

Perlakuan Gelombang Mikro pada Dua Jenis Kayu Cepat Tumbuh untuk Produksi Bioetanol

(Microwave Treatment on Two Fast Growing Trees Species for Bioethanol Production)

Lucky Risanto, Euis Hermiati, Danang S Adi

UPT BPP Biomaterial LIPI Jl. Raya Bogor Km. 46 Cibinong, Bogor 16911

Corresponding author: luki@biomaterial.lipi.go.id; luckyrisanto@yahoo.co.uk (Lucky Risanto)

Abstract

The objectives of this research were to analyze chemical component and to evaluate the effect of micro wave treatment on the bioethanol production of “balik angin daun kecil” and “balik angin daun sedang” woods. Woods were milled to the size of 40-60 mesh and followed by measuring their chemical component. Glycerol and 0.5% sulphuric acid were added to the woods with the ratio of 10:1 and 20:1, respectively and then irradiated to the micro waves for 2.5-10 min. with power 50 and 70%. The pulp was hydrolyzed with cellulose for 48 H and reducing sugar yield was obtained. The results indicated that hollocellulose and alpha cellulose of “balik angin daun kecil” wood was higher than that of “balik angin daun sedang” wood. Conversely, lignin content of “balik angin daun kecil” wood was lower than that of “balik angin daun sedang” wood. The highest reducing sugar yield of balik angin daun kecil and balik angin daun sedang woods were 21.00% and 22.40%, respectively and they were obtained on irradiated to microwaves for 5 min at 70% power.

Key words: balik angin, bioethanol, chemical component, enzymatic hydrolysis, microwave

Pendahuluan

Kayu sebagai bahan lignoselulosa merupakan komponen organik berlimpah di alam, yang terdiri dari tiga polimer yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. Komponen ini merupakan sumber utama untuk menghasilkan produk bernilai seperti gula dari hasil fermentasi, bahan kimia, bahan bakar cair, sumber karbon dan energi (Anindyawati 2009). Ketersediaannya yang cukup melimpah menjadikan bahan ini berpotensi sebagai salah satu sumber energi melalui proses konversi. Salah satu yang banyak diteliti adalah proses konversi lignoselulosa menjadi bioetanol (Hermiati *et al.* 2010).

Sumber kayu banyak ditanam dalam bentuk hutan tanaman industri (HTI). Jenis dominan yang ditanam adalah jenis pohon cepat tumbuh (*fast growing species*) seperti akasia, eukaliptus, dan sengon. Di lain pihak, jenis pohon cepat tumbuh jumlahnya sangat melimpah dan belum banyak kajian tentang sifat-sifat kayunya, padahal jenis-jenis ini sangat prospektif untuk dijadikan sumber kayu alternatif di masa mendatang. Salah satu pohon cepat tumbuh yang belum banyak kajian tentang sifat-sifat kimia kayunya dan prospeknya sebagai bahan dasar untuk bioetanol adalah balik angin. Pada kegiatan ini akan dikaji sifat kimia dan studi dasar pengaruh penggunaan gelombang mikro sebagai

pretreatment untuk produksi bioetanol dari dua jenis kayu balik angin.

Kunci dari penelitian konversi lignoselulosa menjadi bioetanol ini adalah untuk mengurangi biaya proses sehingga meningkatkan daya saing bioetanol terhadap bahan bakar minyak bumi. Faktor utama yang menjadi penyebab adalah tingginya tingkat kekompleksan dalam memproses bahan ini, sehingga membutuhkan perlakuan pendahuluan untuk mengubah struktur dan komposisi kimia dari lignoselulosa untuk meningkatkan efisiensi hidrolisis karbohidat menjadi gula fermentasi (Riyanti 2009). Teknologi perlakuan pendahuluan telah banyak dikembangkan, salah satunya adalah penggunaan gelombang mikro (Hu & Wen 2008, Zhu *et al.* 2005, Zhu *et al.* 2006a, Zhu *et al.* 2006b, Liu *et al.* 2010). Perlakuan pendahuluan ini mampu meningkatkan kinerja enzim pada proses hidrolisis selulosa.

Bahan dan Metode

Persiapan serbuk kayu balik angin

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu balik angin daun kecil dan daun sedang yang diperoleh dari Hutan Areal Konsesi SBK (Sari Bumi Kusuma), Kalimantan Barat. Kayu kemudian dikuliti dan dipotong-potong menjadi chip dengan ukuran (10x10x1) cm³, lalu dihaluskan dengan menggunakan *ring flaker*, *hammer mill*, dan *disc mill*, hingga diperoleh serbuk dengan ukuran 40-60 mesh.

