



Pembuatan dan Karakterisasi *Dissolving Pulp* Serat Panjang dari Bambu Duri (*Bambusa blumeana*)

Chandra Apriana Purwita*, Susi Sugesty

Balai Besar Pulp dan Kertas Jl. Raya Dayeuhkolot No 132, Bandung, Indonesia

Diterima : 14 November 2017, Revisi akhir : 03 Mei 2018, Disetujui terbit : 07 Mei 2018

*Preparation and Characterization of Long Fiber Dissolving Pulp from Spiny Bamboo (*Bambusa blumeana*)*

Abstract

The need for long fiber dissolving pulp in Indonesia can only be met from imports. Bamboo is a non-wood plant and known as source of long fiber. This research aims to study the potential of spiny bamboo to be used as raw material for producing long fiber dissolving pulp. This research was conducted using two different types of raw materials preparation to produce bamboo chip and decorticated bamboo. The pulping process is carried out by pre-hydrolysis kraft and bleaching performed with two different bleaching sequences, i.e $D_0ED_1D_2$ and $D_0EpD_1D_2$. Based on the experimental results, spiny bamboo has good potential to be used as raw material for dissolving pulp. Spiny bamboo belongs to long fibers with an average fiber length of 2.46 mm. The dissolving quality depends on the preparation of the raw material and the bleaching sequence. The yield of spiny bamboo dissolving pulp ranged from 37.97 - 40.76% with alpha cellulose content of 94.88 - 98.67%, and viscosity of 16.43 - 25.75 cP. Decorticated bamboo with bleaching sequence of $D_0EpD_1D_2$ produced the highest quality of dissolving pulp with the highest brightness and alpha cellulose were 89.61% ISO and 98.67%, respectively.

*Keywords: dissolving pulp, spiny bamboo (*Bambusa blumeana*), bamboo chip, decorticated bamboo, pre-hydrolysis kraft*

Abstrak

Kebutuhan *dissolving pulp* serat panjang di Indonesia hanya dapat dipenuhi melalui impor. Bambu adalah tanaman nonkayu dan dikenal sebagai sumber serat panjang. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari potensi bambu duri untuk dijadikan bahan baku pembuatan *dissolving pulp* serat panjang. Penelitian ini dilakukan dengan dua jenis persiapan bahan baku yang berbeda untuk menghasilkan serpih bambu dan bambu dekortikasi. Proses pemasakan dilakukan dengan proses pra-hidrolisis kraft dan pemutihan dilakukan dengan dua urutan pemutihan yang berbeda, yaitu $D_0ED_1D_2$ dan $D_0EpD_1D_2$. Berdasarkan hasil penelitian, bambu duri memiliki potensi yang baik untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan *dissolving pulp*. Bambu duri tergolong serat panjang dengan panjang serat rata-rata 2,46 mm. Kualitas *dissolving pulp* yang dihasilkan tergantung dari persiapan bahan baku dan urutan pemutihan. Rendemen *dissolving pulp* bambu duri berkisar 37,97 - 40,76%, dengan kandungan selulosa alfa 94,88 - 98,67%, dan viskositas 16,43 - 25,75 cP. Bambu dekortikasi dengan urutan pemutihan $D_0EpD_1D_2$ menghasilkan *dissolving pulp* paling unggul dengan derajat cerah dan selulosa alfa tertinggi berturut-turut 89,61 %ISO dan 98,67%.

Kata kunci: *dissolving pulp*, bambu duri (*Bambusa blumeana*), serpih bambu, bambu dekortikasi, pra-hidrolisis kraft

Pendahuluan

Permintaan pasar global dan kebutuhan *dissolving pulp* meningkat dari tahun ke tahun. Di Indonesia, kebutuhan *dissolving pulp* serat panjang sebesar 400.000 ton hingga 500.000 ton per tahun dan diproyeksikan terus meningkat (Ariyanti, 2018). Peningkatan ini diperkirakan akan terus tumbuh dan didorong oleh pertumbuhan industri serat rayon. Bahan utama pembuatan serat rayon adalah pulp khusus yang disebut *dissolving pulp*. *Dissolving pulp* adalah pulp putih rendemen rendah yang memiliki kandungan selulosa alfa serta derajat cerah yang tinggi sementara kandungan ekstraktif, hemiselulosa, dan abu rendah. *Dissolving pulp* diproduksi dengan dua metode yaitu pra-hidrolisis kraft dan sulfit asam. Pra-hidrolisis kraft menghasilkan *dissolving pulp* dengan kadar selulosa alfa sampai 94%-96% dan sulfit asam menghasilkan kadar selulosa alfa yang lebih rendah yaitu sebesar 90%-92%. *Dissolving pulp* digunakan untuk pembuatan serat rayon dan berbagai turunan selulosa. Serat rayon adalah serat serbaguna yang digunakan untuk menggantikan kapas pada pembuatan pakaian. Sebagian besar serat rayon dibuat dengan proses viskosa. Pada pembuatan serat rayon viskosa, *dissolving pulp* serat panjang dibutuhkan untuk membentuk kekuatan serat yang baik. Oleh karena itu, pada pembuatan serat rayon viskosa, industri selalu mencampur *dissolving pulp* serat pendek dan panjang. Meskipun permintaan *dissolving pulp* serat panjang di Indonesia cukup tinggi, namun tidak dapat dipenuhi karena Indonesia tidak memproduksi *dissolving pulp* serat panjang sehingga harus dipenuhi melalui impor (Ariyanti, 2018).

Indonesia adalah negara tropis yang kaya akan tanaman nonkayu yang dapat digunakan sebagai bahan baku alternatif untuk industri pulp dan kertas. Salah satu jenis tanaman nonkayu tersebut adalah bambu. Bambu adalah istilah umum untuk anggota rumput kayu, *subfamily Bambusoideae* dan *family Andropogoneae/Poaceae*. Bambu memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan tanaman kayu yaitu tumbuh cepat dan bisa dipanen setelah 3-5 tahun tanam, jauh lebih pendek dari kayujarum yang butuh waktu 10-20 tahun. Selain itu, bambu memiliki produktivitas tinggi dan dapat tumbuh di tanah gersang (Truong and Le, 2014). Sebagai tanaman nonkayu, bambu dikenal karena seratnya panjang dengan panjang serat rata-rata 1,90-3,24 (Tian *et al.*, 2013; Cao *et al.*, 2014; Maya and Narasimhamurthy, 2015;

Sugesty, Kardiansyah and Hardiani, 2015) sehingga berpotensi besar digunakan sebagai bahan baku alternatif untuk memproduksi *dissolving pulp* serat panjang untuk mengurangi ketergantungan pada impor.

