

Sifat Dasar Tanaman Mengkuang (*Pandanus artocarpus* Griff) *Basic Properties of Mengkuang Plant (Pandanus artocarpus Griff)*

Hikma Yanti^{1,2}, Wasrin Syafii^{1*}, Nyoman J Wistara¹, Fauzi Febrianto¹

¹Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Darmaga Bogor, 16680

²Jurusan Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Tanjungpura,
Jalan Imam Bonjol Pontianak, 78124

*Penulis korespondensi: wasrinsy@indo.net.id

Abstract

The aim of this research were to determine the extractive, α -cellulose, hemicellulose, lignin, and sugar composition of hemicellulose for raw materials and pulp of mengkuang (*Pandanus artocarpus* Griff) leave and stem. Delignification was carried out by alkaline process with NaOH 20% and 25% at 170 °C for 4 h. The chemical and physical analyses were done using Fourier Transform Infrared Spectroscopy, X-Ray Diffraction, High Performance Liquid Chromatography, and Scanning Electron Microscopy. The leaves and stem of mengkuang containing extracts of 6.99% and 4.80%, cellulose 35.02% and 40.29%, hemicellulose 33.12% and 31.19%, lignin 29.10% and 26.84%, respectively. The syringyl, guaiacyl, and p-hydroxyphenil composition in mengkuang leaves and stem were 40.00%, 41.82%, 19.24% and 39.81%, 41.82%, 18.37%. The hemicellulose in the leaves and stem consisted of glucose, arabinose, xylose, mannose, rhamnose, and galactose. The highest pulp yield (41.71%) was obtained from pretreatment of 20% NaOH in the stem. Pulp of leaves and stem contained α cellulose, hemicellulose, and total lignin content of 88.19%, 7.95%, 14.36%, and 88.27%, 10.17%, 13.83%. The highest crystallinity of pulp (70.00%) was obtained from the stem at a concentration of 25% NaOH, and the lowest (58.18%) was obtained from the leaves at a concentration of 25% NaOH.

Keywords: basic properties, crystallinity, mengkuang, pulp

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kadar zat ekstraktif, α -selulosa, hemiselulosa, lignin total, jenis lignin, dan jenis gula penyusun hemiselulosa dari bahan baku dan pulp daun dan batang tanaman mengkuang (*Pandanus artocarpus* Griff). Delignifikasi menggunakan proses alkali dengan konsentrasi NaOH 20% dan 25% pada suhu 170 °C selama 4 jam. Karakterisasi kimia dan fisis daun dan batang mengkuang menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy*, Difraksi Sinar-X, *High Performance Liquid Chromatography*, dan *Scanning Electron Microscopy*. Daun dan batang tanaman mengkuang mengandung masing-masing ekstraktif 6,99% dan 4,80%, selulosa 35,02% dan 40,29%, hemiselulosa 33,12% dan 31,19%, lignin total 29,10% dan 26,84%. Kadar *syringyl*, *guaiacyl* dan *p-hydroxyphenil* pada daun adalah 40,00%, 41,82% dan 19,24% sedangkan pada batang adalah 39,81%, 41,82% dan 18,37%. Jenis gula penyusun hemiselulosa pada daun dan batang mengkuang terdiri dari glukosa, arabinosa, xilosa, manosa, rhamnosa, dan galaktosa. Rendemen pulp tertinggi (41,71%) diperoleh dari praperlakuan NaOH 20% pada bagian batang. Pulp memiliki kandungan α selulosa, hemiselulosa, dan lignin total dari daun dan batang adalah 88,19%, 7,95%, 14,36%, dan 88,27%, 10,17%, 13,83%. Kristalinitas pulp tertinggi (70,00%) diperoleh dari batang pada konsentrasi 25% NaOH, dan terendah (58,18%) diperoleh dari daun pada konsentrasi 25% NaOH.

Kata kunci: mengkuang, kristalinitas, pulp, sifat dasar

Pendahuluan

Tanaman mengkuang (*Pandanus artocarpus* Griff) merupakan tanaman pandan yang potensial dikembangkan di Kalimantan. Tanaman mengkuang mudah ditanam, cepat tumbuh, berdaur pendek, tidak memerlukan perawatan khusus, dan tahan terhadap hama dan penyakit (Heyne 1987). Tanaman tersebut termasuk kelas *monocotyledonae* dengan family *pandanaceae* (Heyne 1987). Habitat mengkuang tersebar di berbagai provinsi Kalimantan dengan luas penyebaran mencapai 1 845 963 ha atau 3,4% dari total wilayah Kalimantan (KLH 2011). Mengkuang dimanfaatkan setelah berumur ± 3 tahun. Masyarakat Kalimantan Barat memanfaatkan mengkuang sebagai bahan baku produk kerajinan, seperti tikar lampit, keranjang, dan topi (Hadisuparto *et al.* 2011). Produk kerajinan tersebut dibuat menggunakan bagian daun dan sampai saat ini bagian batangnya belum dimanfaatkan.

Batang mengkuang sebagai limbah pengolahan tanaman mengkuang belum dimanfaatkan dan potensial untuk dikembangkan menjadi produk bernilai guna. Maulana *et al.* (2012) melaporkan bahwa papan partikel yang terbuat dari batang mengkuang berukuran 4-6 mesh dengan konsentrasi perekat urea formaldehida 14% telah memenuhi standar JIS A 5908-2003 (JSA 2003). Hadisuparto *et al.* (2011) melaporkan bahwa batang mengkuang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pulp. Proses soda batang mengkuang bagian tengah pada konsentrasi 15% menghasilkan pulp dengan rendemen 24,06% dan bilangan kappa 23,3.

