

PEMANFAATAN SERAT SELULOSA ECENG GONDOK (*Eichhornia Crassipes*) SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN KERTAS: ISOLASI DAN KARAKTERISASI

Iryanti Fatyasari Nata^{*)}, Helda Niawati^{*)} dan Choir Muizliana^{*)}

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat,

*E-mail: yanti_tkunlam@yahoo.com; heldavioleta@gmail.com; muizliana@gmail.com

Abstract-Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) is an aquatic weeds and as water pollution which can be reduced by using its cellulose fiber as raw material for paper production. In this work, the cellulose fiber which produced from water hyacinth stems by chemical pulping method was isolated and characterized. The operating conditions for produced the highest yield of water hyacinth's fiber by variation of NaOH concentration and cooking time were also investigated. Dry hyacinth stems on liquor/crop ratio was 7:1 (mL/g) and mixed with 1-5% (w/v) NaOH then degested in an autoclave (120 °C; 14,5 Psi) for 5, 10, 15, 30, 60 and 120 min. The operating condition which highest yield production was mixed with newspaper fiber with ratio 1:1, 2:1, 3:1 and 4:1. The NaClO 5.25% (v/v) was added into the mixture as bleaching agent, then pressed and dried as a paper. The highest water hyacinth fiber yield was obtained about 32.31% (2.5% w/v NaOH for 15 min). When mixed with newspaper fiber at loading ratio 2:1, the highest yield and density were obtained about 37.27% and 0.567 g/cm³, respectively. Base on observation by Scanning Electron Microscope (SEM), the diameter of water hyacinth's fiber is 80-166 nm and waste newspaper fiber is ± 56 μm. In addition, in the presence of newspaper fiber in the product was increased the characteristic peaks of paper around 5.66% (cellulose I) and 8.26% (cellulose II) base on X-Ray Diffraction (XRD) result.

Keywords: *Eichhornia crassipes*, chemical pulping, autoclave, kertas

PENDAHULUAN

Kertas dibuat dari bahan baku yang mengandung serat yaitu serat dari bahan kayu (*wood*) dan bahan bukan kayu (*non wood*). Produksi kertas pada umumnya menggunakan bahan baku serat yang berasal dari kayu karena dahulu ketersediaan kayu yang berlimpah di hutan. Indonesia memproduksi *pulp* tidak hanya untuk mencukupi kebutuhan dalam negeri tetapi juga untuk kebutuhan ekspor, dengan kenaikan rata-rata 36.002.203 kg/tahun (BPS, 2012). Asosiasi *Pulp* dan Kertas Indonesia (APKI) menargetkan produksi *pulp* dapat mencapai 20,4 juta ton/tahun dan kertas sebesar 19,8 juta ton/tahun pada tahun 2020. Target ini untuk memenuhi kebutuhan kertas dunia yang semakin meningkat, dimana pertumbuhan kebutuhan kertas negara maju akan naik 0,5% per tahun hingga pada tahun 2020 konsumsi kertas dapat mencapai 490 juta ton/tahun. Dengan meningkatnya produksi kertas maka kebutuhan bahan baku, yaitu serat dari kayu juga meningkat. Eksploitasi yang berlebihan terhadap kayu yang berada di hutan dapat mengakibatkan kerusakan ekosistem dan menimbulkan kerusakan lingkungan seperti tanah longsor dan banjir, sehingga dibutuhkan bahan baku alternatif yang dapat digunakan dalam produksi kertas. Eceng gondok (*Eichhornia*

crassipes) merupakan tanaman gulma di wilayah perairan yang hidup terapung pada air yang dalam dan mengembangkan perakaran di dalam lumpur pada air yang dangkal. Eceng gondok berkembangbiak sangat cepat, baik secara vegetatif maupun generatif. Perkembangbiakan dengan cara vegetatif dapat berlipat ganda dalam 7-10 hari (Gunawan, 2007). Perkembangbiakan eceng gondok yang sangat cepat menimbulkan masalah lingkungan dan aktivitas sungai seperti menghambat lalu lintas perairan, menurunkan debit air sungai, mengurangi jumlah cahaya yang masuk ke dalam perairan yang menyebabkan menurunnya tingkat kelarutan oksigen dalam air dan mempercepat proses pendangkalan. Provinsi Kalimantan Selatan memiliki banyak sungai yang ditumbuhi tanaman eceng gondok. Salah satu sungai yang banyak terdapat eceng gondok adalah sungai Sipai di Banjarbaru, Kalsel.

Populasi eceng gondok yang mengganggu wilayah perairan dapat dikurangi dengan memanfaatkan serat eceng gondok sebagai bahan baku bioetanol (Kumar, *et.al*, 2009) dan *high caloric fuel* (Lu, *et.al*, 2009). *Pretreatment* terhadap batang eceng gondok dengan 10% NaOH selama 1 jam pada 100 °C dapat mengkonversi selulosa sebesar 60,35% (Abdel-Fattah, *et.al*, 2012).



