui empat tahap yaitu tahapan $D_0ED_1D_2$. Tahap D didefinisikan sebagai tahap klorindioksida dan E adalah tahap ekstraksi alkali. Tujuan dari proses pemutihan pulp adalah untuk menghilangkan kandungan lignin yang masih tersisa dalam pulp belum putih, mendegradasi molekul-molekul yang dapat menyebabkan warna pada pulp, menghilangkan warna (noda) dan bundel serat, serta meningkatkan derajat cerah pulp putih. Pulp dari tiap tahapan pemutihan dicuci dengan air panas hingga pH-nya netral. Kondisi proses pemutihan dapat dilihat pada Tabel 2. Pulp putih yang dihasilkan, kemudian diperas dan ditentukan rendemen beserta derajat cerahnya. Analisis pulp belum putih dan pulp putih mengacu kepada Standar Nasional Indonesia (SNI).

Tabel 2. Kondisi Proses Pemutihan

Parameter	D_0	E	D_1	D_2
ClO_2 (%)	0,22 x KN*	-	1,0	0,5
NaOH (%)	-	1,0	-	-
Konsistensi (%)	10	10	10	10
Temperatur (°C)	60	70	75	75
Waktu (menit)	60	60	180	180

Catatan: *KN = Kappa number (bilangan kappa)

Pulp putih yang dihasilkan digiling menggunakan *Valley Beater* (merk Kumagai Riki Kogyo) sebelum dijadikan

lembaran pulp. Derajat giling dimonitor dengan mengukur *freeness* pulp menggunakan *Canadian Standard Freeness (CSF) tester*. Kemudian pulp yang sudah digiling dibuat menjadi lembaran pulp menggunakan *manual sheet former* (merk Kumagai Riki Kogyo). Sifat fisik lembaran pulp putih diuji mengacu kepada Standar Nasional Indonesia (SNI), termasuk gramatur (SNI ISO 536:2010), kekuatan tarik (SNI ISO 1924-2:2016), ketahanan sobek (SNI ISO 1974:2016), dan ketahanan lipat (SNI ISO 5626:2016).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Bahan Baku

Sifat-sifat pulp belum putih ditentukan oleh morfologi serat dan komponen kimia dari bahan baku yang digunakan (Sixta, 2006). Serat yang berasal dari berbagai macam bahan baku memiliki morfologi dan komposisi kimia sangat bervariasi tergantung pada lokasi geografis, iklim, umur, dan kondisi tanah. Selain itu, variasi komposisi kimia juga dapat terjadi pada bagian yang berbeda meskipun berada dalam satu jenis tanaman yang sama (Daud, Kassim, Aripin, Awang, & Hatta, 2013). Hasil analisis morfologi serat dan komponen kimia dari kapuk dan serat daun nanas dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Morfologi Serat Kapuk dan Serat Daun Nanas

No.	Parameter	Kapuk	Serat Daun Nanas
1	Panjang serat (mm)		
	- Maks.		
	- Min.	30,00	5,02
	- Rerata	11,00	1,32
		18,38	2,71
2	Diameter (μ m)		
	- Luar	29,43	18,07
	- Dalam	17,18	4,91
3	Tebal dinding (μ m)	6,12	6,58
4	<i>Runkel ratio</i>	0,71	2,68
5	Kekakuan	0,21	0,36
6	Kelenturan	0,58	0,27
7	Kelangsingan	624,53	150,00
8	<i>Mushstep ratio</i> (%)	65,91	92,61

Kedua bahan baku memiliki rerata panjang serat lebih dari 1,60 mm yang diklasifikasikan ke dalam serat panjang (Casey, 1980). Serat kapuk lebih panjang dari serat daun nanas, ini berarti bahwa serat kapuk lebih fleksibel dan memiliki kekuatan ikatan yang lebih baik (Sable *et al.*, 2012). Serat yang memiliki panjang lebih dari 5 mm akan sulit untuk ditangani oleh mesin kertas atau dibuat menjadi lembaran pulp karena cenderung membentuk kerutan (flokulasi) dan gumpalan pada lembaran (Marsoem, Prasetyo, Rachman, & A., 2009). Serat kapuk secara signifikan lebih panjang dari serat kayujarum dan membutuhkan pemotongan tambahan sehingga sesuai untuk dibuat menjadi kertas atau cetakan (*moulding*) (Hurter, 2015).