Jumlah spesies bambu yang ada di dunia sekitar 1030 jenis yang berasal dari 77 genus. Sekitar 200 spesies dari 20 genus ditemukan di Asia Tenggara dan sebanyak 143 spesies bambu tumbuh di Indonesia. Bambu tersebar di pulau Jawa sebanyak 60 spesies. Sembilan spesies merupakan spesies endemik di pulau Jawa (Dransfield and Widjaja, 1995). Beberapa spesies bambu telah diteliti sebagai bahan baku pembuatan *dissolving pulp* antara lain apus (*Gigantochloa apus*), sembilang (*Dendrocalamus giganteus*), petung (*Dendrocalamus asper*), mayan (*Gigantochloa robusta*) (Sugesty, Kardiansyah and Hardiani, 2015), bambu hijau (*Dendrocalamopsis oldhami*) (Ma *et al.*, 2011; Cao *et al.*, 2014; Luo *et al.*, 2014), dan bambu komersil (Batalha *et al.*, 2012). Penelitian terus dilakukan untuk menyelidiki spesies bambu yang potensial untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan *dissolving pulp* serat panjang dengan kualitas yang baik. Penelitian ini menggunakan spesies bambu yang merupakan spesies endemik yaitu bambu duri (*Bambusa blumeana*) yang diyakini berasal dari Sumatera, Jawa, dan Kalimantan. Bambu duri merupakan salah satu jenis bambu yang banyak dibudidayakan di Indonesia dan dimanfaatkan untuk konstruksi, furnitur, peralatan dapur, dan kerajinan lainnya. Spesies bambu ini belum pernah diteliti sebagai bahan baku pada pembuatan *dissolving pulp* sehingga penting untuk dilakukan penelitian untuk menggali potensi bambu duri.

Produksi *dissolving pulp* berkualitas baik melibatkan dua aspek penting yaitu kualitas bahan baku dan proses pembuatan *dissolving pulp*. Kualitas bahan baku dapat diperiksa melalui analisis dimensi serat seperti panjang dan diameter serat, dan analisis komponen kimia misalnya kandungan selulosa alfa (Biermann, 1996). Proses pembuatan *dissolving pulp* meliputi persiapan bahan baku, pra-hidrolisis, pemasakan, dan pemutihan juga menentukan kualitas *dissolving pulp*. Perbedaan persiapan bahan baku menghasilkan dimensi bahan baku, kadar air, kandungan komponen kimia seperti selulosa, lignin, abu dan ekstraktif yang berbeda sehingga mempengaruhi kualitas *dissolving pulp*. Oleh karena itu, penelitian dilakukan untuk mengetahui

pengaruh persiapan bahan baku terhadap kualitas *dissolving pulp* yang dihasilkan. Standar Nasional Indonesia 938:2017–Pulp rayon mempersyaratkan derajat cerah *dissolving pulp* minimal 89 %ISO. Derajat cerah yang tinggi hanya dapat diperoleh dengan mengoptimalkan proses pemasakan dan pemutihan. Kondisi pemasakan seperti rasio bahan baku terhadap cairan kimia pemasak, persentase alkali aktif, sulfiditas, temperatur dan waktu pemasakan menentukan kualitas pulp belum putih yang dihasilkan yang kemudian dapat mempengaruhi kualitas *dissolving pulp* yang dihasilkan. Kualitas *dissolving pulp* terutama derajat cerah dipengaruhi oleh urutan tahapan pemutihan yang digunakan sehingga penting untuk menentukan tahapan pemutihan sehingga memperoleh derajat cerah *dissolving pulp* yang memenuhi persyaratan SNI 938:2017 – Pulp rayon. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi bambu duri untuk dijadikan bahan baku pembuatan *dissolving pulp* serat panjang. Secara khusus untuk mengetahui pengaruh persiapan bahan baku dan urutan tahap pemutihan terhadap kualitas *dissolving pulp* yang dihasilkan.

Bahan dan Metode

Persiapan Bahan Baku

Bambu duri (*Bambusa blumeana*) berumur empat tahun diperoleh dari Hutan Percobaan Arcamanik, Pusat Penelitian dan Pengembangan Rehabilitasi dan Konservasi Hutan. Bambu dipanen lalu dikeringkan di bawah sinar matahari. Bagian bambu yang digunakan dalam percobaan adalah ruasnya. Buku bambu dipotong dan disisihkan karena kandungan mineral yang tinggi namun kandungan serat rendah. Percobaan ini menggunakan dua jenis persiapan bahan baku yang berbeda untuk menghasilkan serpih bambu dan bambu dekortikasi. Serpih bambu disiapkan dengan cara memotong ruas sebesar 3 cm × 2,5 cm × 1 cm. Bambu dekortikasi disiapkan dengan memotong ruas memanjang dengan ketebalan 2 cm. Bambu direndam dalam air selama 24 jam lalu dipipihkan dengan alat *press*. Bambu kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari. Bambu kering kemudian didekortikasi dengan menggunakan dekortikator laboratorium kemudian diayak dengan *wood chip screener*. Bambu dekortikasi yang digunakan pada penelitian adalah bambu dengan panjang 3cm - 5 cm dan ketebalan 0,2 cm - 1 cm.

Analisis Dimensi Serat dan Turunannya

Dimensi serat seperti panjang serat, diameter serat, diameter lumen, ketebalan dinding dianalisis sesuai SNI 01-1840-1990 - Cara uji panjang serat kayu dan bukan kayu. Parameter turunan dimensi serat dihitung berdasarkan data primer dimensi serat.

Analisis Komponen Kimia

Persiapan contoh untuk analisis komponen kimia dilakukan dengan cara memotong bambu 5 cm × 0,5 cm × 0,5 cm dan kemudian dibuat menjadi serbuk dengan Wiley mill. Serbuk bambu kemudian diayak dengan saringan mesh. Ukuran partikel bambu yang digunakan untuk analisis adalah lolos 40 mesh dan tertahan 60 mesh. Parameter analisis bambu adalah: selulosa alfa (SNI 0444: 2009 Pulp - Cara uji kadar selulosa alfa, beta dan gamma), holoselulosa (ASTM D1104–56-*Method of test for holocellulose in wood*), ekstraktif alkohol benzena (SNI 8401:2017-Ekstraktif terlarut pada kayu dan pulp (T 204 cm-07, IDT)), lignin tak larut asam (SNI 8429: 2017-Lignin tidak larut asam dalam kayu dan pulp (T 222 om-15, IDT)), pentosan (SNI 14-1304-1989-Cara uji kadar pentosan pulp kayu), abu (SNI 0442: 2009-Kertas, karton dan pulp-Cara uji kadar abu pada 525 derajat Celsius), abu tak larut asam (SNI ISO 776: 2010 Pulp-Cara uji kadar abu tidak larut asam), kelarutan dalam air dingin dan panas (SNI 01-1305-1989 Kayu-Cara uji kelarutan dalam air dingin dan air panas), dan kelarutan NaOH 1% (SNI 14-1838-1990-Cara uji kelarutan kayu dan pulp dalam larutan natrium hidroksida satu persen).