Gambar 1. Populasi *Eichhornia crassipes* di Sungai Sipai Banjarbaru, Kalimantan Selatan.

Selain itu pemanfaatan serat eceng gondok sebagai bahan baku kertas juga telah dilakukan, batang eceng gondok yang telah mengalami proses *pulping* dicampur dengan limbah kertas (Gunawan, 2007). Sundari *et.al* (2012) telah melakukan *chemical treatment* batang eceng gondok menggunakan *sodium chlorite* dan *sodium hydroxide* pada proses *pulping* dan tahap *mechanical treatment* serat yang sudah diolah dengan cara kimia dihaluskan ukurannya menjadi submicron. Sampai saat ini belum ada penelitian yang menitikberatkan pada karakterisasi struktur dan morfologi dari serat eceng gondok yang dihasilkan. Penelitian ini memfokuskan pada pengolahan dan karakterisasi eceng gondok untuk menghasilkan serat dengan *yield* terbesar dengan cara *chemical pulping* ditinjau dari variasi konsentrasi NaOH dan waktu reaksi, pengaruh penambahan serat koran bekas terhadap kertas yang dihasilkan serta mengamati perubahan morfologi dan struktur kristalin dari eceng gondok sebelum dan sesudah *treatment*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi untuk mengatasi gulma eceng gondok di perairan, menambah nilai ekonomis dan mengatasi pencemaran lingkungan khususnya di Kalimantan Selatan.

METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah batang eceng gondok (BEG) yang di ambil dari Sungai Sipai, Banjarbaru Kalsel, koran bekas, natrium hidroksida (NaOH), asam klorida (HCl) dan natrium hipoklorit (NaClO).

Persiapan Bahan Baku

BEG dipotong ± 2 cm, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 6 jam. Untuk sampel koran bekas, koran ditimbang sesuai dengan variasi berat yang telah ditentukan kemudian direndam dengan akuades selama 24 jam, perbandingan koran dengan air sebesar 1:7 (g/mL).

Pembuatan Pulp Eceng Gondok untuk Variasi Konsentrasi NaOH (% w/v)

BEG (25 g) dicampur dengan larutan NaOH (175 mL) dengan konsentrasi 1; 2,5; 4 dan 5 % (w/v). Kemudian *digester* selama 10 menit dalam *autoclave* pada 120°C dan 14,5 Psi. Pendinginan dilakukan selama 30 menit, kemudian dicuci dengan air yang mengalir (500 mL) sampai permukaan *pulp* tidak licin.

Pembuatan Pulp Eceng Gondok Untuk Variasi Waktu Chemical Pulping

BEG (25 g) dicampur dengan NaOH 2,5% (w/v)(175 mL), *digester* selama 5, 15, 30, 60 dan 120 menit di dalam *autoclave* pada suhu 120°C dan 14,5 Psi. Proses selanjutnya sama seperti proses sebelumnya.

Pencetakan Pulp Menjadi Kertas

Pulp yang dihasilkan dari proses *chemical pulping* sebelumnya di-*blending* selama 2 menit kemudian di-*bleaching* dengan larutan NaClO 5,25% (40 mL) selama 30 menit. Kemudian dicuci dengan air bersih (500 mL) dan disaring. Setelah itu *pulp* diletakkan secara merata di atas pencetak berukuran 20 x 30 cm *screen* diameter 90 mikron dan ditutup dengan menekan pencetak yang berukuran sama pada posisi berhadapan. Kemudian dilakukan perataan dengan manual *paper press* yang arah penekanannya sejajar. Setelah kadar air berkurang sampai tidak ada air yang menetes dari *screen*, dilakukan pengeringan dalam oven 30°C selama 4-6 jam.

Untuk variasi komposisi dengan koran bekas, pencetakan dilakukan dengan cara *pulp* BEG ditambahkan dengan koran bekas yang telah di-pre-treatment (12,5; 8,3; 6,2 dan 5 g) sehingga variasi perbandingan sebesar 4:1; 3:1; 2:1 dan 1:1. Kemudian di-*bleaching* dengan larutan NaClO 5,25 % (120 mL) selama 30 menit. *Pulp* yang masih basah dicetak dan dijemur dengan proses yang sama seperti sebelumnya.

Karakterisasi dan Analisis

Karakterisasi sample dengan SEM menggunakan alat *Scanning Electron Microscope* (JEOL, JSM-6500 LV) dengan *scan parameters* 5 dan 20 kV dengan perbesaran 100, 400 dan 500x. XRD menggunakan alat *Philips type X'Pert Scan Parameters* dengan *step size* $0,02^{\circ}$, *time/step* 1 detik, *X-ray generator current* 30 mA, *X-ray tube* PW3373/00 Cu LFF, *tube focus line* dan menggunakan radiasi K-Alpha. Analisis yang dilakukan terhadap sampel adalah kadar air BEG (SNI 08-7070-2005), tebal kertas (SNI 14-0435-1998) dan rapat massa (SNI 14-0702-1989).