Hasil penelitian Mariani (2012) menunjukkan bahwa kadar holoselulosa batang mengkuang muda lebih rendah

dibandingkan dengan batang yang tua, tetapi keduanya tergolong baik sebagai bahan baku pulp karena mengandung holoselulosa >65%. Kadar lignin batang mengkuang muda tidak berbeda nyata dengan batang tuanya dan tergolong baik sebagai bahan baku pulp karena kadar ligninnya <25%. Hal ini menunjukkan bahwa batang mengkuang berpotensi digunakan sebagai bahan baku pulp dan juga sebagai sumber bahan baku bioetanol.

Proses konversi tanaman mengkuang sebagai bahan berlignoselulosa menjadi bioetanol terkendala oleh beberapa faktor antara lain struktur kristalin selulosa dan lignin. Untuk itu, modifikasi struktur lignoselulosa dengan memberikan praperlakuan sebelum proses hidrolisis diperlukan (Galbe & Zacci 2007). Menurut Gao *et al.* (2013), tujuan dari praperlakuan yaitu untuk memodifikasi atau menghilangkan lignin dan atau hemiselulosa. Praperlakuan juga dapat menurunkan kristalinitas selulosa dan meningkatkan luas permukaan biomassa, sehingga enzim dapat masuk ke dalam struktur kristalin dari selulosa untuk memaksimalkan gula yang dihasilkan (Kumar *et al.* 2009; Liyakathali *et al.* 2016). Informasi tentang sifat dasar secara komprehensif tersebut dari batang dan daun mengkuang belum ada. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat dasar (komposisi kimia, jenis lignin dan gula penyusun hemiselulosa, serta kristalinitas) bahan mentah dan pulp daun serta batang mengkuang yang tidak dibedakan posisi dan umur batangnya.

Bahan dan Metode

Dalam penelitian ini analisis dilakukan terhadap bahan baku tanpa praperlakuan dan bahan baku dengan praperlakuan. Untuk selanjutnya, bahan baku tanpa

perlakuan disebut sebagai bahan mentah, dan bahan baku dengan praperlakuan disebut sebagai pulp.

Penyiapan bahan

Bahan yang digunakan adalah daun dan batang tanaman mengkuang yang diperoleh dari Kecamatan Sui, Ambawang Kabupaten Kubu Raya Kalimantan Barat. Batang tanaman mengkuang yang digunakan berdiameter 10 cm. Daun dan batang dipotong berbentuk serpih yang dikeringanginkan sampai kadar air kering udara. Serbuk untuk analisis sifat dasar mengkuang dibuat dari serpih kering udara menggunakan *willey mill* dan disaring untuk memperoleh ukuran 40-60 mesh.

Analisis komponen kimia

Dalam penelitian ini, kadar zat ekstraktif etanol benzena (1:2), kadar lignin, kadar holoselulosa, kadar alfa (α) selulosa, dan kadar lignin terlarut asam bahan baku dan pulp masing-masing ditentukan mengacu kepada prosedur standar TAPPI T 204 om-88 (TAPPI 1988), (TAPPI T 222 om-88, Dence 1992), (Browning 1967), TAPPI T9m-54 (TAPPI 1954), dan TAPPI T13 os-54 (1954). Kadar hemiselulosa dihitung dari selisih antara holoselulosa dan α -selulosa (Punyamurthy *et al.* 2013).

Analisis jenis dan kadar lignin

Pengujian kadar *syringyl*, *guaiacyl*, dan p-hidroksifenil sebagai prekursor penyusun lignin dilakukan dengan menggunakan sampel bahan baku yang bebas ekstraktif. Sampel diuji dengan menggunakan alat kromatografi gas spektrofotometer massa pirolisis Shimadzu Pyr-GCMS QP 2010. Suhu pirolisis 400 °C, selama 10 detik, suhu injeksi 280 °C, suhu detektor 280 °C, dan suhu awal kolom 50 °C dengan

peningkatan 15 °C per menit sampai 280 °C. Identifikasi senyawa dilakukan dengan mencocokkan data spektrum massa senyawa dalam ekstrak dengan data *Willey 7th Library*.

Analisis jenis gula penyusun hemiselulosa

Analisis komponen gula penyusun hemiselulosa menggunakan enam gula standar (glukosa, arabinosa, xilosa, mannosa, rhamnosa dan galaktosa), pelarut H₂SO₄, etanol, dan asetonitril. Analisis ini menggunakan HPLC yang dilengkapi *degasser* (G12322) dan pompa pelarut (G1310A). Masing-masing gula standar dan sampel bahan baku diinjeksi sebanyak tiga kali. Polisakarida dianalisis dengan menggunakan Kolom Analisis Karbohidrat Aminex (HPX-87H 7.8 mm x 300 mm) pada suhu 25 °C yang diisi dengan 3-aminopropylsilane yang terikat dengan silika amorf. Fase gerak yang digunakan adalah campuran asetonitril dan H₂SO₄ (5:95) dengan laju alir 0,6 mL/menit (Faridah *et al.* 2014).