Pemasakan Pra-Hidrolisis Kraft

Pemasakan pra-hidrolisis kraft dilakukan baik terhadap serpih bambu maupun bambu dekortikasi. Bambu sebanyak 350 gram kering oven kemudian dimasukkan ke dalam bejana *digester*, lalu ditambahkan asam sulfat 1 N dengan perbandingan padatan dan cair adalah 1: 5 (w/v). Bambu dimasak dengan suhu 160 °C selama 145 menit (waktu untuk mencapai suhu maksimum adalah 55 menit dan ditahan selama 90 menit). Pulp kemudian dipisahkan dari *prehydrolysis liquor* lalu dicuci dengan air hingga netral.

Bambu hasil dari pra-hidrolisis asam kemudian ditentukan kadar airnya. Pulp kemudian

dimasukkan dalam reaktor CRS AB *rotary digester* dengan kapasitas 6 L. Bambu dimasak pada suhu 160 °C selama 90 menit untuk mencapai suhu maksimum dan ditahan selama 120 menit sehingga total waktu adalah 210 menit, faktor H adalah 800. Jumlah alkali aktif adalah 16% dan sulfiditas adalah 30%. Pulp kemudian dipisahkan dari lindi hitam lalu dicuci dan di-*screening* untuk memisahkan dengan *reject*. Bagian yang tidak lolos saringan dinyatakan sebagai *reject*. Rendemen pulp dihitung berdasarkan berat kering oven pulp yang lolos saringan dibagi berat kering oven bahan baku.

Pemutihan

Pemutihan dilakukan dengan dua urutan berbeda yaitu $D_0ED_1D_2$ dan $D_0EpD_1D_2$ (D_0 = ekstraksi awal klorin dioksida, E: ekstraksi alkali, Ep: ekstraksi alkali peroksida, D_1 dan D_2 : klor dioksida tahap pertama dan kedua) untuk mempelajari pengaruh urutan pemutihan pada kualitas *dissolving pulp*. Kondisi lengkap setiap tahap pemutihan disajikan pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**. Dosis ClO_2 pada D_0 dihitung berdasarkan Faktor Kappa Number yaitu 22% terhadap bilangan Kappa pulp belum putih.

Analisis *Dissolving Pulp*

Dissolving pulp dianalisis sesuai dengan Standar Nasional Indonesia. Parameternya adalah selulosa alfa (SNI 0444: 2009 Pulp - Cara uji kadar selulosa alfa, beta dan gamma), S_{10} dan S_{18} (SNI 692: 2010 Pulp-Cara uji kelarutan dalam alkali), ekstraktif dikloro metana (DCM) (SNI 8401:2017 Ekstraktif terlarut pada kayu dan pulp (T 204 cm-07, IDT)), abu (SNI 0442: 2009

Tabel 1. Kondisi Pemutihan untuk Urutan Pemutihan $D_0ED_1D_2$

Kondisi	D_0	E	D_1	D_2
Konsistensi, %	10	10	10	10
NaOH, %	-	1	-	-
Faktor KN, %	22	-	-	-
ClO_2 , %	-	-	1	0,5
Waktu, mnt	60	60	180	180
Temperatur, °C	60	70	75	75
pH akhir	2,5-3,5	11,5-12	4	3,5

Kertas, karton dan pulp-Cara uji kadar abu pada 525 derajat Celsius), viskositas dalam larutan kuprietilendiamina (CED) (SNI 0936: 2008 Pulp - Cara uji viskositas - Kuprietilendiamin (viskometer kapiler)); viskositas intrinsik (SNI 5351: 2012 Pulp - Cara uji bilangan viskositas limit (viskositas intrinsik) dalam larutan kuprietilendiamina (CED)); dan derajat cerah (SNI 2470-1: 2014 Kertas, karton, dan pulp – Cara uji faktor pantul biru cahaya baur - Bagian 1: Kondisi siang hari di dalam ruangan (derajat cerah ISO).

Hasil dan Pembahasan

Hasil Persiapan Bahan Baku

Kualitas *dissolving pulp* yang dihasilkan selain dipengaruhi oleh jenis bahan baku, proses pemasakan, dan pemutihan, juga dipengaruhi oleh persiapan bahan baku. Bambu dipersiapkan dengan dua metode yang berbeda untuk menghasilkan serpih bambu dan bambu dekortikasi untuk mempelajari pengaruh persiapan bahan baku terhadap kualitas *dissolving pulp* yang dihasilkan (**Gambar 1**).

Dekortikasi merupakan proses untuk memisahkan serat dengan perlakuan mekanik. Pemisahan serat dari bagian nonserat diharapkan meningkatkan kandungan selulosa alfa bahan dan menurunkan kandungan abu sehingga meningkatkan mutu pulp yang dihasilkan. Perbedaan dalam persiapan bahan baku menghasilkan dimensi bahan yang berbeda.

Tabel 2. Kondisi Pemutihan untuk Urutan Pemutihan $D_0EpD_1D_2$

Kondisi	D_0	Ep	D_1	D_2
Konsistensi, %	10	10	10	10
NaOH, %	-	1	-	-
Faktor KN, %	22	-	-	-
ClO_2 , %	-	-	1	0,5
H_2O_2 , %	0	2	0	0
EDTA, %	-	0,5	-	-
Na_2SiO_3 , %	-	5	-	-
Waktu, menit	60	60	180	180
Temperatur, °C	60	70	75	75
pH akhir	2,5-3,5	11,5-12	4	3,5



Gambar 1. Serpih Bambu (Kiri) dan Bambu Dekortikasi (Kanan)

Perbedaan ini menentukan kualitas bahan baku yang dapat mempengaruhi kualitas *dissolving pulp* yang dihasilkan.