HASIL DAN PEMBAHASAN

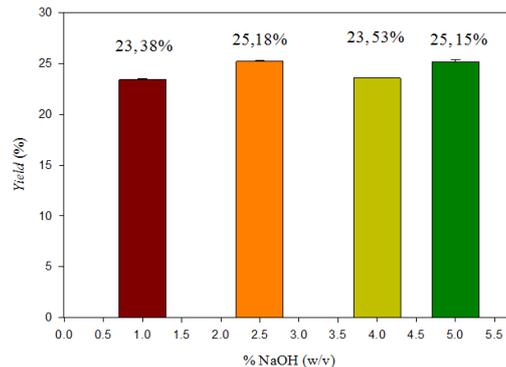
Eceng gondok memiliki kandungan selulosa 18-31%, lignin 7-26%, hemiselulosa 18-43%, dan *ash* 15-26% dengan kandungan air 85-95% (Girisuta, 2007). Isolasi selulosa dari eceng gondok dapat dilakukan dengan *chemical treatment*. Serat selulosa yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan kertas. Untuk mendapatkan serat selulosa yang optimal, maka bahan baku yang digunakan adalah BEG kering. Kadar air yang dimiliki oleh BEG yang digunakan sebesar 90,05%. Skematis pembuatan kertas dari BEG ini dapat dilihat pada Gambar 2. Pembuatan kertas yang dilakukan berdasarkan metode *chemical pulping* dengan menggunakan NaOH dalam proses pembuburannya. Tujuan pemasakan BEG dengan NaOH untuk melepaskan lignin yang terikat pada selulosa. Menurut Jayanudin (2007), lignin yang mengotori *pulp* mengandung senyawa *kromofor*, yaitu gugus yang memberikan warna pada senyawa aromatik menyebabkan *displacement* pada spektrum warna. *Pulp* dapat dipisahkan dari lignin dan sisa NaOH dengan cara pencucian. *Blending pulp* dilakukan untuk menghasilkan ukuran *pulp* yang seragam sehingga pada proses *bleaching pulp* didapat hasil yang maksimal. *Bleaching agent* yang digunakan adalah senyawa NaClO, pemilihan NaClO berdasarkan sifat bahan yang tidak berbahaya dan murah. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan warna dan lignin yang tersisa pada serat selulosa setelah pencucian. Proses *bleaching pulp* ini juga dapat menghilangkan hemiselulosa yang terkandung dalam *pulp*.



Gambar 2. Skematis pembuatan kertas dari batang eceng gondok (BEG) dan koran bekas.

Variasi Konsentrasi NaOH terhadap Produksi Pulp Eceng Gondok

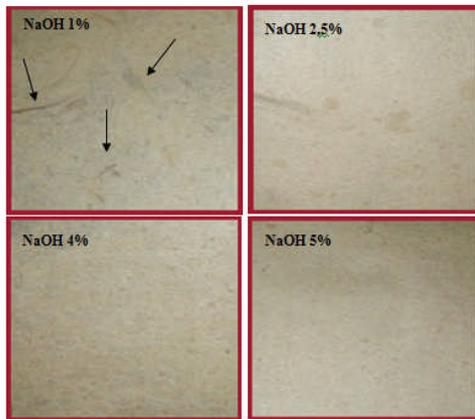
Untuk variasi konsentrasi NaOH dilakukan dengan menghitung *yield pulp* yang dihasilkan. *Yield* merupakan perbandingan *pulp* yang dihasilkan terhadap banyaknya BEG yang digunakan. Pada setiap konsentrasi NaOH 1; 2,5; 4 dan 5% (w/v) menghasilkan *yield* berturut-turut 23,38% ± 0,12; 25,18% ± 0,09; 23,53% ± 0,04 dan 25,15% ± 0,23.



Gambar 3. Hubungan konsentrasi NaOH terhadap *yield pulp* eceng gondok dengan waktu pemasakan 10 menit.

