

PROSES PRODUKSI BIOETANOL DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DENGAN *HOT-COMPRESSED-WATER*

Suyanto^{*)}

Balai Pengkajian Bioteknologi, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
Kawasan Puspiptek Gedung 630, Serpong, Tangerang, 15314, Telp/Fax: (021)7563120

Abstrak

Biomasa lignoselulosa seperti tandan kosong kelapa sawit yang merupakan limbah padat dari pabrik minyak kelapa sawit adalah sangat melimpah dan berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku dalam memproduksi bioetanol. Penggunaan asam pada pengolahan awal dalam proses produksi bioetanol dari bahan baku lignoselulosa mempunyai banyak kekurangan, sehingga dilakukan kajian proses pengolahan awal dengan hot-compressed-water untuk menurunkan efek negatif pada proses, lingkungan dan peralatan. Telah dilakukan proses pengolahan awal dari tandan kosong kelapa sawit dengan menggunakan berbagai temperatur pada hot-compressed-water. Pada temperatur 220°C dalam waktu 30 menit dan sakarifikasi menggunakan accremonium cellulase & optimash BG serta fermentasi dengan Saccharomyces cerevisiae IR-2 didapatkan 0,12 ml/g bioethanol.

Kata kunci: bioetanol; hot-compressed-water; tandan kosong kelapa sawit.

Pendahuluan

Pada akhir-akhir ini sumber energi dari biomasa lignoselulosa mendapat perhatian khusus sebagai sumber alternatif bahan baku pembuatan bioetanol yang merupakan generasi kedua, dimana sebelumnya adalah bahan baku yang bersumber dari pati-patian, jagung dan tebu. Disisi lain Indonesia mempunyai sumber biomasa lignoselulosa yang melimpah dan belum termanfaatkan secara optimal yaitu tandan kosong kelapa sawit yang merupakan limbah padat dari proses pengolahan minyak kelapa sawit. Pada saat ini pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit antara lain digunakan sebagai kompos (Thambirajah, J.J. et. al. 1995) dan pembuatan pulp (Rodriguez, A. et. al., 2008). Namun demikian tandan kosong kelapa sawit masih sangat melimpah karena Indonesia merupakan produsen minyak kelapa sawit terbesar di dunia, sehingga biomasa ini sangat potensial sebagai bahan baku produksi bioetanol untuk digunakan sumber energi alternatif dilihat dari jumlah tandan kosong kelapa sawit dan potensi kandungan gula dalam bentuk selulosa dan hemiselulosa yang dapat dikonversi menjadi bioetanol melalui proses fermentasi.

Studi tentang pengkonversian biomasa lignoselulosa untuk menjadi gula yang siap digunakan untuk fermentasi dalam produksi bioetanol sebagai energi alternatif dapat dikelompokkan menjadi tiga proses, yaitu proses pengolahan awal biomasa lignocellulosa, proses sakarifikasi dengan enzim dan proses fermentasi (Moisier, N., et. al., 2005). Biaya produksi bioetanol dari biomasa lignoselulosa dengan menggunakan sakarifikasi menggunakan enzim masih terlalu mahal jika dibandingkan dengan teknologi yang sudah ada (Sun, Y. dan Cheng, J., 2002). Pemilihan proses pengolahan awal dari biomasa lignoselulosa merupakan faktor utama untuk menekan biaya sakarifikasi dengan enzim (Wyman, C.E., et. al., 2005).

Tujuan dari proses pengolahan awal adalah untuk menghilangkan hambatan dalam proses hidrolisis yang timbul pada proses kimia seperti asam, basa atau pelarut organik, walaupun didalam segi biaya produksi lebih murah tetapi bahan-bahan kimia tersebut dapat menimbulkan korosi pada reaktor dan membutuhkan tenaga serta biaya dalam menetralsir untuk mengurangi dampak limbah yang dihasilkan (Lynd, L.R. et.al. (1996); Palmqvist, E. dan Han-Hagerdal, B., 2000).

Hot-compressed-water adalah salah satu proses pengolahan awal yang efektif sebelum dilakukan sakarifikasi dengan enzim pada kayu keras dan limbah agroindustri (Moisier, N., et. al. 2005; Yang, B. dan Wyman, C.E., 2004; Laser, M., 2002). Namun demikian masing-masing biomasa mempunyai karakteristik berbeda antara lain kandungan lignin, hemiselulosa dan selulosa serta kandungan ekstraktif lainnya.