Praperlakuan alkali (delignifikasi)

Praperlakuan yang diberikan kepada bahan baku adalah delignifikasi dengan proses soda. Delignifikasi dilakukan dengan NaOH konsentrasi 20% dan 25% pada suhu 170 °C selama 4 jam. Pulp yang dihasilkan kemudian dicuci dan dikering udarakan. Kadar air, bilangan kappa, dan rendemen pulp masing-masing ditentukan mengikuti prosedur SNI 08-7070 2005 (BSN 2005), TAPPI T236 OM-85 (TAPPI 2005), dan TAPPI 257 CM-85 (TAPPI 1985).

Pengukuran kristalinitas

Kristalinitas bahan baku dan pulp diukur menggunakan alat Shimadzu XRD 7000 *X-Ray Diffractometer* Maxima X.

Sebanyak ± 2 g sampel dimasukkan ke dalam pemegang sampel berukuran (2x2) cm² dan kemudian dikaitkan dengan diffraktometer. Pemindaian sampel dilakukan dari sudut 10-40° dengan kecepatan analisa 2° per menit.

Derajat kristalinitas selulosa (Xc) dihitung dari data intensitas difraksi dengan rumus berikut:

$$Xc = Fc / (Fc + Fa) \times 100\%$$

dengan Fc adalah daerah kristalin dan Fa adalah daerah amorf.

Analisis gugus fungsi Spektroskopi FT-IR

Spektroskopi *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FT-IR) digunakan untuk menganalisis perubahan gugus fungsi pada daun dan batang mengkuang akibat praperlakuan alkali. Sebanyak 2 mg sampel berbentuk serbuk dicampur dengan 200 mg KBr, kemudian dikempa dengan tekanan 80N selama 1-2 menit hingga menjadi pelet. Pelet sampel diuji dengan alat *Bruker Tensor 37 FTIR Spectroscopy* dengan 16 kali pemindaian untuk setiap sampel. Intensitas absorbansi gugus fungsi direkam pada rentang bilangan gelombang 4000-400 cm⁻¹. Analisis dilakukan terhadap perubahan intensitas absorbansi relatif pita untuk gugus fungsi yang dapat diidentifikasi.

Karakteristik morfologi

Morfologi bahan baku dan pulp daun dan batang mengkuang ditentukan melalui analisis mikrograf SEM. Mikrograf SEM diambil dengan SEM *Bruker 133 eV* dengan lensa *Carl Zeiss*. Sampel tanaman mengkuang dipasang pada stub dengan menggunakan *spunter canter* dan discan pada tegangan 1 kV, dengan perbesaran 1000 kali dan 5000 kali.

Hasil dan Pembahasan

Kadar dan komposisi komponen kimia

Tabel 1 menunjukkan bahwa bahan mentah daun dan batang mengkuang mengandung holoselulosa (α -selulosa dan hemiselulosa) yang relatif tinggi. Berdasarkan klasifikasi komponen kimia sebagai bahan baku pulp menurut FAO (1980) dalam Mariani (2012), bahan mentah daun dan batang tergolong baik sebagai bahan baku pulp karena mengandung holoselulosa > 65%, yaitu 68,14% untuk bahan mentah daun dan 71,48% untuk bahan mentah batang.

Kadar α -selulosa batang mengkuang dari penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian Mariani (2012) dan lebih rendah dibandingkan dengan hasil penelitian Hadisuparto *et al.* (2011). Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan kondisi bahan baku. Pada penelitian ini, batang yang digunakan tidak membedakan umur dan posisi batang, sedangkan pada penelitian Mariani (2012) dan Hadisuparto *et al.* (2011) membedakan batang berdasarkan umur dan posisi batang.

Kadar α -selulosa bahan mentah daun dan batang mengkuang yang diperoleh dalam penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan kadar α -selulosa pelepah kelapa sawit, daun nenas, batang pisang, batang kelapa, tongkol jagung, jerami gandum, dan bambu (Tabel 1). Namun, kadar α -selulosa daun dan batang mengkuang hampir sama dengan yang dimiliki oleh *softwood* yaitu 31-60% (Khalil *et al.* 2006). Hal ini menunjukkan bahwa kadar α -selulosa bahan mentah batang mengkuang yang tidak dibedakan berdasarkan posisi batang dan umurnya ini cukup menjanjikan untuk dijadikan sebagai bahan baku pulp dan kertas, produk serat, dan bioetanol.

Kadar lignin klason bahan mentah daun dan batang mengkuang lebih tinggi dibandingkan dengan batang mengkuang hasil penelitian Mariani (2012) dan lebih rendah dibandingkan dengan hasil penelitian Hadisuparto *et al.* (2011) yang dapat disebabkan oleh perbedaan kondisi bahan baku penelitian.

Tabel 1 menunjukkan pula bahwa kadar lignin klason bahan mentah daun dan batang mengkuang ini lebih tinggi dibandingkan dengan batang pisang, tongkol jagung, jerami gandum dan bambu; akan tetapi, kadar lignin daun dan batang mengkuang lebih rendah dibandingkan dengan serabut kelapa. Kadar lignin batang mengkuang ini hampir sama dengan kadar lignin *softwood* yaitu sebesar 21-37% (Khalil *et al.* 2006). Berdasarkan klasifikasi komponen kimia sebagai bahan baku pulp menurut FAO (1980) dalam Mariani (2012), bahan mentah batang mengkuang tergolong baik karena kadar lignin klasonnya <25%, sedangkan bahan mentah daun mengkuang tergolong cukup karena kadar lignin klason 25-30%.