Gambar 3 menunjukkan *yield* terbesar diperoleh pada konsentrasi NaOH 2,5% dan 5% (w/v). Pada proses *chemical pulping*, larutan NaOH memecah lignin yang terikat pada selulosa. *Yield* yang paling kecil diperoleh pada NaOH 1% (w/v) yaitu 25,18%, hal ini dikarenakan kecilnya konsentrasi NaOH untuk memecah lignin dari selulosa sehingga diperoleh kadar selulosa yang sedikit. Pada konsentrasi NaOH 4% dan 5% (w/v) bertambahnya konsentrasi tidak berpengaruh banyak terhadap *yield* yang dihasilkan, hal ini dapat terjadi karena penambahan konsentrasi NaOH akan mereduksi jumlah komponen selain selulosa seperti hemiselulosa, pektin dan komponen *soluble* lainnya yang mengikat selulosa (Fahmi *et.al*, 2009; Sundari *et.al*, 2012), sehingga diperlukan konsentrasi yang tepat pada proses delignifikasi. Berdasarkan hal ini disimpulkan konsentrasi yang terbaik dalam pemasakan BEG adalah NaOH 2,5% (w/v). *Pulp* yang dihasilkan dari variasi konsentrasi kemudian dicetak menjadi kertas yang sebelumnya mengalami proses pemutihan/*bleaching*. Pada Gambar 4 dapat diamati perbedaan struktur permukaan kertas yang dihasilkan dengan variasi konsentrasi NaOH. Pada NaOH 2,5%, 4% dan 5% (w/v) struktur seratnya halus, sedangkan konsentrasi NaOH 1% (w/v) masih terlihat adanya BEG dan permukaannya kasar, karena delignifikasi tidak maksimal. Hal ini

menyebabkan sebagian batang eceng gondok (ditunjukkan dengan tanda panah) masih berikatan dengan lignin karena konsentrasi NaOH yang rendah.



Gambar 4. Kertas dengan variasi konsentrasi NaOH dengan *chemical pulping* selama 10 menit.

Variasi Waktu Pemasakan terhadap Produk Pulp Eceng Gondok

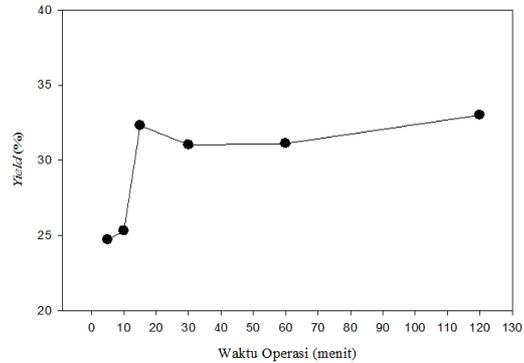
Pada tahap ini, proses dilakukan dengan menetapkan konsentrasi larutan NaOH 2,5% (w/v) berdasarkan *yield* terbesar yang dihasilkan dari percobaan sebelumnya dan membandingkan besarnya *yield* yang diperoleh pada waktu pemasakan dengan NaOH. Hasil dari variasi waktu selama 5; 10; 15; 30; 60 dan 120 menit menghasilkan *yield* berturut-turut 24,72%; 25,3% ± 0,04; 32,31%, 31,12% ± 0,11 dan 33,01% ± 0,03.

Gambar 5 menyatakan hubungan variasi waktu pemasakan dengan *yield*, semakin lama waktunya maka *yield* yang dihasilkan semakin besar, kenaikan persentasi *yield* pada rentang 5-15 menit dari 24,72% menjadi 32,31%, tetapi setelah 15 menit kenaikan *yield* tidak signifikan, dikarenakan pada waktu 15 menit sudah tercapai kondisi optimal untuk pemasakan. Penambahan waktu akan menyebabkan kondisi yang tidak berpengaruh dalam hasil *yield* yang diperoleh. Serat eceng gondok termasuk dalam kategori serat sedang (1,60-2,12 mm), sehingga pemasakan yang semakin lama akan mengakibatkan degradasi selulosa yang akan terbuang bersama dengan pelarut NaOH saat pencucian (Hasnedi *et.al*, 2008).

Pengaruh Penambahan Kertas Koran Bekas terhadap Produk Kertas

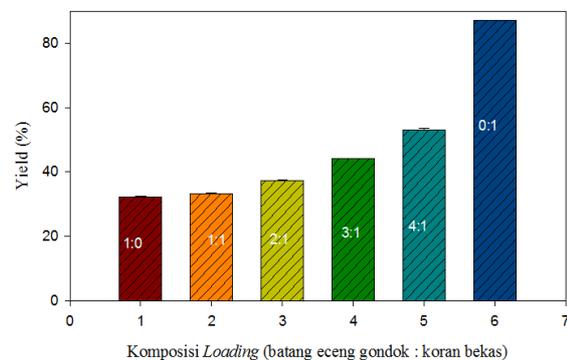
Pada tahap ini digunakan konsentrasi NaOH 2,5% (w/v) dengan waktu pemasakan 15 menit yang merupakan kondisi operasi terbaik berdasarkan hasil sebelumnya. Produk yang dihasilkan dari variasi komposisi *pulp* dihitung besar *yield* dan rapat massa (ρ) untuk mengetahui

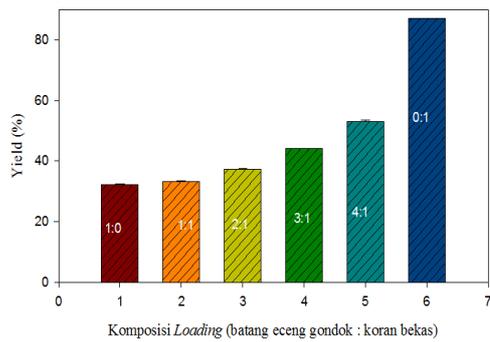
struktur morfologi kertas dan pengaruhnya terhadap produk yang dihasilkan. *Yield* yang dihasilkan komposisi/rasio *loading* BEG : kertas, sebesar 1:1, 2:1, 3:1 dan 4:1.