Secara umum, diameter serat nonkayu berukuran kecil sehingga menghasilkan pulp dengan kekasaran kecil (Adriaanse & Morsink, 2007). Serat kapuk berbeda dari serat alam lainnya karena lumennya yang besar dan dinding selnya yang tipis. Struktur berongga besar memberikan nilai porositas serat kapuk lebih dari 80% (Xiang, Wang, Liua, Zhao, & Xu, 2013).

Serat kapuk memiliki ukuran diameter 17–29 μm , sebanding dengan ukuran diameter *cotton linter* (17–27 μm) (Sixta, 2006), sedangkan serat daun nanas memiliki ukuran diameter yang lebih kecil dari kapuk yaitu 4–18 μm , yang sebanding dengan ukuran diameter *cotton lint* (8–19 μm) (Sixta, 2006). Baik *cotton linter* maupun *cotton lint* adalah bahan baku utama yang digunakan dalam pembuatan kertas khusus seperti kertas uang (Chandra, 1998). Ukuran lumen dan ketebalan dinding sel mempengaruhi kekakuan dan kekuatan dari kertas yang dihasilkan oleh serat. Serat dengan lumen yang besar dan dinding tipis cenderung untuk meratakan serat yang berbentuk pita selama pembuatan pulp dan kertas sehingga memberikan kontak yang baik antar serat dan akibatnya memiliki karakteristik kekuatan yang baik (Wood, 1981).

Rasio kelangsingan, koefisien kelenturan, dan Runkel *ratio* adalah nilai turunan dari dimensi serat. Rasio

kelangsingan yang sesuai untuk pembuatan kertas adalah yang memiliki nilai lebih dari 33 (Xu, Wang, Zhang, Fu, & Wu, 2006). Serat kapuk dan serat daun nanas akan menghasilkan kertas yang kuat dan baik karena nilainya 624,53 dan 150,00, secara berurutan.

Serat yang memiliki nilai Runkel *ratio* kurang dari 1 memiliki kekuatan mekanik yang baik (Sadiku, 2017). Serat kapuk memiliki kekuatan mekanik yang lebih baik daripada serat daun nanas karena nilai Runkel *ratio* serat kapuk kurang dari 1 (0,71), sedangkan nilai Runkel *ratio* serat daun nanas lebih dari 1 (2,68).

Kelenturan serat merupakan parameter yang sangat penting karena kontribusinya terhadap kekuatan kertas yang ditentukan oleh diameter lumen dan diameter serat (Sadiku, 2017). Kelenturan dapat meningkatkan kemampuan ikatan sehingga meningkatkan sifat kekuatan kertas (Kamoga, Kirabira, Byaruhanga, Godiyal, & Kumar, 2016). Serat kapuk (0,58) memiliki kelenturan yang lebih baik dari serat daun nanas (0,27) karena nilainya mendekati kelenturan kayudaun (0,55) yang biasa digunakan sebagai bahan baku kertas (Smook, 1992).

Tabel 4. Komponen Kimia Kapuk dan Serat Daun Nanas

No.	Parameter (%)	Kapuk	Serat Daun Nanas
1	Kadar air	9,42	6,97
2	Kadar abu	1,72	2,07
3	Kadar pentosan	27,75	20,15
4	Kadar ekstraktif	3,18	5,06
5	Kadar lignin	16,86	6,41
6	Kadar holoselulosa	86,88	83,18
7	Kadar α -selulosa	39,04	58,15
8	Kelarutan dalam NaOH 1%	31,62	24,64
9	Kelarutan dalam air panas	6,27	14,05
10	Kelarutan dalam air dingin	5,03	13,83

Dalam industri pulp dan kertas, selulosa merupakan senyawa penting yang berpengaruh terhadap kualitas

kertas yang dihasilkan. Kandungan selulosa yang lebih tinggi dapat memberikan serat yang lebih kuat sehingga meningkatkan kualitas kertas yang dihasilkan (Aremu, Rafiu, & Adedeji, 2015; Daud, Kassim, *et al.*, 2013)