Dalam makalah ini, dilaporkan pengaruh dari perlakuan *hot-compressed-water* pada tandan kosong kelapa sawit dalam sakarifikasi enzim dan fermentasi gula yang dihasilkan menjadi bioetanol. Optimasi dari temperatur *hot-compressed-water* digunakan sebagai acuan untuk mengefektifkan penggunaan enzim dalam mengkonversi selulosa dan hemiselulosa menjadi glukosa dan xylosa.

^{*)} Penulis dimana surat-menyurat dialamatkan. E-mail: yanto2000@hotmail.com

Bahan dan Metode Penelitian

Bahan baku:

Tandan kosong kelapa sawit di potong dengan menggunakan *cutter mill* hingga lolos saringan 4 mm.

Hot-Compressed-Water:

Bahan baku tandan kosong kelapa sawit (2 g) dan air (20 ml) di masukkan kedalam tabung 30 ml stainless steel yang didalamnya terdapat bola stainless steel untuk menghomogenkan campuran tersebut. Oksigen yang terdapat dalam tabung dihilangkan dengan menggunakan gas nitrogen yang dialirkan kedalam tabung tersebut. Tabung tersebut di panaskan dalam *oil-bath* sampai mencapai target temperatur pada 160, 180, 200, 220, 240 °C dan dipertahankan selama 30 menit. Reaksi temperatur dalam tabung dimonitor dengan menggunakan sebuah termokopel. Pada akhir reaksi tersebut tabung didinginkan pada temperatur ruang. Fraksi padat dipisahkan menggunakan filtrasi dan dicuci dengan air kemudian di lyophilisasi.

Sakarifikasi:

Sakarifikasi menggunakan *enzyme cocktail* yaitu 40 FPU Acremonium cellulase (Meiji Seika Co., Japan) dan 0,02 ml Optimash BG (Genencor International, USA) pada setiap gram berat kering bahan. 0.01 g tandan kosong kelapa sawit direaksikan dengan campuran 1 ml *enzyme cocktail* dan 50mM bufer asetat pH 5.0 dan diinkubasi pada 45 °C selama 72 jam. Hidrolisat di sentrifugasi dan supernatan dianalisa dengan menggunakan HPLC.

Fermentasi:

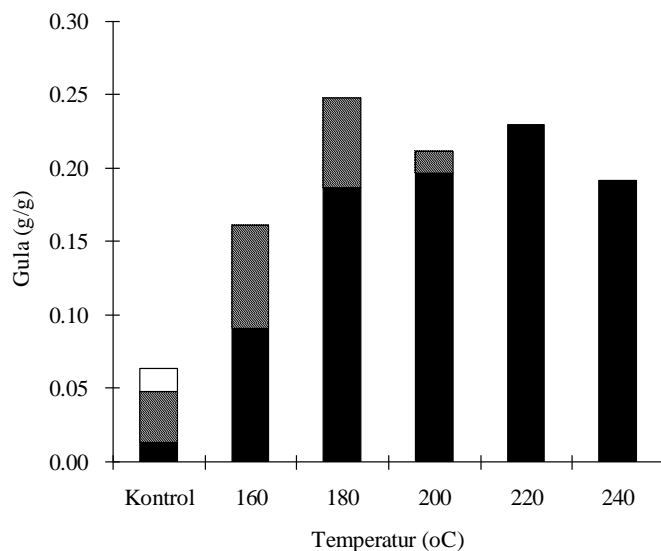
Hasil dari sakarifikasi langsung ditambahkan kultur *Saccharomyces cerevisiae* IR-2 sebanyak 10% dari total media dan difermentasi pada 30 °C selama 30 jam. Gula dan bioetanol dianalisa dengan menggunakan HPLC.

HPLC analisis:

Kandungan gula dan bioethanol dianalisa menggunakan peralatan HPLC dengan menggunakan *refractive index detector* (RI-2031Plus, JASCO, Japan) dan Aminex HPX-87P column (7.8 mm I.D. x 30 cm, BioRad, USA) dengan Carbo-P *micro-guard cartridge*. Fase gerak menggunakan air demin dan aliran 1 ml/menit pada 80°C.