Gambar 5. Hubungan waktu pemasakan terhadap *yield* pada NaOH 2,5% (w/v).

Sebagai pembanding diproduksi pula *pulp* yang hanya berasal dari BEG dan koran bekas. Gambar 6 menunjukkan besar *yield* pada kertas eceng gondok lebih kecil daripada *yield* kertas dari koran bekas, meskipun memiliki massa bahan baku yang sama. *Yield* kertas BEG sebesar 32,31% dan *yield* untuk kertas dari koran bekas sebesar 87,17%. *Yield* kertas dari koran bekas lebih besar dikarenakan koran bekas merupakan sumber serat sekunder yang mengandung sekitar 80-85% *pulp* mekanis dan 15-20% *pulp* kimia (Paraskevas dalam Rismiyana dkk, 2003). Selain itu, koran bekas diproduksi dari kertas berbahan baku serat kayu. Besar *yield* untuk kertas dengan perbandingan komposisi *pulp* BEG dan koran bekas disajikan pada Tabel 1.





Gambar 6. Hubungan komposisi *loading pulp* (BEG : koran bekas) terhadap *yield* dengan NaOH 2,5% (w/v) selama 15 menit.

Semakin banyak penambahan koran bekas maka semakin besar *yield* yang dihasilkan. Sehingga disimpulkan bahwa penambahan koran bekas pada *pulp* BEG dapat meningkatkan *yield*. Tahapan variasi *loading* tersebut menghasilkan 5 jenis kertas yang dapat dilihat pada Gambar 7. Dari kertas yang diperoleh menunjukkan *pulp* dari koran bekas menghasilkan kertas yang berwarna lebih gelap. Warna yang dihasilkan lebih gelap karena pada kertas koran bekas kontaminan utamanya adalah tinta cetak yang umumnya terdiri dari pigmen atau butiran tinta yang berperan sebagai pembawa warna berbentuk partikel padatan kecil belum hilang seluruhnya pada proses *bleaching*. Sedangkan kertas yang dihasilkan dari campuran koran bekas dengan BEG berwarna lebih terang. Semakin banyak komposisi BEG yang ditambahkan maka semakin terang warna kertas yang dihasilkan.

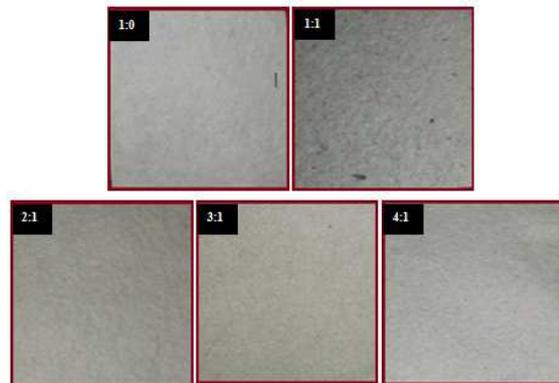
Tabel 1. *Yield* perbandingan komposisi *loading* produksi *pulp* dengan NaOH 2,5% (w/v) selama 15 menit.

Perbandingan komposisi (eceng gondok:koran)	<i>Yield</i> (%)
1:0	32,31 ± 0,01
1:1	33,31 ± 0,14
2:1	37,27 ± 0,15
3:1	44,06 ± 0,15
4:1	53,19 ± 0,26
0:1	87,19 ± 0,05

Karakterisasi produk kertas dengan bahan baku Eceng Gondok dan koran bekas

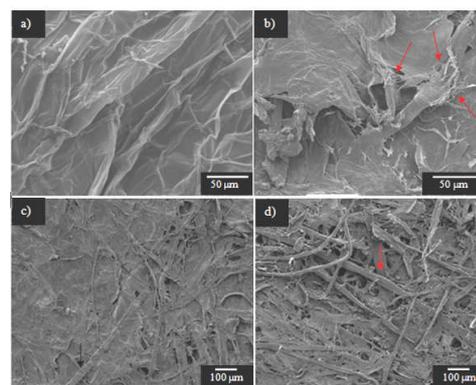
Analisis SEM digunakan untuk mengetahui struktur morfologi dari BEG dan kertas yang dihasilkan. Gambar 8 menunjukkan BEG sebelum proses *digester* (Gambar 8(a)) tidak dapat dilihat dengan jelas serat pada permukaan BEG, hal ini dikarenakan serat eceng gondok masih terikat oleh

lignin, hemiselulosa, pektin dan komponen terlarut lain yang mengikat selulosa.