Serat kapas (termasuk ke dalam bahan baku nonkayu) memiliki kandungan selulosa paling tinggi yaitu sekitar 88–96% (Sixta, 2006), oleh karena itu menjadi bahan baku utama dalam pembuatan kertas khusus. Kadar α -selulosa pada serat daun nanas lebih tinggi daripada kapuk yaitu 58,15%, sedangkan kapuk 39,04%. Jika dibandingkan dengan bahan baku kayu, kandungan α -selulosa serat daun nanas lebih tinggi dari kayugarum (40–44%) dan kayudaun (43–47%) (Sixta, 2006). Begitupun jika dibandingkan dengan bahan baku nonkayu lainnya, serat daun nanas memiliki kandungan α -selulosa yang lebih tinggi daripada bambu yaitu 49,44% (Purwita & Sugesty, 2018). Hal ini menunjukkan bahwa sifat fisik lembaran pulp serat daun nanas lebih kuat daripada kapuk. Kualitas serat yang dihasilkan dari bahan baku nonkayu tergantung kepada kandungan selulosa, hemiselulosa, dan holoselulosa (Daud, Mohd Hatta, Mohd Kassim, & Aripin Mohd, 2013).

Kadar holoselulosa merupakan kombinasi antara kadar selulosa dan hemiselulosa (Daud, Mohd Hatta, *et al.*, 2013). Berdasarkan Tabel 4, baik serat kapuk maupun serat daun nanas mengandung holoselulosa yang sangat tinggi yaitu 86,88% dan 83,18%. Kadar holoselulosa yang tinggi dapat mengindikasikan nilai rendemen pulp yang tinggi dan kekuatan pulp yang baik (Kamthai & Puthson, 2005). Tingginya kandungan holoselulosa di dalam serat kapuk dan serat daun nanas mengindikasikan bahwa kertas yang dihasilkan akan memiliki kualitas yang baik (Daud, Mohd Hatta, *et al.*, 2013).

Kadar lignin dari kapuk dan serat daun nanas adalah 16,86% dan 6,41% secara berurutan sehingga proses pembuatan pulp yang digunakan adalah proses Kraft dengan alkali aktif 17–18% dan sulfiditas 25%. Bahan baku yang memiliki kadar lignin rendah membutuhkan jumlah bahan kimia yang

relatif sedikit untuk proses pembuatan pulpnya. Kandungan lignin yang lebih rendah lebih mudah untuk disisihkan dari pulp, serta kertas yang dihasilkan akan memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan bahan nonkayu lainnya (Aremu *et al.*, 2015).

Kedua bahan baku memiliki kadar abu sebesar 1–2%. Kadar abu pada bahan baku menunjukkan ada tidaknya komponen mineral dari bahan lignoselulosik yang ditemukan dalam serat tumbuhan. Selain itu, kadar abu yang tinggi tidak dikehendaki karena akan menimbulkan masalah *scaling* pada saat proses pembuatan pulp dan menyulitkan proses pemulihan bahan kimia setelah *pulping* (Ai & Tschirner, 2010). Kadar abu yang rendah menunjukkan bahwa bahan baku memiliki potensi untuk menghasilkan kertas dengan kualitas yang baik (Aremu *et al.*, 2015).

Kadar air bahan baku dapat mempengaruhi sifat mekanis dan permukaan dari lembaran pulp yang dihasilkan setelah proses pemasakan. Kapuk memiliki kadar air yang lebih tinggi daripada serat daun nanas, yaitu 9,42%. Kadar air yang tinggi dapat menunjukkan stabilitas dimensi yang kurang baik dari permukaan lembaran pulp. Lembaran pulp yang berkualitas membutuhkan stabilitas dimensi yang sangat baik karena akan mempengaruhi struktur dan kekuatannya. Serat selulosa dapat membengkak dari 15 hingga 20%, dari kondisi kering hingga jenuh, dimana hal ini dapat menyebabkan perubahan stabilitas dimensi. Perubahan dimensi tersebut akan membuat penurunan stabilitas dimensi sehingga menyebabkan pengerutan dan pengeritingan yang tidak diinginkan dalam stabilitas dimensi lembaran pulp (Aremu *et al.*, 2015).