Praperlakuan alkali dengan konsentrasi NaOH 25% menurunkan kadar lignin daun sebesar 50,65% dan batang sebesar 48,47%, hemiselulosa daun sebesar 75,99% dan batang sebesar 67,39% (Tabel 1). Penurunan kadar lignin dan hemiselulosa selama delignifikasi menyebabkan peningkatan kadar α -selulosa relatif dalam pulp daun sebesar 95,35% dan batang sebesar 94,60%. Praperlakuan ini bertujuan untuk mendegradasi lignin dalam dinding sel tanaman. Degradasi lignin diperlukan untuk memungkinkan berlangsungnya proses hidrolisis enzimatik dan fermentasi bahan berlignoselulosa (Radeva *et al.* 2012).

Jenis lignin

Komposisi siringil, guaiasil, dan p-hidroksifenil dalam lignin bahan mentah batang dan daun mengkuang hasil analisis dengan GCMS-pirolisis disajikan pada Gambar 1. Komposisi lignin yang terdiri atas unit siringil, guaiasil, dan p-hidroksifenil dalam tanaman mengkuang menunjukkan bahwa mengkuang tergolong Gramineae (Higuchi 2006). Bruce & Palfreyman (1998) menegaskan bahwa lignin dalam kayu daun jarum disebut lignin guaiasil yang sebagian besar disusun oleh unit guaiasil ($\pm 90\%$) dan unit p-hidroksifenil ($\pm 10\%$). Lignin dalam kayu daun lebar disebut lignin guaiasil-siringil yang disusun oleh unit guaiasil dan unit siringil dalam rasio tertentu bergantung pada spesies, usia, situs tumbuh, dan lain-lain. Sementara itu pada lignin *Gramineae* (rumput-rumputan), rasio siringil:guaiasil:p-hidroksifenil adalah 40%:40%:20%.

Gambar 1 menunjukkan kadar siringil dalam lignin bahan mentah daun dan batang mengkuang tergolong tinggi. Bahan baku yang mengandung lignin dengan proporsi unit siringil tinggi cenderung lebih mudah dalam proses delignifikasi dibandingkan dengan bahan baku berlignin dengan kandungan unit siringil rendah (Nawawi *et al.* 2017). Perbedaan komposisi siringil dan guaiasil akan menyebabkan adanya perbedaan reaktivitas lignin sebagai akibat berbedanya reaktivitas monomer lignin penyusun lignin. Hal ini akan berpengaruh pada proses pulping, terutama pada tahap delignifikasi atau proses degradasi dan pelarutan lignin. Unit siringil memiliki reaktivitas lebih tinggi dibandingkan dengan unit guaiasil. Reaktivitas lignin siringil berkaitan dengan sifat lignin yang *less condensed*, tingginya ikatan ether, dan lebih

reaktifnya struktur ikatan β -O-4 yang merupakan ikatan dominan dalam lignin (Nawawi *et al.* 2017).

Jenis gula penyusun hemiselulosa

Hasil analisis jenis gula penyusun hemiselulosa dengan menggunakan HPLC menunjukkan bahwa bahan mentah daun dan batang mengkuang mengandung glukosa, xilosa, manosa, rhamnosa, galaktosa, dan arabinosa. Jenis gula daun dan batang mengkuang disajikan pada Tabel 3.

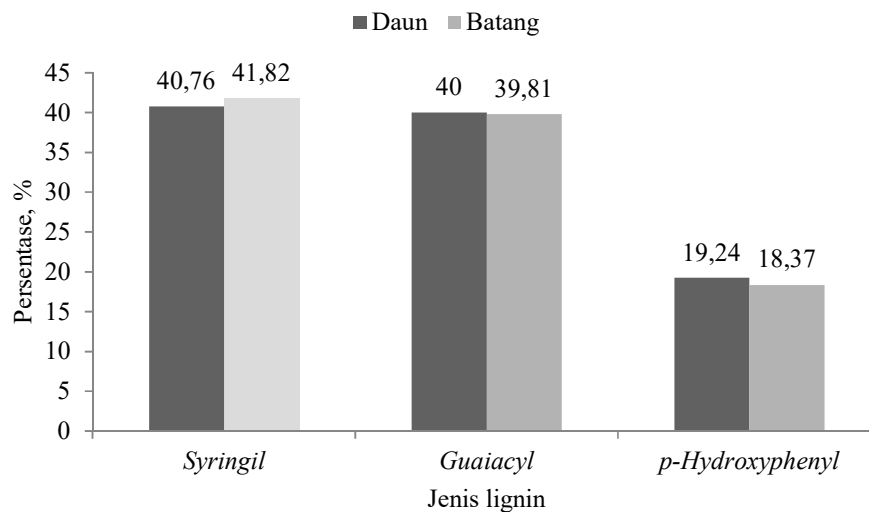
Jenis gula penyusun hemiselulosa bahan mentah daun dan batang mengkuang

didominasi oleh glukosa. Glukosa selain merupakan komponen dasar selulosa, juga merupakan komponen utama penyusun hemiselulosa tumbuhan. Kadar glukosa tinggi dalam hemiselulosa akan menguntungkan dalam proses fermentasi karena *S. cerevisiae* hanya dapat mengonversi glukosa (C-6) menjadi etanol (Verma *et al.* 2010). Semakin banyak kandungan glukosa maka semakin banyak pula potensi produk bioetanol yang dapat dihasilkan dalam proses fermentasi. Kadar glukosa tinggi berpotensi menghasikan bioetanol yang tinggi (Bon *et al.* 2010).