Analisis kandungan kimia kayu

Pengujian kadar ekstraktif larut alkohol benzena, kadar holoselulosa, kadar alfaselulosa, dan kadar lignin mengacu kepada JWRS (2000).

Perlakuan pendahuluan

Contoh serbuk kayu dimasukkan ke dalam tabung (*vessel*) yang terbuat dari teflon (Gambar 1), kemudian ditambahkan gliserol (perbandingan padatan dan larutan 1:10 w/w) dan katalis asam sulfat 0,5% sehingga diperoleh perbandingan padatan dan larutan 1:20 (w/w). Bahan dalam *vessel* dipaparkan pada iradiasi gelombang mikro (Sharp R-360J) pada tingkat daya 50 dan 70% selama 2,5 sampai 10 menit. Setelah waktu tercapai, bahan dikeluarkan dari dalam oven dan segera didinginkan dengan cara merendamnya dalam air es. Kemudian hidrolisat dipisahkan dari pulp dengan melakukan penyaringan. Pulp basah dicuci dengan 100 ml aseton, lalu dengan 3 x 100 ml air suling. Pulp basah selanjutnya dihitung rendemennya (Liu *et al.* 2010).

Hidrolisis enzimatik

Pulp basah dihidrolisis menggunakan enzim selulase komersial, Meisellase dari *Trichoderma viride* (Meiji Seika Co., Ltd., 224 FPU/g, aktifitas β -glucosidase 264 IU/g). Enzim selulase digunakan sebanyak 8 FPU/g substrat.

Hidrolisis enzimatik menggunakan buffer asam sitrat 0,05 M (pH 4,5) pada 45 °C di *waterbath shaker* (Memmert WNB 14, Germany) selama 48 jam. Kadar gula pereduksi diukur dengan menggunakan metode Somogyi-Nelson (Wrolstad 2001). Rasio sakarifikasi per pulp dihitung berdasarkan NREL LAP (Selig *et al.* 2008).



(a)

(b)

Gambar 1 Contoh serbuk kayu dimasukkan ke dalam tabung (*vessel*) yang terbuat dari teflon (a), kemudian dipaparkan dalam gelombang mikro (b).

Hasil dan Pembahasan

Komponen kimia kayu

Tabel 1 menunjukkan bahwa secara umum kandungan kimia kayu dua jenis balik angin ini memiliki komposisi yang tidak jauh berbeda. Kadar holoselulosa dan alfa selulosa dalam balik angin daun kecil lebih tinggi daripada daun sedang, namun apabila dibandingkan dengan sengon kandungannya lebih rendah. Holoselulosa merupakan suatu fraksi keseluruhan dari selulosa, sebagai contoh selulosa ditambah hemiselulosa. Umumnya alfa selulosa dianggap sebagai selulosa murni, yang merupakan polisakarida dengan monomer glukosa (Biermann 1996). Kandungan selulosa dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya rendemen pulp yang dihasilkan, dimana semakin besar kadar selulosa maka semakin besar pula rendemen pulp yang dihasilkan (Syafii & Siregar 2006). Kadar lignin balik angin daun kecil lebih rendah daripada daun sedang. Struktur molekul lignin sangat berbeda bila dibandingkan polisakarida karena terdiri atas sistem aromatik yang tersusun atas unit-unit fenilpropana yang bersifat sebagai perekat serat dalam kayu (Octavia *et al.* 2011). Degradasi lignin dalam produksi bioetanol sangat berperan

penting karena lignin menghambat proses hidrolisis selulosa. Dalam proses delignifikasi, semakin tinggi kandungan lignin maka akan memerlukan konsentrasi yang lebih tinggi lagi dalam menghancurkan ikatan lignin dalam lignoselulosa.

Tabel 2 menunjukkan bahwa semakin lama waktu pemaparan gelombang mikro akan memperbesar kandungan gula pereduksi pada produk hidrolisis enzimatik, baik dengan *power* 50% maupun 70%. Rendemen gula pereduksi per kayu tertinggi untuk balik angin daun kecil (21,00%) diperoleh pada pemaparan selama 5 menit dengan *power* 70% sedangkan untuk balik angin daun sedang (22,40%) diperoleh pada pemaparan selama 5 menit dengan *power* 70%. Penggunaan gelombang mikro dengan *power* yang lebih tinggi dan waktu yang relatif singkat mampu menghasilkan rendemen gula yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan *power* yang lebih rendah dengan waktu yang lebih lama. Hal ini memberikan keunggulan penggunaan gelombang mikro dalam perlakuan pendahuluan bahan lignoselulosa, dimana waktu yang digunakan relatif singkat.