Dimensi Serat dan Turunannya

Dimensi serat seperti panjang serat, diameter serat dan lumen, ketebalan dinding, serta nilai turunannya digunakan untuk mengetahui kualitas bahan baku dan pulp yang dihasilkan (Cao *et al.*, 2014; Duan *et al.*, 2015). Panjang serat adalah salah satu besaran serat yang paling penting. Dibandingkan dengan serpih bambu, bambu dekortikasi memiliki panjang serat rata-rata lebih besar dan diameter serat yang lebih kecil. Naiknya panjang serat rata-rata pada bambu dekortikasi dapat disebabkan karena aksi mekanik proses dekortikasi menyebabkan serat-serat pendek terpisah dari bahan dan pada saat pengayakan serat tersebut lolos pada saringan. Lolosnya serat pendek menyebabkan panjang serat rata-rata naik. Berdasarkan hasil pengamatan mikroskop (lihat **Gambar 2**) serat-serat pendek tersebut memiliki diameter yang lebih besar dibandingkan serat yang lebih panjang maka pada saat tersisihkan, akan membuat persentase rata-rata diameter serat menjadi lebih kecil. Hal ini didukung dengan naiknya nilai kelangsingan serat, yang menunjukkan bahwa serat ramping dengan diameter serat lebih kecil. Panjang serat minimal pada serpih bambu lebih kecil dibandingkan bambu dekortikasi. Serat yang terlalu pendek tidak diinginkan dalam produksi *dissolving pulp* karena mudah terdegradasi oleh alkali dan dalam pembuatan serat rayon viskosa akan menghasilkan serat dengan kekuatan mekanik rendah. Selain itu, serat pendek juga membuat

penyaringan pada saat poses pembuatan viskosa menjadi sangat buruk (Hiro and Takahama, 1958). Rata-rata panjang serat bambu lebih panjang dari *Eucalyptus* spp. 0,568 mm – 1,14 mm (Gominho *et al.*, 2014; Carrillo *et al.*, 2015; Neiva *et al.*, 2015; Samistraro *et al.*, 2015) dan setara dengan *Pinus* spp. 2,3 mm -3,6 mm (Ataç and Eroğlu, 2013; Gulsoy and Ozturk, 2015). Oleh karena itu, serat bambu tergolong serat panjang.

Bilangan runkel menggambarkan kemampuan bahan baku untuk dibuat pulp. Serat dengan

Tabel 3. Dimensi Serat dan Turunan Dimensi Serat Serpih Bambu dan Bambu Dekortikasi

No	Parameter	Serpih bambu	Bambu dekortikasi
1	Panjang serat maks. (mm)	6,54	6,50
2	Panjang serat min. (mm)	1,04	1,53
3	Panjang serat rata-rata (mm)	2,46	3,31
4	Diameter luar (µm)	22,35	20,04
5	Diameter dalam (µm)	9,7	8,53
6	Tebal dinding (µm)	6,33	5,76
7	Bilangan runkel	1,3	1,35
8	Kelangsingan	109,99	164,94
9	Kekakuan	0,28	0,29
10	Kelenturan	0,43	0,43
11	<i>Muhlstep ratio</i> (%)	81,17	81,90

bilangan runkel kurang dari atau sama dengan satu berarti serat tersebut memiliki dinding serat tipis sehingga pelarut dan bahan kimia bisa menembus lebih mudah ke dalam serat dan mempermudah proses pemasakan (Sugesty, Kardiansyah and Hardiani, 2015). Bilangan runkel yang rendah juga akan menghasilkan pulp dengan kekuatan mekanik yang baik (Sharma et al., 2011). Bilangan runkel bambu duri lebih dari satu yang berarti bambu memiliki dinding serat yang tebal sehingga kemungkinan akan diperlukan bahan kimia yang lebih banyak pada proses pemasakan.

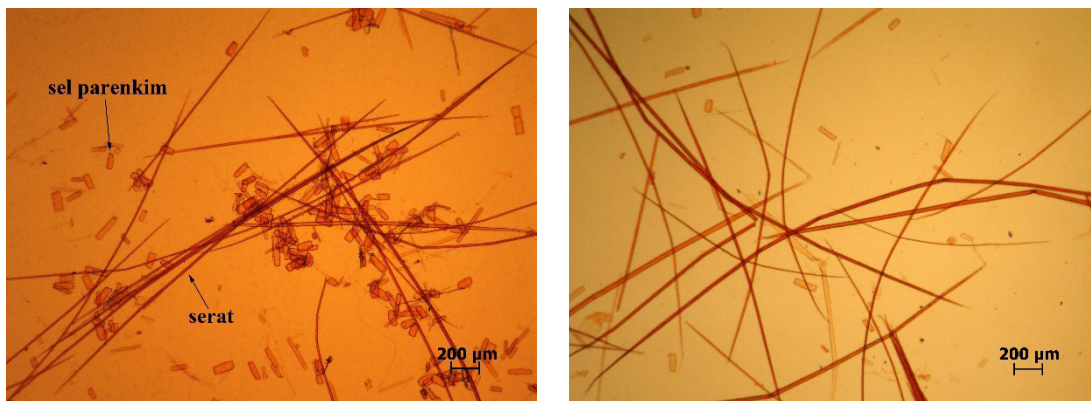
Selain dimensi serat, pengamatan morfologi serat juga dilakukan. Berdasarkan hasil foto serat, terlihat bentuk serat bambu dan sel parenkim. Seperti yang terlihat pada **Gambar 2**, sel parenkim pada bambu cukup banyak namun sel parenkim pada bambu dekortikasi lebih sedikit dibandingkan serpih bambu. Sel parenkim berbagai jenis bambu berkisar antara 17,1%-26,9% (Dhamodaran, Gnanaharan and Pillai, 2003). Sel parenkim memiliki efek negatif baik pada proses pembuatan maupun kualitas pulp dan kertas yang dihasilkan. Tingginya kandungan sel parenkim juga dapat mempengaruhi kualitas *dissolving pulp* yang dihasilkan. Zat abu pada bahan baku tidak tersebar merata, tetapi terutama terdeposit pada sel parenkim. Karena itu, proses pemasakan dan pemutihan harus mampu menyisihkan sel parenkim karena kandungan zat abu dapat menurunkan kualitas *dissolving pulp* yang dihasilkan (Wan Rosli et al., 2003; Cao et al., 2014).

Komponen Kimia Serpih Bambu dan Bambu Dekortikasi

Data hasil analisis komponen kimia tidak hanya digunakan untuk mengetahui kualitas bahan baku, namun juga digunakan untuk memprediksi kondisi proses pemasakan. Komponen kimia bambu terdiri atas selulosa, hemiselulosa, lignin, dan komponen minor yaitu ekstraktif dan abu. Kandungan komponen kimia bambu duri mirip dengan bahan baku yang biasa digunakan untuk pembuatan pulp dan kertas seperti *Eucalyptus* spp. dan *Pinus* spp., kecuali kandungan abu dan kelarutannya lebih tinggi. Bambu dekortikasi mengandung abu yang lebih rendah dibandingkan dengan serpih bambu. Hal ini dimungkinkan karena selama proses dekortikasi, zat mineral terlepas dari bahan karena perlakuan mekanik.