Gambar 7. Kertas dengan variasi *loading* (BEG dan koran) perbandingan 0:1, 1:1, 2:1, 3:1 dan 4:1 dengan NaOH 2,5% (w/v) selama 15 menit.

Proses *digester* dengan NaOH menghilangkan kandungan komponen-komponen yang mengikat selulosa pada BEG. Dari Gambar 8 (b) terlihat perubahan struktur permukaan dari eceng gondok, serat eceng gondok dapat dilihat setelah pemasakan dengan NaOH. Berdasarkan Sundari, *et.al* (2012) diameter serat eceng gondok sangat halus dengan ukuran 20-100 nm. Pada lokasi tertentu (ditunjukkan dengan tanda panah) dapat dilihat serat eceng gondok berdiameter sekitar 80-166 nm, tetapi pada tempat lain serat berhimpit satu sama lain akibat proses pengeringan yang dilakukan sebelum observasi SEM.



Gambar 8. SEM *images* dari atang eceng gondok (a), batang eceng gondok setelah *treatment* pada $t = 15$ menit dan NaOH 2,5% (w/v) (b), kertas dari serat eceng gondok pada $t = 15$ menit dan NaOH 2,5% (w/v) dan koran bekas (c) dan kertas dari koran bekas (d).

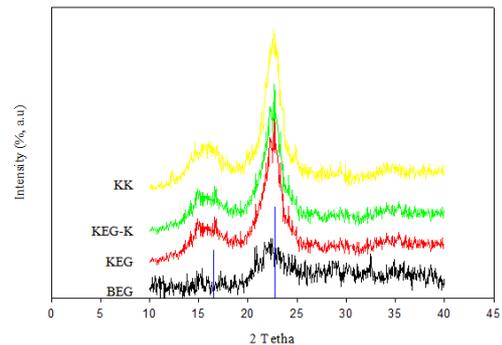
Serat koran mempunyai ukuran serat lebih besar dari serat eceng gondok, pada Gambar 8 (d) dapat diketahui serat koran bekas $\pm 56 \mu\text{m}$. Koran terbuat dari serat yang berasal dari *softwood*, menurut Hutten (2007) ukuran serat *softwood* berkisar antara 40-58 μm . Perbedaan yang sangat signifikan ini tentu saja akan mempengaruhi struktur dan kekuatan kertas. Gambar 8 (c) menunjukkan morfologi kertas yang dihasilkan dari campuran BEG dan koran bekas. Serat pada kertas ini terlihat jelas kombinasi dari 2 jenis serat, sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan koran bekas mempengaruhi struktur morfologi kertas yang dihasilkan.

Karakteristik *peak* struktur kristalin pada selulosa dapat dibagi menjadi 2, yaitu selulosa I ($16,5^\circ$) dan selulosa II ($22,8^\circ$) (Zhao *et.al*, 2007). Eceng gondok yang mengandung serat selulosa di dalam struktur penyusunnya mempunyai karakteristik *peak* pada $2\theta = 16,5^\circ$ dan $22,8^\circ$. Dari Tabel 2 dan Gambar 9 dapat dilihat bahwa BEG dan kertas yang dihasilkan mempunyai karakteristik *peak* pada $2\theta=16,5^\circ$ dan $22,8^\circ$. Nilai intensitas *peak* berdasarkan struktur kristalin tiap sampel dapat dilihat pada Tabel 2. Struktur kristalin dari selulosa pada dinding sel dapat mempengaruhi properti produk yang dihasilkan, selulosa merupakan parameter yang menentukan kekuatan dari serat (Vainio, 2007). Pada Gambar 9 untuk batang eceng gondok setelah proses *digester* dengan NaOH mengakibatkan meningkatnya intensitas sebesar 5,66% (selulosa I) dan 8,26% (selulosa II), hal ini disebabkan oleh hilangnya kandungan lignin dan hemiselulosa (Maeda *et al.*, 2011; Kim and Holtzapple, 2006). Selain itu, proses *digester* dengan alkali dapat meningkatkan jumlah selulosa karena *treatment* dengan alkali dapat menrestrukturisasi *amorphous cellulose* menjadi *crystalline cellulose* (Zhou *et.al*, 2009). Kertas dari bahan baku campuran batang eceng gondok dan koran bekas dapat meningkatkan intensitas *peak* selulosa I sebesar 3,63% dan selulosa II sebesar 35,63%, hal ini dipicu oleh serat kertas koran mempunyai intensitas yang cukup tinggi yaitu sebesar 66% (selulosa I) dan 262% (selulosa II). Berdasarkan hasil XRD ini dapat disimpulkan penambahan koran bekas pada proses pembuatan kertas dari BEG dapat meningkatkan sifat kristalinitas dari kertas.