Tabel 1 Kadar dan Komposisi komponen kimia bahan mentah dan pulp daun dan batang mengkuang

Jenis	Komponen kimia				Referensi
	Ekstraktif, %	α selulosa, %	Hemiselulosa, %	Lignin, %	
Daun mengkuang					
Bahan mentah	6,99	35,02	33,12	29,10* 26,36**	
Pulp, NaOH 25%	-	88,27	7,95	14,36*	
Batang mengkuang					
Bahan mentah	4,80	40,29	31,19	26,84* 24,00**	
Pulp, NaOH 25%	-	88,19	10,17	13,83*	
Bahan mentah		38,08-39,06	28,72-29,15	23,08- 23,88**	Mariani (2012)
Bahan mentah		40,49-43,14	19,00-22,54	22,27- 26,03**	Hadisuparto <i>et al.</i> (2011).
Pelepah sawit		49,80	33,70	-	Khalil <i>et al.</i> (2006)
Daun nenas		73,40	17,10	-	Khalil <i>et al.</i> (2006)
Batang pisang		63,90	1,30	10,50**	Khalil <i>et al.</i> (2006)
Batang kelapa		44,20	12,10	32,80**	Khalil <i>et al.</i> (2006)
Tongkol jagung		48,43	36,79	8,82**	Chen <i>et al.</i> (2015)
Jerami gandum		47,47	31,74	6,71**	Chen <i>et al.</i> (2015)
Bambu		52,74	21,42	21,36**	Chen <i>et al.</i> (2015)

Keterangan: *): kadar lignin total **): kadar lignin klason



Gambar 1 Komposisi jenis lignin bahan mentah daun dan batang mengkuang.

Kristalinitas

Kristalinitas adalah persentase daerah kristalin dalam serat. Tabel 4 menunjukkan kristalinitas bahan mentah dan pulp batang mengkuang lebih tinggi dibandingkan dengan kristalinitas bahan mentah dan pulp daun mengkuang. Kadar α -selulosa batang yang lebih tinggi dibandingkan dengan kadar α -selulosa daun (Tabel 1) kemungkinan menyebabkan kristalinitas batang lebih tinggi dibandingkan dengan kristalinitas daun mengkuang.

Kristalinitas pulp daun dan batang lebih tinggi dibandingkan dengan kristalinitas bahan mentah daun dan batang. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya oleh Abraham *et al.* (2011), Jiao & Xiong (2014), dan Suryanto *et al.* (2014). Dalam proses delignifikasi dengan NaOH, lignin dan hemiselulosa terdegradasi (Pu *et al.* 2013) dan reaksi hidrolisis yang terutama terjadi pada daerah amorf (Rahnama *et al.* 2013)

merupakan faktor utama meningkatnya kristalinitas pulp batang dan daun mengkuang.

Kristalinitas pulp daun dan batang mengkuang cenderung menurun seiring dengan meningkatnya kadar NaOH. NaOH adalah salah satu senyawa pengembang selulosa yang baik. Pada konsentrasi lebih tinggi, NaOH mempengaruhi stabilitas ikatan hidrogen antar serat. Kristalinitas menurun akibat kerusakan ikatan hidrogen dalam struktur serat yang memfasilitasi pengembangan serat lebih lanjut oleh air (Li *et al.* 2010, Maryana *et al.* 2014).

Analisis gugus fungsi

Analisis gugus fungsi spektroskopi FTIR pada bahan mentah dan pulp daun dan batang mengkuang dapat dilihat pada Gambar 2. Dalam spektra FTIR bahan mentah dan pulp daun dan batang mengkuang terdeteksi adanya gugus fungsi yang sama yaitu O-H, C-O

(karbonil), C-H, C-H₂ (metilen), -COOH, C=O, C-O ester, C=C, dan C-O-C (eter).
Tabel 3 Hasil analisis HPLC jenis gula penyusun hemiselulosa bahan mentah daun dan batang mengkuang

Bagian	Retensi, menit	Jenis gula	Jumlah, $\mu\text{g g}^{-1}$
Daun	9,310	Glukosa	4185,77
	10,053	Xilosa	361,95
	10,054	Mannosa	361,95
	10,052	Rhamnosa	361,95
	10,054	Galaktosa	361,95
	11,089	Arabinosa	3240,31
Batang	9,309	Glukosa	1930,22
	10,053	Xilosa	276,07
	10,054	Mannosa	276,07
	10,052	Rhamnosa	276,07
	10,054	Galaktosa	276,07
	11,089	Arabinosa	1249,51

Tabel 4 Nilai kristalinitas bahan mentah dan pulp daun dan batang mengkuang

Jenis bahan	Bagian tanaman	Konsentrasi alkali, %	Kristalinitas, %
Bahan mentah	Daun	-	25,00
	Batang	-	36,40
Pulp	Daun	20	60,00
		25	58,18
	Batang	20	70,00
		25	68,38

Berdasarkan Gambar 2, pola spektrum FTIR daun, batang, pulp daun dan pulp batang mengkuang memiliki gugus fungsi yang sama. Semua spektrum inframerah sampel memberikan pola serapan yang mirip dan berbeda hanya pada nilai kuantitatif serapan spektrumnya. Intensitas gugus OH pada bahan mentah daun, batang, pulp daun dan pulp batang mengkuang sama. Gugus C-O, C-H alifatik, C-H aldehyd, C-O-C eter, C-O ester pada daun memiliki intensitas lebih rendah dibandingkan dengan intensitas batang, pulp daun dan pulp batang mengkuang.