Kandungan selulosa alfa pada bambu duri lebih tinggi dari *Eucalyptus* spp. dan *Pinus* spp. Kandungan holoselulosa pada bambu setara dengan *Eucalyptus* spp., namun lebih tinggi dari *Pinus* spp. Kandungan selulosa alfa dan holoselulosa yang tinggi pada bahan baku akan menghasilkan rendemen pulp tinggi (Sugesty, Kardiansyah and Hardiani, 2015). Kandungan holoselulosa yang diperoleh lebih tinggi dari hasil penelitian Dransfield dan Widjaja (1995) yaitu sebesar 67,40%.

Kelarutan dalam air dingin, air panas, dan NaOH 1% menggambarkan kandungan ekstraktif, hemiselulosa, dan selulosa terdegradasi. Kelarutan bambu yang tinggi menunjukkan



Gambar 2. Foto Serat Serpih Bambu dan Bambu Dekortikasi pada Perbesaran 40×

Tabel 4. Komponen Kimia Serpih Bambu dan Bambu Dekortikasi

No	Parameter	Serpih bambu	Bambu dekortikasi	<i>Eucalyptus</i> spp. ¹	<i>Pinus</i> spp. ²
1	Selulosa alfa (%)	49,44	58,24	38,73 - 47,87	41,8-52,98
2	Holoseulosa (%)	74,45	83,47	55,40-76,68	61,45-70,48
3	Ekstraktif (%)	4,80	3,10	2,11-3,7	1,2-1,7
4	Lignin klasson (%)	23,20	24,32	15,9,10-32,53	25,60 - 31,15
5	Pentosan (%)	20,90	13,91	12,15-25,51	8,92-20,00
6	Abu (%)	4,52	2,59	0,14-4,2	0,27-3,9
7	Abu tak larut asam (%)	1,14	0,51	-	-
8	Kelarutan dalam air dingin (%)	10,36	4,37	1,5-3,5	1,3-1,64
9	Kelarutan dalam air panas (%)	11,18	5,51	1,38-5,96	1,41-7,37
10	Kelarutan dalam NaOH 1% (%)	28,70	25,26	17,1-23,4	9,4-22,3

¹(Kojima et al., 2014; Antes and Joutsimo, 2015; Neiva et al., 2015; Zhou et al., 2015; Gallina et al., 2016; Hou et al., 2016; Pinto et al., 2016; Poletto, 2016)

²(Ataç and Eroğlu, 2013; Gulsoy and Tufek, 2013; Xiang and He, 2013; Cotana et al., 2014; Herrera et al., 2014; Castillo et al., 2015; Gulsoy and Ozturk, 2015; Reyes et al., 2016; Valenzuela et al., 2016)

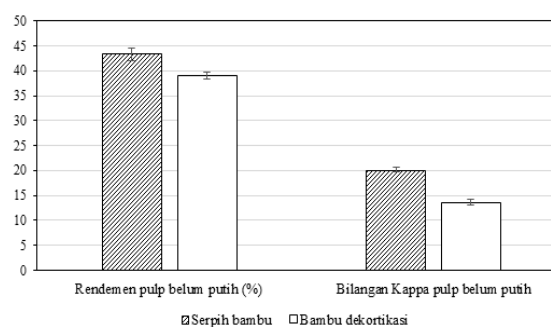
bahwa bambu tidak tahan terhadap penyimpanan karena selama penyimpanan, degradasi oleh bakteri, jamur, panas, cahaya dan lain-lain dapat terjadi. Kelarutan yang tinggi pada bambu terutama karena kandungan pati yang tinggi. Kelarutan bahan baku yang lebih tinggi akan menghasilkan rendemen pulp yang lebih rendah (Sharma et al., 2011).

Kandungan ekstraktif dan abu pada bambu cukup tinggi dibandingkan dengan kayu, baik kayudaun maupun kayujarum. Salah satu pembeda antara bahan baku nonkayu dan kayu adalah tingginya kandungan abu mineral pada nonkayu. Kandungan abu bambu duri merupakan salah satu yang tertinggi di antara spesies bambu lainnya. Kadar abu bambu sembilang 3,7%, petung 2,13%, mayan 1,66% (Sugesty, Kardiansyah and Hardiani, 2015), bambu hijau 1,5% (Cao et al., 2014), apus 4,07% (Mutia et al., 2014). Kandungan abu serpih bambu dan bambu dekortikasi sedikit lebih rendah dari hasil penelitian Dransfield dan Widjaja (1995) yaitu 4,80%. Kandungan ekstraktif dan abu dari bahan baku dapat menyebabkan masalah seperti kesulitan dalam penanganan cairan lindi hitam, pengerakan, kerusakan peralatan, penyumbatan pipa, masalah *pitch*, dan terutama penurunan kualitas *dissolving pulp*. Oleh karena itu, ekstraktif dan abu harus disisihkan selama proses pemasakan.

Karakteristik Pulp Belum Putih

Tahapan pra-hidrolisis digunakan untuk menyisihkan hemiselulosa. Hemiselulosa harus disisihkan karena dapat mengganggu proses pembuatan serat rayon viskosa terutama pada proses *spinning*. Tingginya kandungan hemiselulosa pada *dissolving pulp* akan membuat benang serat rayon menjadi mudah putus pada proses *spinning* karena rantai hemiselulosa yang bercabang menyebabkan proses pembentukan serat rayon menjadi rapuh (Sixta, 2008).

Proses pemasakan serpih bambu dan bambu dekortikasi dilakukan pada kondisi yang sama dan hasil analisis rendemen dan bilangan Kappa pulp belum putih ditunjukkan pada **Gambar 3**. Rendemen pulp belum putih bambu dekortikasi

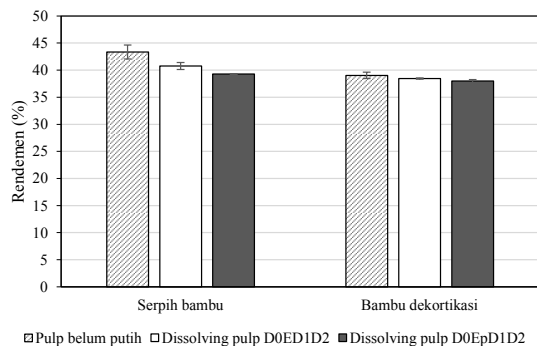


Gambar 3. Rendemen dan Bilangan Kappa Pulp Belum Putih dari Serpih Bambu dan Bambu Dekortikasi