Tabel 1 Komponen kimia kayu balik angin daun kecil dan daun sedang

Parameter	Kayu Balik Angin	
	Daun Kecil	Daun Sedang
Holoseulosa (%)	72,61	71,63
Alfa selulosa (%)	40,32	38,42
Lignin (%)	27,97	30,23
Ekstraktif (%)	2,00	2,03
Kadar Air (%)	8,15	8,61

Tabel 2 Efek waktu dan *power* pada penggunaan gelombang mikro terhadap proses hidrolisis enzimatik dua jenis kayu balik angin

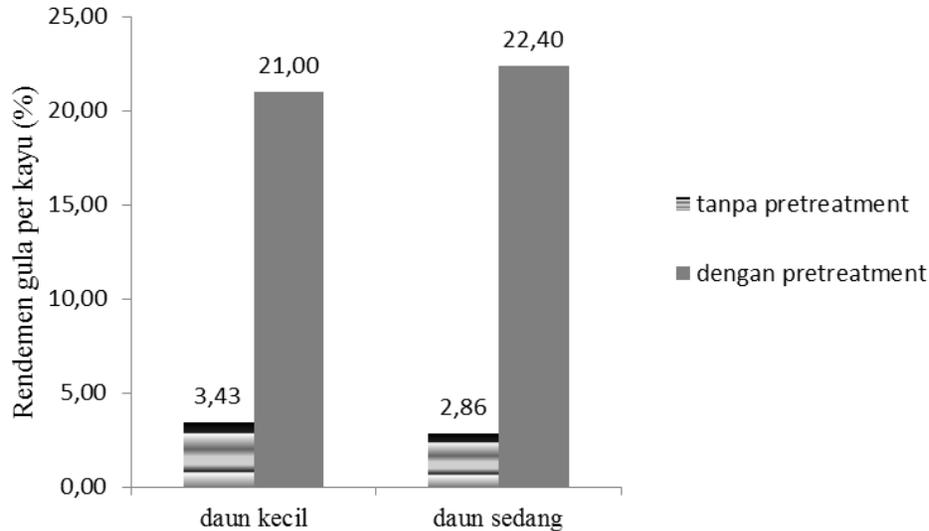
Balik angin	Waktu (menit)	50%			70%		
		Kehilangan berat (%)	Rendemen gula per pulp ^a (%)	Rendemen gula per kayu ^b (%)	Kehilangan berat (%)	Rendemen gula per pulp ^a (%)	Rendemen gula per kayu ^b (%)
daun kecil	2,5	2,39	4,94	4,82	5,84	5,93	5,58
	5	8,93	5,72	5,21	31,63	30,72	21,00
	7,5	27,97	21,55	15,52	49,79	41,39	20,78
	10	35,77	29,10	18,69			
daun sedang	2,5	1,82	3,54	3,47	4,79	3,45	3,28
	5	4,29	7,15	6,84	27,99	31,10	22,40
	7,5	23,61	20,74	15,84	49,60	32,58	16,42
	10	43,51	36,95	20,87			

^aNilai yang dinyatakan sebagai rendemen gula pereduksi setelah hidrolisis enzimatik berdasarkan berat pulp

^bNilai yang dinyatakan sebagai rendemen gula pereduksi setelah hidrolisis enzimatik berdasarkan berat kayu awal

Pada penggunaan gelombang mikro menimbulkan panas karena adanya rotasi molekul dalam bahan yang bersifat polar seperti selulosa, air, gliserol, dan asam sulfat yang memiliki sifat dielektrik yang tinggi, sehingga molekul-molekul tersebut bergerak, saling bertumbukan dan bergesekan, sehingga menghasilkan panas. Hal ini dapat menurunkan ikatan yang terdapat dalam kompleks lignin-hemiselulosa-selulosa dalam kayu. Semakin lama waktu pemaparan dan semakin tinggi *power* yang digunakan

maka rendemen pulpanya akan semakin rendah. Hal ini disebabkan karena terdegradasinya hemiselulosa dan lignin menjadi unit-unit penyusunnya. Pemaparan gelombang mikro menyebabkan meningkatnya porositas serat, sehingga kinerja enzim lebih optimal walaupun dengan konsentrasi enzim yang digunakan rendah.



Gambar 2 Perbandingan rendemen gula pereduksi antara kayu balik angin daun kecil dan daun sedang dengan atau tanpa *pretreatment*.