Pita spektrum IR pada 1379 cm^{-1} untuk deformasi gugus fungsional C-O-C eter pada penyusun selulosa dan hemiselulosa. Terjadi penurunan intensitas gugus C-O-C eter pada daun dan batang dibandingkan dengan sebelum praperlakuan alkali. Penurunan intensitas spektrum IR pulp pada bilangan gelombang 1379 cm^{-1} menunjukkan terjadinya degradasi hemiselulosa dan selulosa (Nazarpour *et al.* 2013).

Karakteristik morfologi

Gambar 3 Mikrograf SEM bahan mentah [daun (a), batang (b)] dan pulp [daun (c), batang (d)] mengkuang.

Hilangnya hemiselulosa akan mengakibatkan adanya lubang antar fibril dan berkurangnya ikatan antar serat. Perubahan morfologi dinding sel terjadi karena kehilangan lignin mengakibatkan ukuran pori permukaan semakin besar. Lignin dan hemiselulosa yang terdegradasi merusak beberapa ikatan eter dalam lignin yang mendorong terjadinya pemisahan ikatan antar serat (Li *et al.* 2011).

Rendemen pulp

Tabel 5 menunjukkan rendemen pulp batang mengkuang lebih tinggi dibandingkan dengan pulp daun mengkuang. Hal ini dapat disebabkan lebih tingginya kandungan α -selulosa pada batang dibandingkan dengan daun (Tabel 1). Kandungan α -selulosa yang tinggi akan berpengaruh pada rendemen pulp yang dihasilkan karena selulosa tahan dan stabil terhadap bahan kimia terutama pada asam dan alkali sehingga dari proses pulping akan menghasilkan rendemen pulp yang tinggi pula (Khider *et al.* 2012).

Tabel 5 menunjukkan rendemen pulp daun dan batang mengkuang yang semakin rendah seiring dengan meningkatnya konsentrasi alkali (NaOH). Peningkatan alkali menyebabkan semakin tingginya intensitas reaksi delignifikasi dan degradasi karbohidrat. Besarnya kehilangan lignin dan sebagian karbohidrat mengakibatkan persentase rendemen semakin menurun. Walaupun praperlakuan alkali bertujuan untuk menghilangkan lignin, akan tetapi degradasi selulosa tidak dapat dihindari. Degradasi selulosa terjadi akibat adanya reaksi pengelupasan rantai (*peeling off*

reaction). Monomer-monomer penyusun selulosa terkelupas satu monomer demi satu monomer. Hal ini diakibatkan karena ujung rantai selulosa yang tidak stabil (*reducing end*) (Maryana *et al.* 2014).

Bilangan kappa

Bilangan kappa merupakan indikator kandungan lignin sisa dalam pulp, tingkat kematangan pulp, dan tingkat delignifikasi. Bilangan kappa tertinggi pada batang mengkuang dengan praperlakuan dengan konsentrasi alkali 20% (23,30) dan terendah pada daun mengkuang dengan konsentrasi alkali 25% (14,35), seperti yang tersaji pada Tabel 6.

Tabel 6 menunjukkan praperlakuan dengan konsentrasi alkali 20% menghasilkan pulp dengan bilangan kappa lebih tinggi dibandingkan dengan pulp yang dihasilkan dari praperlakuan dengan konsentrasi alkali 25%. Peningkatan konsentrasi alkali meningkatkan tingkat delignifikasi. Tingkat delignifikasi berkorelasi dengan kadar lignin sisa dalam pulp karena meningkatnya reaksi delignifikasi akan menurunkan bilangan kappa (Wistara *et al.* 2015). Selain itu, Fatriasari & Risanto (2011) menyatakan bahwa pulp dengan derajat delignifikasi yang baik memberikan nilai bilangan kappa yang rendah.

Hasil praperlakuan dengan konsentrasi alkali 25% menghasilkan bilangan kappa pulp daun mengkuang lebih rendah dibandingkan dengan bilangan kappa pulp batang mengkuang dan poplar, tetapi lebih tinggi dibandingkan dengan Hemp (Tabel 6). Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh sifat-sifat dasar

sebelum perlakuan alkali (ekstraktif, α selulosa, hemiselulosa, lignin total dan tipe lignin).

Tabel 5 Rendemen pulp daun dan batang mengkuang setelah praperlakuan alkali

Jenis pulp	Konsentrasi alkali, %	Rendemen, %
Daun	20	32.63
	25	30.57
Batang	20	41.71
	25	40.50

Tabel 6 Bilangan kappa pulp daun dan batang mengkuang

Jenis pulp	Konsentrasi alkali, %	Bilangan kappa	Referensi
Daun mengkuang	20	21,05	Buzala <i>et al.</i> (2017)
	25	14,35	
Batang mengkuang	20	23,30	
	25	16,27	
Poplar		15,40	Buzala <i>et al.</i> (2017)
Hemp		11,00	Buzala <i>et al.</i> (2017)

Bilangan kappa rendah menandakan kadar lignin sisa yang rendah sehingga pulp yang dihasilkan memiliki tingkat kemurnian serat selulosa dan hemiselulosa tinggi (Chadijah 2011).