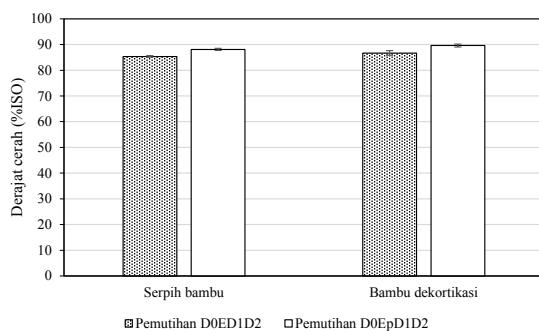
lebih rendah dibandingkan serpih bambu, hal itu dimungkinkan karena ukuran partikel bambu dekortikasi lebih kecil sehingga penetrasi cairan kimia pemasak lebih mudah (**Gambar 1**). Delignifikasi oleh cairan kimia pemasak akan lebih intensif sehingga menyebabkan rendemen dan bilangan Kappa lebih rendah. Pulp belum putih dari bambu dekortikasi memiliki bilangan Kappa 32,17% lebih rendah dibandingkan pulp dari serpih bambu.

Rendemen dan Derajat Cerah *Dissolving Pulp*

Pulp belum putih diputih menggunakan dua urutan pemutihan yang berbeda, yaitu $D_0ED_1D_2$ dan $D_0EpD_1D_2$. Rendemen *dissolving pulp* ditentukan berdasarkan berat kering oven bahan baku. Rendemen *dissolving pulp* berkisar antara 38,45 - 40,76% (**Gambar 4**). Rendemen *dissolving pulp* dari bambu dekortikasi lebih rendah daripada serpih bambu. *Dissolving pulp* dari bahan baku yang sama namun urutan



Gambar 4. Rendemen *Dissolving Pulp* Bambu Duri dengan Tahapan Pemutihan $D_0ED_1D_2$ dan $D_0EpD_1D_2$



Gambar 5. Derajat Cerah *Dissolving Pulp* Bambu Duri dengan Tahapan Pemutihan $D_0ED_1D_2$ dan $D_0EpD_1D_2$

pemutihan yang berbeda menunjukkan rendemen dan derajat cerah yang berbeda. Urutan pemutihan $D_0EpD_1D_2$ menghasilkan *dissolving pulp* dengan rendemen terendah yaitu 37,97% namun derajat cerah tertinggi yaitu 89,61%. Penggunaan hidrogen peroksida dalam ekstraksi alkali pada tahap Ep mampu meningkatkan derajat cerah pulp namun menurunkan rendemen karena degradasi hidrogen peroksida yang tidak selektif yang menyerang lignin dan selulosa (Sixta, 2008).

Karakteristik *Dissolving Pulp*

Kandungan selulosa alfa keempat *dissolving pulp* di atas 94% dan memenuhi persyaratan menurut SNI 938:2017 – Pulp rayon. *Dissolving pulp* dengan kandungan selulosa alfa tinggi sangat sesuai untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan serat rayon viskosa (Sixta, 2008). Kelarutan *dissolving pulp* dalam natrium hidroksida 10% (S_{10}) dan 18% (S_{18}) menunjukkan kemurnian *dissolving pulp*. Kelarutan lebih rendah berarti kemurnian *dissolving pulp* yang lebih tinggi. Natrium hidroksida 10% melarutkan hemiselulosa dan selulosa rantai pendek (polimer dengan berat molekul kurang dari 25000 g/mol) sedangkan natrium hidroksida 18% hanya melarutkan hemiselulosa (polimer dengan berat molekul kurang dari 8000 g/mol) (Strunk, 2012). *Dissolving pulp* dengan urutan pemutihan $D_0EpD_1D_2$ memiliki kandungan abu yang lebih tinggi dari pulp *dissolving pulp* dari $D_0ED_1D_2$. Hal ini dimungkinkan karena natrium silikat yang digunakan untuk penyangga pada tahap Ep dapat terdeposit ke dalam serat.

Dalam ekstraksi alkali baik tanpa atau menggunakan peroksida, beberapa hemiselulosa larut dalam alkali yang menyebabkan kadar hemiselulosa menurun. Penurunan kandungan hemiselulosa dari pulp menyebabkan ekstraktif rentan terdeposit karena hemiselulosa bercabang bertindak sebagai penstabil dan penghalang sterik dari struktur bercabang hemiselulosa-alkalin. Penggunaan hidrogen peroksida dan natrium silikat pada tahap Ep menyebabkan ekstraktif menjadi lebih mudah flokulasi sehingga *dissolving pulp* yang dihasilkan oleh urutan pemutihan $D_0EpD_1D_2$ memiliki kandungan ekstraktif yang lebih tinggi (Varhimo *et al.*, 2012).

Penggunaan hidrogen peroksida pada tahap ekstraksi alkali menurunkan viskositas *dissolving pulp* karena degradasi hidrogen peroksida berlangsung tidak selektif. *Dissolving pulp* dari

Tabel 5. Hasil Analisis *Dissolving Pulp* Serpih Bambu dan Bambu Dekortikasi yang Diputihkan dengan Tahapan $D_0ED_1D_2$ dan $D_0EpD_1D_2$

No	Parameter	Satuan	Serpih bambu		Bambu dekortikasi		SNI 938:2017 pulp rayon
			$D_0ED_1D_2$	$D_0EpD_1D_2$	$D_0ED_1D_2$	$D_0EpD_1D_2$	
1	Selulosa alfa	%	94,88	95,93	98,11	98,67	min. 94
2	S_{10}	%	6,64	6,33	6,25	6,22	maks. 7,9
3	S_{18}	%	4,07	3,57	3,58	3,59	maks. 4,9
4	Ekstraktif DCM	%	td	0,11	td	0,17	maks 0,2
5	Abu	%	0,12	0,22	0,10	0,14	maks. 0,15
6	Viskositas pada CED	mPa.s atau cP	25,75	19,19	18,46	16,43	min. 6,2
7	Viskositas intrinsik	mL/g	721	619	731	553	min. 400
8	Derajat cerah	% ISO	85,38	88,10	86,72	89,61	min. 88