Serat daun nanas memiliki kadar ekstraktif yang lebih tinggi dari kapuk yaitu 5,06% karena mengandung beberapa ekstraktif seperti getah dan resin (Aremu *et al.*, 2015). Kapuk dan serat daun nanas memiliki kadar kelarutan dalam NaOH 1% yang cukup tinggi yaitu sebesar 31,62% dan 24,64% secara berurutan. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya karbohidrat dengan berat molekul rendah

dan bahan alkali larut lainnya (Tutus, Ahmet Cenk, & Saim, 2010).

Proses Pembuatan Pulp

Pembuatan pulp secara kimia utamanya tergantung pada reaktan kimia dan energi panas yang digunakan untuk melunakkan serta melarutkan lignin dalam bahan baku, terkadang dilanjutkan dengan penggilingan secara mekanis untuk memisahkan serat (Sixta, 2006). Hasil dari proses pembuatan pulp kapuk dan serat daun nanas dapat dilihat pada Tabel 5. Proses pembuatan pulp kapuk dan serat daun nanas dilakukan dengan proses *kraft* karena kadar lignin dalam bahan bakunya tinggi yaitu 16,86% untuk kapuk dan 6,41% untuk serat daun nanas. Secara teoritis, proses delignifikasi serat daun nanas membutuhkan lebih sedikit bahan kimia, tetapi pada kenyataannya persentase alkali aktif untuk proses pembuatan pulp serat daun nanas lebih tinggi daripada kapuk karena serat daun nanas memiliki kadar sari yang lebih tinggi daripada kapuk yaitu 5,06% (Sable *et al.*, 2012).

Rendemen pulp belum putih dipengaruhi komponen kimia bahan baku, jumlah bahan kimia yang ditambahkan pada saat proses pembuatan pulp, kondisi pembuatan pulp, dan proses pembuatan pulp yang digunakan. Rendemen pembuatan pulp serat daun nanas lebih rendah dibandingkan dengan pulp kapuk. Hal ini dapat disebabkan oleh kadar kelarutan serat daun nanas dalam air panas dan air dingin, serta kadar sarinya yang lebih tinggi daripada kapuk (Tutus *et al.*, 2010). Bilangan Kappa (kebutuhan permanganat) umumnya dianggap mewakili kandungan lignin dalam pulp dengan akurasi yang cukup baik karena permanganat adalah senyawa pengoksidasi yang kuat, yang tidak hanya bereaksi dengan lignin aromatik tetapi juga dengan ikatan ganda lainnya, asumsi ini hanya berlaku pada batasan tertentu (Sixta, 2006). Pulp kapuk dan serat daun nanas memiliki bilangan Kappa 17,04 dan 16,99 secara berurutan. Bilangan Kappa juga mempengaruhi jumlah bahan kimia yang digunakan pada proses pemutihan untuk mencapai derajat cerah yang

diinginkan. Hasil proses pembuatan pulp dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Proses Pembuatan Pulp

Parameter	Bahan Baku	
	Kapuk	Serat Daun Nanas
Alkali Aktif (%)	17	18
Sulfiditas (%)	25	25
Rendemen	59,63	55,02
Total (%)		
Bilangan Kappa	17,04	16,99

Proses Pemutihan Pulp

Proses pemutihan pulp merupakan proses lanjutan dari penghilangan senyawa lignin yang masih tersisa di dalam pulp setelah proses pemasakan. Hasil proses pemutihan pulp dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Proses Pemutihan Pulp

Parameter	Satuan	Bahan Baku	
		Kapuk	Serat Daun Nanas
Rendemen	%	94,28	95,62
Derajat Cerah	%ISO	82,46	85,68

Nilai rendemen proses pemutihan pulp kapuk dan serat daun nanas cukup tinggi (> 94%). Hal ini menunjukkan bahwa selulosa tidak banyak terdegradasi. Derajat cerah pulp dipengaruhi oleh gugus kromofor yang terkandung di dalamnya. Derajat cerah pulp kapuk dan serat daun nanas yaitu 82,46% ISO dan 85,68% ISO.