Kesimpulan

Bahan mentah daun dan batang tanaman mengkuang mengandung zat ekstraktif 6,99 dan 4,80%, selulosa 35,02 dan 40,29%, hemiselulosa 33,12 dan 31,19%, lignin total (lignin klason dan lignin terlarut asam) 29,10 dan 26,84%. Kadar siringil, guaiasil, dan p-hidroksifenil bahan mentah daun mengkuang adalah 40,00, 41,82, dan 19,24%, sedangkan pada batang adalah 39,81, 41,82, dan 18,37%. Jenis gula penyusun hemiselulosa daun adalah glukosa (4185,77 $\mu\text{g g}^{-1}$), arabinosa (3240, $\mu\text{g g}^{-1}$), dan xilosa-manosa-rhamnosa-galaktosa (361,95 $\mu\text{g g}^{-1}$), sedangkan batang terdiri dari glukosa (1930,22 $\mu\text{g g}^{-1}$), arabinosa (1249,51 $\mu\text{g g}^{-1}$), dan xilosa – manosa – rhamnosa - galaktosa (276,07 $\mu\text{g g}^{-1}$).

g^{-1}), arabinosa (1249,51 $\mu\text{g g}^{-1}$), dan xilosa – manosa – rhamnosa - galaktosa (276,07 $\mu\text{g g}^{-1}$).

Rendemen pulp yang tertinggi dihasilkan dari praperlakuan alkali dengan konsentrasi NaOH 20% batang mengkuang (41,71%) dan terendah pada praperlakuan dengan konsentrasi NaOH 25% daun mengkuang (30,57%). Semakin tinggi konsentrasi alkali menyebabkan penurunan kadar lignin dan hemiselulosa. Hal ini mengakibatkan kristalinitas pulp lebih tinggi dibandingkan dengan kristalinitas bahan bakunya. Berdasarkan sifat-sifat dasar sebelum perlakuan alkali (ekstraktif, α -selulosa, hemiselulosa, lignin total dan tipe lignin) maupun sifat-sifat setelah diberi perlakuan alkali (kristalinitas, rendemen, dan bilangan kappa) maka tanaman mengkuang berpotensi digunakan sebagai bahan baku untuk pulp, dan bioetanol.

Daftar Pustaka

- Abraham E, Deepa B, Pothan L, Jacob M, Thomas S, Cuelbar U, Anandjiwala R. 2011. Extraction of nanocellulose fibrils from lignocellulose fibres: A novel approach. *Carbohydr polym.* 86 (4):1468-1475.
- Bon WK, Kim HY, Park N, Lee SM, Yeo H, Coi IG. 2010. *Organosolv Pretreatment of Liriodendron Tulipifera and Simultaneous Saccharification and Fermentation for Bioethanol Production*. Seoul: Seoul National University.
- Browning BL. 1967. *Methods of Wood Chemistry. Volume ke-2*. New York: Interscience.
- Bruce A, Palfreyman W. 1998. *Forest Product Biotechnology*. Salisbury: International Ltd.
- Buzala KP, Kalinowska H, Przybysz P, Malachowska E. 2017. Conversion of various types of lignocellulosic biomass to fermentable sugars using kraft pulping and enzymatic hydrolysis. *Wood Sci Technol.* 51:873-885.
- Chadijah S. 2011. Kinetika delignifikasi sabut kelapa dengan proses peroksida alkali pada pembuatan pulp. *J Teknosains.* 5(2):223-231.
- Dence CW. 1992. Determination of Lignin. Di dalam. Lin SY, Dence CW. *Methodes in Lignin Chemistry*. Springer-Verlag. Berlin. 33-61.
- Faridah DN, Andarwulan N, Purnomo EP, Saifatah L, Kurniawan SK. 2014. Oligosaccharide content and *in vitro* protein digestibility of twenty commercial soy-based powder drinks in Indonesia. *Asian J Chem.* 26(22):7682-7692.
- Fatriasari W, Risanto L. 2011. Sifat pulp kraft kayu sengon (*Paraserianthes falcataria*): perbedaan konsentrasi bahan pemasak dan tahap pemutihan. *Widyariset.* 14(3):589-598.
- Fatriasari W, Syafii W, Wistara NJ, Syamsu K, Prasetya B. 2014. The characteristic changes of betung bamboo (*Dendrocalamus asper*) pretreated by fungal preperlakuan. *Int J Renewable Energy Dev.* 3(2):133-143.
- Galbe M, Zacchi G. 2007. Pretreatment of lignocellulosic materials for efficient bioethanol production. *Adv. Biochem Eng/Biotechnol.* 108:41-65.
- Gao Y, Jingliang X, Yu Z, Qiang Y, Zhenhong Y, Yunyun L. 2013. Effects of different pretreatment methods on chemical composition of sugarcane bagasse and enzymatic hydrolysis. *Biores Technol.* 144:396-400.
- Gassara F, Brar SK, Tyagi RD, Verma M, Surampalli RY. 2010. Screening of agro-industrial wastes to produce ligninolytic enzymes by *Phanerochaete chrysosporium*. *Biocheml Eng J.* 49(3):388-394.
- Hadisuparto H, Wardenaar E, Yusro F, Yanti H. 2011. Potensi tumbuhan mengkuang dari hutan rawa gambut Kalimantan Barat sebagai bahan baku pulp dan kertas. *J Penelit Univ Tanjungpura* 22 (2):42-57.
- Heyne K. 1987. *Tumbuhan Berguna Indonesia Jilid II*. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Bogor.