td: tidak terdeteksi

bambu dekortikasi dengan urutan pemutihan $D_0EpD_1D_2$ memiliki viskositas paling rendah. Dalam pembuatan serat rayon viskosa, viskositas intrinsik yang diinginkan dari *dissolving pulp* untuk pembuatan rayon viskosa berada pada kisaran 400 mL/g sampai 600 mL/g, dan perlu diturunkan kembali menjadi 200 mL/g sampai 250 mL/g pada proses pemeraman (*aging*) (Chen *et al.*, 2016). Viskositas yang terlalu rendah menyebabkan masalah pada filtrasi viskosa dan juga dapat menyebabkan penurunan kekuatan fisik serat rayon viskosa (Miao *et al.*, 2014) sedangkan viskositas yang terlalu tinggi menyebabkan beberapa kesulitan pada tahap pemeraman karena memakan waktu lebih lama untuk mendapatkan viskositas diinginkan atau dengan menambahkan katalis seperti $MnSO_4$ untuk membantu degradasi selulosa. Viskositas *dissolving pulp* yang terlalu tinggi membuat viskosa terlalu kental sehingga secara mekanis sulit untuk diolah (Javed *et al.*, 2014). Meskipun *dissolving pulp* dari bambu dekortikasi dengan urutan pemutihan $D_0EpD_1D_2$ memiliki viskositas intrinsik terendah, namun nilainya tetap dapat diterima untuk pembuatan rayon. *Dissolving pulp* tersebut memiliki kelebihan karena derajat cerahnya tinggi sehingga bisa menghasilkan serat rayon yang putih dan berkualitas.

Kesimpulan

Bambu duri (*Bambusa blumeana*) memiliki potensi yang baik untuk digunakan sebagai

bahan baku pembuatan *dissolving pulp* serat panjang. Berdasarkan hasil analisis dimensi serat, panjang serat rata-rata bambu duri adalah 2,46 mm sehingga tergolong serat panjang. Komponen kimia bambu duri sebanding dengan *Eucalyptus* spp. dan *Pinus* spp. kecuali kadar abu dan kelarutan NaOH 1% yang lebih tinggi. Persiapan bahan baku dan tahapan pemutihan pulp menentukan kualitas *dissolving pulp* yang dihasilkan. *Dissolving pulp* dari bambu dekortikasi memiliki rendemen yang lebih rendah dibandingkan serpih bambu. *Dissolving pulp* dengan tahapan pemutihan $D_0EpD_1D_2$ memiliki derajat cerah dan kadar abu yang lebih tinggi dibandingkan tahapan pemutihan $D_0ED_1D_2$, namun kandungan selulosa alfa dan viskositas lebih rendah. Bambu dekortikasi dengan tahapan pemutihan $D_0EpD_1D_2$ menghasilkan *dissolving pulp* dengan kualitas yang paling unggul dengan kandungan selulosa alfa dan derajat cerah tertinggi masing-masing 98,67% dan 89,61 %ISO.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dibiayai oleh DIPA Balai Besar Pulp dan Kertas tahun anggaran 2016. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Rehabilitasi dan Konservasi Hutan, para peneliti dan teknisi litkayasa Balai Besar Pulp dan Kertas yang membantu terlaksananya penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Antes, R. and Joutsimo, O. P. (2015) 'Effect of modified cooking on bleachability of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens*', *BioResources*, 10(1), pp. 597–612.
- Ariyanti, R. (2018) *Kemenperin Berharap pada Industri Pulp Larut dan Rayon untuk Gantikan Impor*. Available at: <http://industri.bisnis.com/read/20180228/257/743314/kemenperin-berharap-pada-industri-pulp-larut-dan-rayon-untuk-gantikan-impor> (Accessed: 5 July 2018).
- Ataç, Y. and Eroğlu, H. (2013) 'The effects of heartwood and sapwood on kraft pulp properties of *Pinus nigra* J.F. Arnold and *Abies bornmuelleriana* Mattf', *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37(2), pp. 243–248. doi: 10.3906/tar-1205-20.
- Batalha, L. A. R. *et al.* (2012) 'Dissolving pulp production from bamboo', *BioResources*, 7(1), pp. 640–651.
- Biermann, C. J. (1996) *Handbook of Pulping and Papermaking*. 2nd edn. California: Elsevier Inc. doi: 10.1016/B978-012097362-0/50008-X.
- Cao, S. *et al.* (2014) 'Morphological and chemical characterization of green bamboo (*Dendrocalamopsis oldhami* (Munro) Keng f.) for dissolving pulp production', *BioResources*, 9(3), pp. 4528–4539. Available at: http://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes_09_3_4528_Cao_Green_Bamboo_Pulp_Production.
- Carrillo, I. *et al.* (2015) 'Variations in wood anatomy and fiber biometry of *Eucalyptus globulus* genotypes with different wood density', *Wood Research*, 60(1), pp. 1–10.
- Castillo, R. del P. *et al.* (2015) 'Fourier transform infrared imaging and microscopy studies of *Pinus radiata* pulps regarding the simultaneous saccharification and fermentation process', *Analytica Chimica Acta*. Elsevier B.V., 866(January), pp. 10–20. doi: 10.1016/j.aca.2015.01.032.
- Chen, C. *et al.* (2016) 'Cellulose (dissolving pulp) manufacturing processes and properties: A mini-review', *BioResources*, 11(2), pp. 5553–5564. doi: 10.15376/biores.11.2.Chen.
- Cotana, F. *et al.* (2014) 'Production of bioethanol in a second generation prototype from pine wood chips', *Energy Procedia*. Elsevier B.V., 45, pp. 42–51. doi: 10.1016/j.egypro.2014.01.006.
- Dhamodaran, T. K., Gnanaharan, R. and Pillai, K. S. (2003) *Bamboo for Pulp and Paper - A State of the Art Review, Working paper*. Kerala. Available at: http://www.inbar.int/sites/default/files/resources/inbar_working_paper_no46.pdf.
- Dransfield, S. and Widjaja, E. A. (1995) 'Bamboos', *Plant Resource of South-East Asia*, (7), p. 185.
- Duan, C. *et al.* (2015) 'Comparison of acid sulfite (AS)- and prehydrolysis kraft (PHK)-based dissolving pulps', *Cellulose*. Springer Netherlands, 22(6), pp. 4017–4026. doi: 10.1007/s10570-015-0781-1.
- Gallina, G. *et al.* (2016) 'Optimal conditions for hemicelluloses extraction from *Eucalyptus globulus* wood: Hydrothermal treatment in a semi-continuous reactor', *Fuel Processing Technology*. Elsevier B.V., 148, pp. 350–360. doi: 10.1016/j.fuproc.2016.03.018.
- Gominho, J. *et al.* (2014) '*Eucalyptus globulus* stumpwood as a raw material for pulping', *BioResources*, 9(3), pp. 4038–4049. doi: 10.15376/biores.9.3.4038-4049.
- Gulsoy, S. K. and Ozturk, F. (2015) 'Kraft pulping properties of European black pine cone', *Maderas. Ciencia y tecnología*, 17(4), pp. 875–882. doi: 10.4067/S0718-221X2015005000076.
- Gulsoy, S. K. and Tufek, S. (2013) 'Effect of chip mixing ratio of *Pinus pinaster* and *Populus tremula* on Kraft pulp and paper properties', *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 52(6), pp. 2304–2308. doi: 10.1021/ie302709e.
- Herrera, R. *et al.* (2014) 'Characterization of hydrothermally treated wood in relation to changes on its chemical composition and physical properties', *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 107, pp. 256–266. doi: 10.1016/j.jaap.2014.03.010.
- Hiro, M. and Takahama, M. (1958) 'Studies on manufacturing dissolving pulp from bagasse', *Bulletin of the Institute for Chemical Research*, 36(5), pp. 172–180.
- Hou, Y. *et al.* (2016) 'Application of alkaline ionic liquids in the pretreatment process of eucalyptus kraft pulping', *Bio Resources*, 11(4), pp. 9036–9046.
- Javed, M. U. *et al.* (2014) *Viscose Fiber Strength and Degree of Polymerization*. Available at: https://www.researchgate.net/publication/268629417_Viscose_Fiber_Strength_and_Degree_of_Polymerization.