Sifat Fisik Lembaran Pulp

Analisis sifat mekanis dan kekuatan kertas yang dihasilkan mencerminkan kimia intrinsik, morfologi, dan struktur dari serat-serat individu serta struktur jaringan pada kertas. Sisa lignin, bahan pengotor, konsistensi pulp, derajat giling pulp, dan kelembapan relatif di lingkungan pengujian merupakan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi sifat lembaran kertas yang dihasilkan dari berbagai pulp. Dimensi dan kekuatan dari serat-serat

individu, susunannya, serta sejauh mana mereka terikat satu sama lain merupakan faktor-faktor penting yang memiliki kontribusi terhadap hasil pengujian (Aremu *et al.*, 2015). Sifat fisik lembaran pulp dilakukan dengan menguji kekuatan tarik, ketahanan sobek, dan jumlah ketahanan lipat. Hasil pengujian sifat fisik lembaran pulp kapuk dan serat daun nanas dapat dilihat pada Tabel 7.

Lembaran pulp serat daun nanas memiliki indeks tarik yang lebih besar daripada kapuk. Indeks tarik menunjukkan kekuatan tarik dari kertas yang merupakan hasil bagi dari kekuatan tarik terhadap gramatur. Ikatan serat sangat mungkin mempengaruhi nilai kekuatan tarik (Chaiarrekij *et al.*, 2011). Nilai rendah dari indeks tarik dikaitkan dengan tingginya nilai kekasaran pada serat, oleh karena itu fleksibilitasnya menjadi rendah sehingga tidak memberikan formasi yang baik dari jaringan yang berikatan. Lembaran pulp kapuk memiliki indeks tarik yang cukup tinggi. Hal ini dapat disebabkan oleh ukuran serat kapuk yang panjang serta lumen yang mudah hancur ketika membentuk kertas sehingga menghasilkan daerah yang berikatan tinggi dan lembaran yang lebih padat dengan menghasilkan indeks tarik lembaran yang superior (Kamoga *et al.*, 2016).

Tabel 7. Hasil Pengujian Sifat Fisik Lembaran Pulp Putih

Parameter	Satuan	Bahan Baku	
		Kapuk	Serat Daun Nanas
Indeks Tarik	Nm/g	49,20	51,68
Indeks Sobek	Nm ² /g	2,98	12,6
Ketahanan Lipat	df	309	501

Indeks sobek adalah nilai ketahanan sobek dibagi dengan gramatur yang mendefinisikan ketahanan sobek dari kertas. Salah satu karakteristik utama serat kapuk adalah kerapuhannya. Oleh karena itu, lembaran yang dibuat dari pulp kapuk memiliki indeks sobek yang lebih

rendah daripada serat daun nanas. Ketahanan sobek dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti kekuatan intrinsik serat, panjang serat, dan ikatan serat. Faktor paling penting dalam membentuk lembaran yang memiliki ikatan yang baik adalah kekuatan serat. Penurunan ketahanan sobek dapat disebabkan oleh panjang serat yang sangat pendek dan sejumlah besar *finer* (serat yang sangat halus) yang terbentuk (Kamoga *et al.*, 2016).

Ketahanan lipat merupakan indikator paling sensitif dari kerusakan kertas pada saat penyimpanan dalam waktu yang cukup lama. Efek dari proses penyimpanan kertas dalam waktu yang lama diinterpretasikan bahwa pemotongan rantai serat menghasilkan serat yang lebih lemah dan ikatan silang kovalen dengan adanya ikatan tersebut yang mengarah kepada peningkatan kerapuhan. Kenaikan temperatur dan kelembapan relatif menyebabkan kehilangan yang signifikan dari ketahanan lipat. Ketahanan lipat lembaran pulp kapuk dan serat daun nanas secara berurutan adalah 309 dan 501 df (*double folds*). Nilai ketahanan lipat lembaran pulp serat daun nanas yang lebih tinggi daripada kapuk menunjukkan bahwa lembaran pulp serat daun nanas memiliki kekuatan serat yang lebih tinggi, lebih fleksibel, dan lebih berikatan (Karlovič & Gregor-svetec, 2012). Hasil pengujian ketahanan lipat dapat sangat bervariasi dan untuk beberapa kasus khusus reratanya dapat memiliki perbedaan hingga 20%. Kekuatan lipat berhubungan dengan kekuatan tarik, kelenturan, daya regang dan formasi kertas, serta kadar air. Selain itu, kekuatan lipat juga dipengaruhi oleh panjang serat, kekasaran, dan jenis serat. (Anonymous, 2005).