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh dari *hot-compressed-water* terhadap kandungan gula dari tandan kosong kelapa sawit dilakukan pada lima tingkatan temperatur antara 160 samapai 240°C dan dipertahankan selama 30 menit. Kandungan gula pada fraksi padat dari perlakuan *hot-compressed-water* dengan sakarifikasi menggunakan enzim dtunjukkan pada Gambar 1.



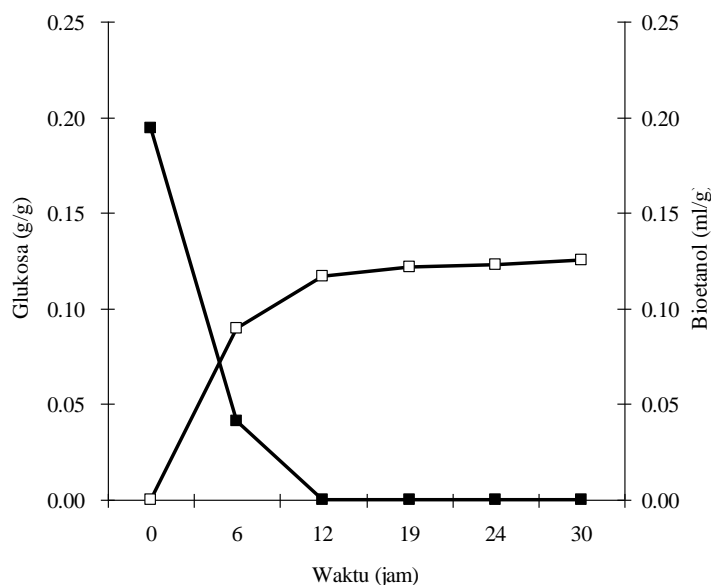
Gambar 1. Kandungan gula dalam tandan kosong kelapa sawit hasil sakarifikasi pada berbagai temperatur di hot-compressed-water (■) glukosa, (▨) xylosa, (□) arabinosa.

Pada Gambar 1. perlakuan awal pada temperatur 160°C kandungan arabinosa yang ada pada dengan kontrol yang tanpa perlakuan awal dengan *hot-compressed-water* sudah tidak ada. Kandungan arabinosa tersebut terlarut

pada fraksi cair dengan proses *hot-compressed-water*. Demikian pula terjadi pada xylosa, dengan bertambahnya temperatur pada perlakuan *hot-compressed-water* dimana hemiselulosa juga terlarut pada fraksi cair. Hal ini ditunjukkan kandungan xylosa dalam fraksi padat makin turun dengan pertambahan temperatur dan pada perlakuan temperatur 220°C sudah tidak ada hemiselulosa yang terkandung di fraksi padat tandan kosong kelapa sawit.

Sedangkan kandungan glukosa makin meningkat dengan pertambahan temperatur. Pada sakarifikasi *enzyme cocktail* maksimum dapat menghidrolisis sampai pada temperatur 220°C (Gambar 1). Kandungan glukosa pada perlakuan temperatur 240°C lebih rendah di 220°C, hal ini menunjukkan kandungan selulosa di tandan kosong kelapa sawit ikut terlarut dalam fraksi cair. Hasil ini ada kesesuaian dengan yang dianalisa oleh Ando et. al. 2000.

Perlakuan *hot-compressed-water* pada temperatur 180°C memberikan hasil glukosa dan xylosa yang maksimal apabila menggunakan *enzyme cocktail* (Acremonium cellulase dan Optimash BG). Sedangkan pada temperatur 220°C memberikan hasil glukosa yang maksimal dengan hanya menggunakan Acremonium cellulase (data tidak ditunjukkan). Sehingga disarankan hanya menggunakan satu enzim yaitu Acremonium cellulase, apabila hasil yang diinginkan hanya glukosa dengan perlakuan temperatur 220°C pada *hot-compressed-water*. Hal ini untuk mengurangi biaya enzim dan glukosa tersebut dapat dikonversi menjadi bioetanol dengan menggunakan *yeast* biasa (tanpa rekombinan).



Gambar 2. Fermentasi bioetanol dari tandan kosong kelapa sawit dengan *hot-compressed-water* pada temperatur 220°C. (■) glukosa, (□) bioetanol.