- Kojima, Y. *et al.* (2014) 'Photoyellowing of chemically modified chemithermomechanical pulps (CTMP) from *Eucalyptus globulus* under various atmospheres', *Holzforschung*, 68(2), pp. 143–149. doi: 10.1515/hf-2013-0086.
- Luo, X. *et al.* (2014) 'Comparison of hot-water extraction and steam treatment for production of high purity-grade dissolving pulp from green bamboo', *Cellulose*, 21(3), pp. 1445–1457. doi: 10.1007/s10570-014-0234-2.
- Ma, X. *et al.* (2011) 'Preparation of bamboo dissolving pulp for textile production. Part 1. Study on prehydrolysis of green bamboo for producing dissolving pulp', *BioResources*, 6(2), pp. 1428–1439.
- Maya, C. and Narasimhamurthy (2015) 'A study on chemical and anatomical properties of cultivated bamboo *Thyrsostachys siamensis* gamble.', *Journal of Global Biosciences*, 4(1), pp. 1313–1319.
- Miao, Q. *et al.* (2014) 'A process for enhancing the accessibility and reactivity of hardwood kraft-based dissolving pulp for viscose rayon production by cellulase treatment', *Bioresourcetechnology*, 154, pp. 109–113. doi: 10.1016/j.biortech.2013.12.040.
- Mutia, T. *et al.* (2014) 'Potensi serat dan pulp bambu untuk komposit peredam suara', *Jurnal selulosa*, 4(1), pp. 25–36.
- Neiva, D. *et al.* (2015) 'Chemical composition and kraft pulping potential of 12 eucalypt species', *Industrial Crops and Products*, 66, pp. 30–30. doi: 10.1016/j.indcrop.2014.12.016.
- Pinto, E. M. *et al.* (2016) 'Thermal degradation and charring rate of wood species', *The Open Construction and Building Technology Journal*, 10(Suppl 3: M8), pp. 450–456. doi: 10.2174/1874836801610010450.
- Poletto, M. (2016) 'Effect of extractive content on the thermal stability of two wood species from Brazil', *Maderas. Ciencia y tecnología*, 18(3), pp. 435–442. doi: 10.4067/S0718-221X2016005000039.
- Reyes, P. *et al.* (2016) 'Evaluation of combined dilute acid-kraft and steam explosion-kraft processes as pretreatment for enzymatic hydrolysis of *Pinus radiata* wood chips', *BioResources*, 11(1), pp. 612–625. doi: 10.15376/biores.11.1.612-625.
- Samistraro, G. *et al.* (2015) 'Chemical, anatomical, and technology aspects of *Eucalyptus benthamii* and *Eucalyptus dunii* for use in an integrated pulp and paper mill', *Tappi Journal*, 14(2), pp. 73–81.
- Sharma, A. K. *et al.* (2011) 'Anatomical, morphological, and chemical characterization of *Bambusa tulda*, *Dendrocalamus hamiltonii*, *Bambusa balcooa*, *Melocana baccifera*, *Bambusa arundinacea* and *Eucalyptus tereticornis*', *BioResources*, 6(4), pp. 5062–5073.
- Sixta, H. (2008) *Handbook of Pulp, Handbook of Pulp*. Weinheim: Wiley-VCH. doi: 10.1002/9783527619887.
- Strunk, P. (2012) *Characterization of Cellulose Pulps and The Influence of Their Properties on The Process and Production of Viscose and Cellulose Ethers*. Umeå Universitet.
- Sugesty, S., Kardiansyah, T. and Hardiani, H. (2015) 'Bamboo as raw materials for dissolving pulp with environmental friendly technology for rayon fiber', *Procedia Chemistry*. Elsevier Ltd., 17, pp. 194–199. doi: 10.1016/j.proche.2015.12.122.
- Tian, C. *et al.* (2013) 'Improvement in the Fock test for determining the reactivity of dissolving pulp', *Tappi Journal*, 12(11), pp. 21–26.
- Truong, A. H. and Le, T. M. A. (2014) *Overview of Bamboo Biomass for Energy Production*. University of Sciences and Technologies of Hanoi. Available at: <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01100209> (Accessed: 1 May 2017).
- Valenzuela, R. *et al.* (2016) 'Fiber modifications by organosolv catalyzed with H₂SO₄ improves the SSF of *Pinus radiata*', *Industrial Crops and Products*. Elsevier B.V., 86, pp. 79–86. doi: 10.1016/j.indcrop.2016.03.037.
- Varhimo, P. *et al.* (2012) 'Brightness reduction of mechanical pulp in the wet end of a paper machine: Method development and validation', *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, 27(3), pp. 542–549. doi: 10.3183/NPPRJ-2012-27-02-p542-549.
- Wan Rosli, W. D. *et al.* (2003) 'Optimisation of soda pulping variables for preparation of dissolving pulps from oil palm fibre', *Holzforschung*, 57(1), pp. 106–113. doi: 10.1515/HF.2003.017.
- Xiang, H. L. and He, J. (2013) 'Mechanisms and defiberation point of *Pinus kesiya* diethanolamine pulping', *Advanced Material Research*, 807–809, pp. 505–508. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.291-294.347.
- Zhou, C. *et al.* (2015) 'Prediction of mixed hardwood lignin and carbohydrate content using ATR-FTIR and FT-NIR', *Carbohydrate Polymers*. Elsevier Ltd., 121(May), pp. 336–341. doi: 10.1016/j.carbpol.2014.11.062.