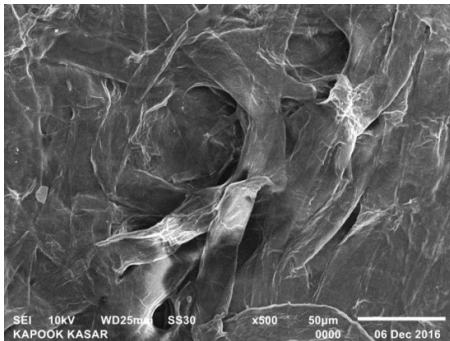
Scanning Electron Microscopy (SEM)

Analisis morfologi serat dari lembaran pulp putih serat daun nanas dan kapuk dilakukan dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Mikrograf hasil SEM dengan posisi sayatan melintang dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Mikrograf SEM Lembaran Pulp Putih Serat Daun Nanas

Pada Gambar 1 dapat terlihat bahwa terjadi fibrilasi pada permukaan lembaran pulp putih serat daun nanas. Fibrilasi ini dapat menyebabkan hilangnya lignin dan efek struktural lainnya. Analisis morfologi ini mengungkapkan keberadaan lumen yang mengelilingi dinding sel dari material tersebut (Daud, Hatta, Kassim, Kassim, & Awang, 2015).



Gambar 2. Mikrograf SEM Lembaran Pulp Putih Kapuk

Sedangkan pada Gambar 2 terlihat hanya sedikit fibrilasi yang terjadi pada permukaan lembaran pulp putih kapuk. Struktur seratnya sangat rapat sehingga pemisahan serat (defiberasi) tidak terlihat dengan jelas (menumpuk). Hal ini disebabkan oleh dinding sel serat kapuk yang licin serta memiliki lapisan lilin sehingga serat kapuk tidak terpilin dengan baik (Istinharoh, 2013).

KESIMPULAN

Kondisi optimum pembuatan pulp kapuk dan serat daun nanas dilakukan

dengan proses *kraft* dengan alkali aktif 17% untuk kapuk dan 18% untuk serat daun nanas, sulfiditas 25%, rasio 1 : 8 untuk pembuatan pulp kapuk dan 1 : 4 untuk serat daun nanas. Kondisi pemasakan kedua bahan baku dilakukan pada temperatur dan waktu yang sama yaitu 160 °C selama 2+1,5 jam.

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik dan morfologi, lembaran pulp putih serat daun nanas memiliki sifat yang lebih baik daripada kapuk untuk dijadikan bahan baku kertas khusus.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriaanse, M., & Morsink, H. (2007). *Non-Wood Fiber for Papermaking*. Netherlands.
- Ai, J., & Tschirmer, U. (2010). Fiber Length and Pulping Characteristics of Switchgrass, Alfalfa Stems, Hybrid Poplar and Willow Biomasses. *Bioresource Technology, Volume 101*, 215–221.
- Anonymous. (2005). Commonly used Test Methods for Paper and Board. *PITA Guide to Commonly used Test Methods for Paper and Board*.
- Aremu, M. O., Rafiu, M. A., & Adedeji, K. K. (2015). Pulp and Paper Production from Nigerian Pineapple Leaves and Corn Straw as Substitute to Wood Source. *International Research Journal of Engineering and Technology, 2*(4), 1180–1188.
- Asim, M., Abdan, K., Jawaid, M., Nasir, M., Dashtizadeh, Z., Ishak, M. R., & Hoque, M. E. (2015). A Review on Pineapple Leaves Fibre and Its Composites. *International Journal of Polymer Science, 2015*(May), 1–16. <https://doi.org/10.1155/2015/950567>
- Casey, J. P. (1980). *Pulp and Paper, Chemistry and Chemical Technology*. (J. P. Casey, Ed.) (Third Edit). New York: John Wiley and Sons.
- Chaiarekij, S., Apirakchaikul, A., Suvarnakich, K., & Kiatkamjornwong, S. (2011). Kapok I: Characteristics of Kapok Fiber as A Potential Pulp Source for Papermaking. *BioResources, 7*(1), 475–488.
- Chandra, M. (1998). Use of nonwood plant fibers for pulp and paper industry in Asia. Potential in China, 1–91.
- Danladi, A., & Shu'aib, J. (2014). Fabrication and Properties of Pineapple Fibre / High Density Polyethylene Composites.