Pemaparan gelombang mikro menyebabkan meningkatnya porositas serat, sehingga kinerja enzim pada proses hidrolisis berjalan lebih optimal walaupun dengan konsentrasi enzim yang digunakan rendah. Hal ini bisa dilihat pada rendemen gula pereduksi per kayu yang rendah untuk balai angin tanpa perlakuan pendahuluan (Gambar 2). Faktor-faktor yang mempengaruhi kemampuan enzim menghidrolisis bahan lignoselulosa diantaranya kandungan lignin dan hemiselulosa dan tingkat kekristalan selulosa. Oleh karena itu perlakuan pendahuluan diperlukan untuk menghilangkan lignin dan hemiselulosa, menurunkan tingkat kekristalan selulosa sehingga meningkatkan fraksi amorf selulosa, dan meningkatkan porositas material (Octavia *et al.* 2011).

Kesimpulan

Hasil analisis komponen kimia pada dua jenis kayu balik angin menunjukkan bahwa balik angin daun kecil memiliki kadar holoselulosa dan alfa selulosa lebih tinggi daripada daun sedang, sedangkan kadar lignin untuk balik angin daun kecil

lebih rendah daripada daun sedang. Hasil analisa untuk mendapatkan kondisi optimum penggunaan gelombang mikro sebagai perlakuan pendahuluan untuk produksi bioetanol dari dua jenis kayu balik angin diperoleh bahwa untuk balik angin daun kecil rendemen gula pereduksi per kayu tertinggi (21,00%) diperoleh pada pemaparan selama 5 menit dengan *power* 70%, sedangkan untuk balik angin daun sedang (22,40%) diperoleh pada pemaparan selama 5 menit dengan *power* 70%.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Prof. Takashi Watanabe atas kesempatannya untuk menulis makalah ini dan juga atas tersedianya sampel kayu balik angin.

Daftar Pustaka

Anindyawati T. 2009. Potensi selulase dalam mendegradasi lignoselulosa limbah pertanian untuk pupuk organik. *Berita Selulosa* 45(2): 70-77.

- Biermann, CJ. 1996. *Hand Book of Pulping and Paper Making*. Second Edition. California: Academic Press.
- Hermiati E, Mangunwidjaja D, Sunarti TC, Suparno O, Prasetya B. 2010. Pemanfaatan biomassa lignoselulosa ampas tebu untuk produksi bioetanol. *J Litbang Pertanian* 29(4) :121-130.
- Hu Z, & Wen Z. 2008. Enhancing enzymatic digestibility of switchgrass by microwave-assisted alkali pretreatment. *Biochem Eng J*. 38: 369-378.
- Liu J, Takada R, Karita S, Watanabe T, Honda Y, Watanabe T. 2010. Microwave-assisted pretreatment of recalcitrant softwood in aqueous glycerol. *Biores Tech*. 101:9355–9360.
- [JWRS] Japan Wood Research Society. *Mokushitsu Kagaku Jiken Manual*. 2000. Tokyo: Japan Wood Research Society Pub.
- Octavia S, Soerawidjaja TH, Purwadi R, Putrawan IDGA. 2011. Pengolahan awal lignoselulosa menggunakan amoniak untuk meningkatkan perolehan gula fermentasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*. Pp.B13-1 – B13-6.
- Riyanti EI. 2009. Biomassa sebagai bahan baku bioetanol. *J Litbang Pertanian* 28(3):101-110.
- Selig M, Weiss N, Ji Y. 2008. *Laboratory Analytical Procedure: Enzymatic Saccharification of Lignocellulosic Biomass*. Beijing: National Renewable Energy Laboratory.
- Syafii W, Siregar IZ. 2006. Sifat kimia dan dimensi serat kayu mangium (*Acacia mangium* Willd.) dari tiga provenans. *J Trop Wood Sci Technol*. 4(1):28-32.
- Zhu S, Wu Y, Yu Z, Liao J, Zhang Y. 2005. Pretreatment by microwave/alkali of rice straw and its enzymic hydrolysis. *Process Biochem*. 40:3082-3086.
- Zhu S, Wu Y, Yu Z, Zhang X, Li H, Gao M. 2006a. The effect of microwave irradiation on enzymatic hydrolysis of rice straw. *Biores. Tech*. 97:1964-1968.
- Zhu S, Wu Y, Yu Z, Zhang X, Wang C, Yu F, Jin S. 2006b. Production of etanol from microwave-assisted alkali pretreated wheat straw. *Process Biochem*. 41:869-873.
- Wrolstad, RE. 2001. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. New York: John Wiley & Sons Inc. Pp. E1.1.1-E1.1.8.
- Riwayat naskah (*article history*)
- Naskah masuk (*received*): 6 Juli 2011
Diterima (*accepted*): 19 Oktober 2011