- Higuchi T. 2006. Look back over the studies of lignin biochemistry. *J. Wood Sci.* 52(1):2-8.
- Hu Z, Wen Z. 2008. Enhancing enzymatic digestibility of switchgrass by microwave-assisted alkali pretreatment. *Biochem Eng J.* 38:369-378.
- Jiao C, Xiong J. 2014. Accessibility and morphology of cellulose fiber treated with sodium hydroxide. *BioResources.* 9(4):6504-6513.
- [KLH] Kementerian Lingkungan Hidup. 2011. *Hutan Kalimantan. Status Lingkungan Hidup, Ekoregion Kalimantan Tahun 2011.* Jakarta: KLH.
- Khalil AHPS, Alwani MS, Omar AKM. 2006. Chemical composition, anatomy, lignin distribution and cell wall structure of Malaysian plant waste fibers. *BioResources J.* 1(2):220 – 232.
- Khider TO, Omar S, Taha O. 2012. Alkaline pulping of *Thypha domingensis* stems from Sudan. *World App Sci J.* 16 (3):331-336.
- Kumar P, Diane MB, Delwiche MJ, Stroeve P. 2009. Methods for praperlakuan of lignocellulosic biomass for efficient hydrolysis and biofuel production. *Industrial and Engineering Chem. Res.* 48(8):3713-3729.
- Li C, Cheng G, Balan V, Kent MS, Ong M, Chundawat SPS, Sousa LD, Melnichenco YB, Dale BE, Simmons BA. 2011. Influence of physicochemical changes on enzymatic digestibility of ionic liquid and AFEX pretreated corn stover. *Bioresource Technol.* 102(13):6928-6936.
- Li X, Ximenes E, Kim Y, Slinger M, Meilan R, Ladisc M, Chapple C. 2010. Lignin monomer composition affects *arabidopsis* cell-wall degradability after liquid hot water praperlakuan. *Biotechnol for Biofuels.* 3:27.
- Liyakathali NAM, Muley PD, Aita G, Boldor D. 2016. Effect of frequency and reaction time in focused ultrasonic praperlakuan of energy cane bagasse for bioetanol production. *Bioresource Technol.* 200:262-271.
- Mariani Y. 2012. Komposisi kimia batang pandan mengkuang (*Pandanus artocarpus* Griff) sebagai bahan baku alternatif pulp. *J Tengkwang.* 1(2):57-66.
- Maryana R, Ma'rifatun D, Wheni AI, Satriyo KW, Rizal WA. 2014. Alkaline praperlakuan on sugarcane bagasse for bioetanol production. *Energy Procedia.* 47:250-254.
- Maulana D, Dirhamsyah M, Setyawati D. 2015. Karakteristik papan partikel dari batang pandan mengkuang (*Pandanus artocarpus* Griff) berdasarkan ukuran partikel dan konsentrasi urea formaldehida. *J Hutan Lestari.* 3(2):247-258.
- Nawawi DS, Syafii W, Tomoda I, Uchida Y, Akiyama T, Yokoyama T, Matsumoto Y. 2017. Characteristics and reactivity of lignin in Acacia and Eucalyptus woods. *J Wood Chem Technol.* 37:273-282.
- Nazarpour F, Abdullah DK, Abdullah N, Zamiri R. 2013. Evaluation of biological praperlakuan of rubberwood with white rot fungi for enzymatic hydrolysis. *Materials.* 6:2059-2073.

- Pandey KK, Pitman AJ. 2003. FTIR studies of the changes in wood chemistry following decay by brown-rot and white-rot fungi. *Internat Biodeterior. Biodegrad.* 52:151–160.
- Pu Y, Hu F, Huang F, Davison BH, Ragauskas AJ. 2013. Assessing the molecular structure basis for biomass recalcitrance during dilute acid and hydrothermal pretreatments. *Biotechnol Biofuels.* 6(1):15.
- Punyamurthy R, Sampathkumar D, Bennehalli B, Srinivasa CV. 2013. Influence of esterification on the water absorption property of single abaca fiber. *Chem. Sci. Trans.* 2:413–422.
- Radeva G, Valchev I, Petrin S, Valcheva E, Tsekova P. 2012. Comparative kinetic analysis of enzyme hydrolysis of steam-exploded wheat straw. *Cellul Chem Technol.* 46:61–7.
- Rahnama N, Mamat S, Shah UKM, Ling FH, Rahman NAA, Ariff AB. 2013. Effect of alkali pretreatment of rice straw on cellulase and xylanase production by local *Trichoderma harzianum* SNRS3 under solid state fermentation. *BioResources.* 8(2):2881-2896.
- Suryanto H, Marshahyo E, Irawan YS, Soenoko R. 2014. Effect of alkali treatment on crystalline structure of cellulose fiber from Mendong (*Fimbristylis globulosa*) straw. *Key Eng Mater.* 594-595:720-724.
- [TAPPI] The Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 1997. *TAPPI Test Methods.* Atlanta: TAPPI Press.
- Verma S, Ray AK, De BK. 2010. Bioconversion of heptanal to heptanol by *Saccharomyces cerevisiae*. *Yeast.* 27(5):269-275.
- Wistara NJ, Carolina A, Pulungan WS, Emil N, Lee SH, Kim NH. 2015. Effect of tree age and active alkali on kraft pulping of white jabon. *J. Korean Wood Sci. Technol.* 43(5):566-577.
- Riwayat naskah:
Naskah masuk (received): 15 Juli 2017
Diterima (accepted): 5 September 2017