- American Journal of Materials Science*, 4(3), 139–143. <https://doi.org/10.5923/j.materials.20140403.04>
- Daud, Z., Hatta, M., Kassim, A., Kassim, A., & Awang, H. (2015). Analysis by Pineapple Leaf in Chemical Pulping Process. *Applied Mechanics and Materials*, 773–774(January), 1215–1219. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.773-774.1215>
- Daud, Z., Kassim, A. S. M., Aripin, A. M., Awang, H., & Hatta, M. Z. M. (2013). Chemical Composition and Morphological of Cocoa Pod Husks and Cassava Peels for Pulp and Paper Production. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 7(9), 406–411. Retrieved from http://ajbasweb.com/old/ajbas_July_2013.html
- Daud, Z., Mohd Hatta, M. Z., Mohd Kassim, A. S., & Aripin Mohd, A. (2013). Suitability of Malaysia's pineapple leaf and napier grass as a fiber substitution for paper making industry. *EnCon 2013, 6th Engineering Conference, "Energy and Environment"*, (July), 1–4. Retrieved from http://eprints.uthm.edu.my/4046/1/encon2013_submission_153.pdf
- FAO. (2016). Forest Products Statistics. Retrieved from <http://www.fao.org/forestry/statistics/80938@180723/en/>
- Horn, R. A. (1978). *Morphology of Pulp Fiber from Hardwoods and Influence on Paper Strength* (No. FPL 312). Madison.
- Hurter, R. W. (2015). Nonwood Fibres & Moulded Products. *Paper Technology*, (February), 14–17.
- Istiharoh. (2013). *Pengantar Ilmu Tekstil 1*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Kamoga, O. L. M., Kirabira, J. B., Byaruhanga, J. K., Godiyal, R. D., & Kumar, N. (2016). Characterisation and Evaluation of Pulp and Paper from Selected Ugandan Grasses for Paper Industry. *Cellulose Chemistry and Technology*, 50(2), 275–284.
- Kamthai, S., & Puthson, P. (2005). The Physical Properties, Fiber Morphology and Chemical Compositions of Sweet Bamboo (*Dendrocalamus asper* Backer). *Kasetsart J. (Nat. Sci.)*, 39, 581–587.
- Karlovits, M., & Gregor-svetec, D. (2012). Durability of Cellulose and Synthetic Papers Exposed to Various Methods of Accelerated Ageing, 9(6), 81–100.
- Kementerian Perindustrian. (2016). Industri Pulp dan Kertas Berpotensi Tumbuh Signifikan. Retrieved from <http://www.kemenperin.go.id/artikel/16331/Industri-Pulp-dan-Kertas-Berpotensi-Tumbuh-Signifikan-->
- Leão, A. L., Cherian, B. M., Narine, S., Souza, S. F., Sain, M., & Thomas, S. (2015). The use of pineapple leaf fibers (PALFs) as reinforcements in composites. *Biofiber Reinforcements in Composite Materials*, 211–235. <https://doi.org/10.1533/9781782421276.2.211>
- Mani, G. K., Rayappan, J. B. B., & Bisoyi, D. K. (2012). Synthesis and Characterization of Kapok Fibers and Its Composites. *Journal of Applied Sciences*, 12(16), 1661–1665. <https://doi.org/10.3923/jas.2012.1661.1665>
- Marsoem, S. N., Prasetyo, V. E., Rachman, W. B., & A., D. S. (2009). Pemanfaatan Serat Monokotil Bambu Legi (*Gigantochloa atter*) sebagai Bahan Baku Pulp secara Mekano-Organosolv. In *Prosiding Seminar Nasional MAPEKI XII* (pp. 819–834). Bandung.
- Pratiwi, R. H. (2014). Potensi Kapuk Randu (*Ceiba pentandra gaertn.*) dalam Penyediaan Obat Herbal. *E-Jurnal Widya Kesehatan Dan Lingkungan*, 1(1), 53–60. Retrieved from <https://ejournal.jurwidyakop3.com/index.php/kesling/article/view/165>
- Purwita, C. A., & Sugesty, S. (2018). Pembuatan dan Karakterisasi Dissolving Pulp Serat Panjang dari Bambu Duri (*Bambusa blumeana*). *Jurnal Selulosa*, 8(1), 21–32.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. (2016). *Outlook Nenas*. Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Putra, I. R. (2014). Impor Kertas sampai Rp 600 M, BI Diminta Pakai Produk Lokal. Retrieved from <https://www.merdeka.com/uang/imporkertas-sampai-rp-600-m-bi-diminta-pakai-produk-lokal.html>
- Sable, I., Grinfelds, U., Jansons, A., Vikele, L., Irbe, I., Verovkins, A., ... In. (2012). Comparison of The Properties of Wood and Pulp Fibers from Lodgepole pine (*Pinus contorta*) and Scots pine (*Pinus sylvestris*). *BioResources*, 7(2), 1771–1783. Retrieved from bioresources.com
- Sadiku, N. (2017). Fibre dimension and chemical characterisation of naturally grown *Bambusa vulgaris* for pulp and