Pengukuran tebal kertas untuk mengetahui dimensi kertas, yaitu volume kertas yang dihasilkan dari setiap variasi komposisi antara batang eceng gondok dan koran bekas. Pengukuran dilakukan sebanyak 10 bagian dengan ukuran 1,4 x 0,4 cm dan dipilih bagian kertas yang terbaik, dimana setiap bagian dilakukan pengukuran tebal sebanyak 5 kali.

Tabel 2. Intensitas karakterisasi *peak* pada eceng gondok dan jenis produk kertas pada $t = 15$ menit dan NaOH 2,5% (w/v)

Sampel	Karakteristik <i>peak</i>	
	Selulosa I ($16,5^\circ$)	Selulosa II ($22,8^\circ$)
Batang eceng gondok	50	111
Kertas eceng godok	53	121
Kertas eceng gondok + koran bekas	55	188
Kertas koran bekas	66	262

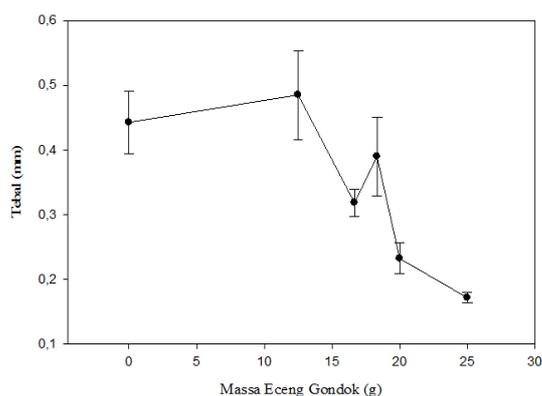


Gambar 9. X-Ray diffraction batang eceng gondok (BEG), kertas dari koran bekas (KK), kertas eceng gondok (KEG) dan kertas campuran eceng gondok dengan koran bekas (KEG-K) dengan NaOH 2,5% selama 15 menit.

Variasi data dari 10 kali pengukuran pada tiap sampel untuk mengetahui kesalahan relatif dari pengukuran. Tabel 3 dan Gambar 10 menunjukkan pengukuran tebal kertas pada tiap variasi komposisi. Berdasarkan Gambar 10 dapat diketahui tebal kertas pada variasi komposisi *loading* tidak seragam, hal ini dikarenakan proses pencetakan kertas yang dilakukan secara manual. Kertas yang dihasilkan dari campuran *pulp* eceng gondok dengan serat koran bekas lebih tebal daripada kertas yang dihasilkan dari *pulp* eceng gondok saja, karena struktur serat koran bekas lebih besar daripada batang eceng gondok.

Tabel 3. Tebal kertas dan densitas rata-rata pada variasi komposisi dengan NaOH 2,5% (w/v) selama 15 menit

Massa BEG (g)	Massa Koran Bekas (g)	Tebal (mm)	Densitas (g/cm^3)
0,00	0,00	$0,443 \pm 0,05$	$0,472 \pm 0,06$
12,50	5,00	$0,485 \pm 0,07$	$0,486 \pm 0,08$
16,66	6,25	$0,318 \pm 0,02$	$0,570 \pm 0,04$
18,33	8,34	$0,390 \pm 0,06$	$0,448 \pm 0,07$
20,00	12,5	$0,232 \pm 0,02$	$0,566 \pm 0,06$
25,00	25,0	$0,172 \pm 0,01$	$0,470 \pm 0,02$



Gambar 10. Hubungan massa eceng gondok terhadap tebal kertas pada waktu pemasakan 15 menit dan NaOH 2,5% (w/v).

Pengukuran rapat massa (ρ , g/cm^3) untuk mengetahui kerapatan kertas yang dihasilkan. Semakin besar ρ kertas maka semakin kuat kertas yang dihasilkan karena susunan serat dan struktur pada kertas tersebut lebih rapat (lihat Gambar 8). Rapat massa dari produk kertas yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 3, nilai ρ terkecil pada kertas dari BEG dan nilai ρ yang terbesar diperoleh pada komposisi *loading* 2:1 (16,66 g : 8,33g) untuk eceng gondok dan serat koran bekas. Berdasarkan observasi XRD dan ρ dapat disimpulkan bahwa kertas terbaik yang dihasilkan adalah pada perbandingan 2:1 dan penambahan koran bekas dapat memperbaiki kerapatan kertas yang dihasilkan sebesar $0,57 \text{ g/cm}^3$.

KESIMPULAN

Hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan:

1. Kondisi operasi yang baik untuk memperoleh serat selulosa batang eceng gondok dengan metode *chemical pulping* pada konsentrasi NaOH 2,5% (w/v) selama 15 menit dengan suhu 120°C , tekanan 14,5 Psi dan *yield* sebesar 32,31%.
2. Rapat massa (g/cm^3) produk kertas yang baik yaitu pada variasi *loading* komposisi 2:1 untuk batang eceng gondok dan serat koran bekas sebesar $0,57 \text{ g/cm}^3$.
3. Berdasarkan observasi SEM dan XRD, serat eceng gondok sebelum *chemical treatment* masih terikat dengan lignin dan setelah *treatment* serat eceng gondok berukuran 80-100 nm serta proses *chemical pulping* meningkatkan karakteristik *peak intensity* selulosa dari batang eceng gondok sebesar 5,66% (selulosa I) dan 8,26% (selulosa II).