Dari hasil sakarifikasi dengan menggunakan perlakuan awal *hot-compressed-water* pada temperatur 220°C dilakukan fermentasi dengan menggunakan perlakuan awal *hot-compressed-water* pada temperatur 220°C dilakukan fermentasi dengan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* IR-2 ditunjukkan pada Gambar 2. Konversi dari glukosa menjadi bioethanol dengan menggunakan perlakuan awal *hot-compressed-water* sampai pada temperatur 220 °C adalah 100% (data tidak ditunjukkan), hal ini menunjukkan bahwa tidak ada senyawa penghambat seperti furfural (Palmqvist, E. dan Han-Hagerdal, B., 2000 ; Michael, J.A.Jr. et. Al. 1991) dalam konversi dari glukosa menjadi bioetanol.

Kesimpulan

Hasil produksi bioetanol dari tandan kosong kelapa sawit dengan menggunakan perlakuan awal *hot-compressed-water* pada temperatur 220°C adalah 0,12 ml bioetanol per gram tandan kosong kelapa sawit dan tidak ditemukan senyawa yang menghambat pada pembentukan bioetanol dan ramah lingkungan karena hasil samping dari proses produksi ini tidak memerlukan perlakuan khusus, sehingga tandan kosong kelapa sawit merupakan bahan baku yang potensial untuk produksi bioetanol.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada New Energy Foundation dalam mendukung pembiayaan riset ini serta Dr. Kinya Sakanishi, Dr. Hiroyuki Inoue dan Dr. Kotetstu Mastunaga dalam diskusi dan saran dalam percobaan.

Daftar Pustaka

- Ando, H., Sakaki, T., Kokusho, T., Shibata, M., Uemura, Y. dan Hatate, Y., (2000), "Decomposition behavior of plant biomass in hot-compressed water", *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 39, hal. 3688-3693.
- Lynd, L.R., Elander, R.T. dan Wyman, C.E., (1996), "Likeky features and costs of mature biomass ethanol technology", *Applied Biochemical and Biotechnology*, 57/58, hal. 794-803.
- Laser, M., Schulman, D., Allen, S.G., Lichwa, J., Antal Jr., M.J. dan Lynd, L.R., (2002), "A comparison of liquid hot water and steam pretreatments of sugar cane bagasse for bioconversion to ethanol", *Bioresource Technology*, 81, hal. 33 -44.
- Moiser, N., Wyman, C.E., Dale, B., Elander, R., Lee, Y.Y., Holtzapple, M. dan Ladisch, M., (2005),. "Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass", *Bioresource Technology*, 96, hal. 673-686.
- Palmqvist, E. dan Han-Hagerdal, B., (2000), "Fermentation of lignocellulosic hydrolysates. II: inhibitors and mechanisms of inhibition", *Bioresource Technology*, 74, hal. 25-33.
- Rodriguez, A., Serrano, L., Moral, A., Perez, A. dan Jimenez, (2008), "Use of high-boiling point organic solvents for pulping oil palm empty fruit bunches", *Bioresource Technology*, 99, hal. 1743-1749.
- Michael, J.A.Jr., Tongchit, L., dan William, S.M., (1991), "Mechanism of formation of 2-furaldehyde from D-xylose", *Carbohydrate Research*. 217, hal. 71-85.
- Sun, Y. dan Cheng, J., (2002), "Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production", *Bioresource Technology*, 83, hal. 1-11.
- Thambirajah, J.J., Zulkifli, M.D. dan Hashim, M.A., (1995), "Microbiological and biochemical changes during the composting of oil palm empty fruit bunches; effect of nitrogen supplementation on the substrate", *Bioresource Technology*, 52, hal. 133-144.
- Wyman, C.E., Dale, B.E., Elander, Rt., Holtzapple, M., Ladisch, M.R. dan Lee, Y.Y., (2005), "Coordinated development of leading biomass pretreatment technologies", *Bioresource Technology*, 96, hal.1959-1966.
- Yang, B. dan Wyman, C.E., (2004), "Effect of xylan and lignin removal by batch and flowthrough pretreatment on the enzymatic digestibility of corn stover cellulose", *Biotechnology and Bioengineering*, 86, hal. 88-95.