- paper production Fibre dimension and chemical characterisation of naturally grown *Bambusa vulgaris* for pulp and paper production, (November 2016).
- Sixta, H. (2006). *Handbook of Pulp*. (H. Sixta, Ed.). Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Smook, G. A. (1992). *Handbook for Pulp and Paper Technologists* (2nd ed.). Vancouver: Angus Wilde Publication.
- Sudjindro. (2011). Prospek Serat Alam untuk Bahan Baku Kertas Uang. *Perspektif*, 10(2), 92–104.
- Tutus, A., Ahmet Cenk, E., & Saim, A. (2010). Chemical, Morphological and Anatomical Properties and Evaluation of Cotton Stalks (*Gossypium hirsutum* L.) in Pulp Industry. *Scientific Research and Essays*, 5(12), 1553–1560.
- Wood, I. M. (1981). The utilization of field crops and crop residues for paper pulp production. *Field Crop Abstract*, 34, 557–568.
- Xiang, H. F., Wang, D., Liua, H. C., Zhao, N., & Xu, J. (2013). Investigation on Sound Absorption Properties of Kapok Fibers. *Chinese Journal of Polymer Science (English Edition)*, 31(3), 521–529. <https://doi.org/10.1007/s10118-013-1241-8>
- Xu, C. Y., Wang, H. X., Zhang, X. Y., Fu, S. Y., & Wu, J. E. (2006). Lignocellulose Selectivity Degradation of White Rot Fungi in Bamboo. *Journal Microbiol*, 26, 14–18.
- Yogesh, M., & Hari Rao, A. N. (2017). Study on Pineapple Leaves Fibre and its Polymer based Composite : A Review. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 6(1), 799–807.
- Yuwono, S. S. (2016). Daun Nanas. Retrieved from <http://darsatop.lecture.ub.ac.id/2016/02/daun-nanas/>
- Zhang, X., Fu, W., Duan, C., Xiao, H., Shi, M., Zhao, N., & Xu, J. (2013). Superhydrophobicity determines the buoyancy performance of kapok fiber aggregates. *Applied Surface Science*, 266, 225–229. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2012.11.153>
- Zheng, Y., Wang, J., Zhu, Y., & Wang, A. (2015). Research and Application of Kapok Fiber as An Absorbing Material: A Mini Review. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 27, 21–32.