SARAN

Perlu dilakukan uji kertas yang dihasilkan, sehingga kertas yang dihasilkan dapat diaplikasikan sesuai dengan properti kertas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Operasi Teknik Kimia, Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat atas fasilitas dan sarana dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Fattah, A. F. and M. A. Abdel-Naby. 2012. "Pretreatment and enzymic saccharification of water hyacinth cellulose". *Carbohydrate Polymers*, 87. 2109-2113.
- Andra, H. 2007. *Proses Pemutihan Pulp Serat Eceng Gondok Dengan Menggunakan Hidrogen Peoksida*. Skripsi. Jurusan Teknik Kimia Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon.
- Badan Pusat Statistik. 2012. Data Ekspor-Import. <http://www.bps.go.id> diakses tanggal 10 Oktober 2012
- Das, A.K. 2011. Presentation on Recent Initiatives of NEDFI in Rural Areas. Assam: The North Eastern Development Finance Corporation Limited.
- Fahmi, M. S, R. D. Cahyani and C. N. Kalam. 2009. *Kertas Daur Ulang dengan Aroma Pewangi Bogor*. Institut Pertanian Bogor.
- Forrest, AK, J. Hernandez and MT Holtzapple. 2010. "Effects of Temperature and Pretreatment Conditions on Mixed-Acid Fermentation of Waterhyacinths Using a Mixed Culture of Thermophilic Microorganisms". *Bioresource Technology*, 101. 7510-7515.
- Girisuta, B. 2007. *Levulinic Acid From Lignocellulosic Biomass*. Dissertation. University of Groningen, Groningen.
- Gunawan, P. dan Sahwalita. 2007. *Pengolahan Eceng Gondok sebagai Bahan Baku Kertas Seni*. Balai Litbang Kehutanan Sumatera, Medan.
- Hasnedi, Y.W, A.Y. Aditya dan W. Sulistiono. 2008. *Segredass Art Paper Berbahan Eceng Gondok, Alang-Alang, dan Perekat Alami Kitosan*. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Hutten, M. I. 2007. *Handbook of Nonwoven Filter Media*. Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Jayanudin. 2007. *Pemanfaatan Pulp Eceng Gondok Sebagai Alternatif Bahan Baku*

- Kertas dengan Proses Soda*. Universitas Lampung, Lampung
- Kim, S and M.T. Holtzaple. 2006. "Effect of Structural Features on Enzyme Digestibility of Corn Stover". *J. Biores Technol.*, 97. 583-591.
- Kumar, A, L.K. Singh and S. Ghosh. 2009. "Bioconversion of Lignocellulosic Fraction of Waterhyacinth (*Eichhornia crassipes*) Hemicellulose Acid Hydrolysate to Ethanol by *Pichia stipitis*", *Bioresource Technology*, 100. 3293-3297.
- Lu, W., C. Wang and Z. Yang. 2009. "The preparation of High Caloric Fuel (HCF) from Waterhyacinth by Deoxy-liquefaction", *Bioresource Technology*, 100. 6451-6456.
- Maeda, R. Nobuyuki, V. I. Serpa, V. A. L. Rocha, R. A. A. Mesquita, L. M. M. S. Anna, A. M. de Castro, C. E. Driemeier, N. Pereira Jr, and I. Polikarpov. 2011. "Enzymatic Hydrolysis of Pretreated Sugar Cane Baggase using *Penicillium funiculosum* and *Trichoderma harzianum* Cellulases", *J. Process Biochem.*, 30.5-10.
- Othmer, K. 2005. *Encyclopedia Of Chemical Technology*. Encylopedia Inc., New York.
- SNI 14-0435-1998. *Cara Uji Ketebalan Lembaran Pulp, Kertas dan Karton*.
- SNI 14-0702-1989. *Cara Uji Densitas atau Rapat Massa*.
- SNI 08-7070-2005. *Cara Uji Analisa Kadar Air*.
- Sundari, M. Thiripura, and A. Ramesh. 2012. "Isolation and Characterization of Cellulose Nanofiber from the Aquatic Weed Waterhyacinth-*Eichhornia Crassipes*", *Carbohydrate Polymers*, 87. 1701-1705.
- Rismijana J., I. N. Indriani and T Pitriyani. 2003. "Penggunaan Enzim Selulase-Hemiselulase pada Proses Deinking Kertas Koran Bekas". *Jurnal Matematika dan Sains*, 8 . 67-71.