

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang dan Masalah

Kebutuhan energi semakin lama semakin meningkat. Peningkatan kebutuhan energi ini disebabkan oleh pertambahan penduduk yang sangat pesat dengan peningkatan kesejahteraan umat manusia khususnya di negara berkembang (Karakashev *et al.*, 2007). Saat ini 98% kebutuhan bahan bakar untuk transportasi dipenuhi oleh bahan bakar minyak (BBM) (Gomez *et al.*, 2008). Kebutuhan BBM Indonesia pada tahun 2004 adalah 64.700.000 kilo liter (kL) (Hayun, 2008). Menurut Hayun (2008) perkiraan kebutuhan BBM pada tahun 2010 menjadi 97.100.000 kL, sedangkan pada tahun 2015 kebutuhan BBM menjadi 136.200.000.

Cadangan minyak bumi yang dimiliki oleh Indonesia terus menyusut. Pada tahun 1977 yaitu sebesar 1.700.000 barel per hari terus menurun menjadi 1.125.000 barel per hari tahun 2004 (Anonim, 2009^a). Penurunan produksi ini disebabkan oleh sumur-sumur yang ada sudah tua, teknologi yang digunakan sudah ketinggalan dan iklim investasi disektor pertambangan minyak kurang kondusif sehingga tidak banyak perusahaan asing maupun nasional yang melakukan investasi di sektor perminyakan (Dartanto, 2005). Selain persediaannya terbatas (tidak terbarukan), penggunaan BBM mempunyai kelemahan, salah satunya yaitu berdampak negatif terhadap lingkungan yang dikenal dengan efek rumah kaca (Brown *et al.*, 1998).

Untuk mengatasi kelemahan BBM tersebut, penggunaan bioetanol sebagai pengganti BBM telah mulai diterapkan di beberapa negara khususnya Amerika Serikat (USA) dan Brasil yang merupakan negara penghasil bioetanol terbesar di dunia (Antoni *et al.*, 2007). Saat ini, USA menggunakan biji jagung dan Brasil menggunakan gula tebu atau molasses

sebagai bahan baku bioetanol. Hal ini mengakibatkan harga gula dan jagung naik karena gula dan jagung juga digunakan sebagai bahan pangan dan pakan, sehingga akan menjadi konflik antar pangan dan energi. Untuk menghindari konflik antar pangan dan energi diperlukan bahan baku bioetanol berupa limbah agroindustri yang mengandung lignoselulosa seperti tandan kosong kelapa sawit (TKKS), ampas tebu, dan jerami padi yang persediannya berlimpah dan harganya murah (Tabel 1) (Sutikno *et al.*, 2010). Selain itu, penggunaan biomasa limbah agroindustri juga berarti mengurangi biaya proses pengolahan biomasa limbah sebelum dibuang ke lingkungan dan mengurangi masalah pencemaran lingkungan (Gomez *et al.*, 2008).

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) adalah salah satu produk samping pabrik kelapa sawit yang jumlahnya sangat melimpah. Dalam satu hari pengolahan bisa dihasilkan ratusan ton TKKS. Diperkirakan saat ini limbah TKKS di Indonesia mencapai 20.000.000 ton. TKKS tersebut memiliki potensi untuk diolah menjadi berbagai macam produk. Beberapa potensi pemanfaatan TKKS antara lain untuk kompos, pulp, bioetanol dan serat (Anonim, 2009^b).

Tabel 1. Potensi bioetanol yang dapat diproduksi dari berbagai jenis biomasa limbah agroindustri di Indonesia

No	Biomasa limbah Agroindustri	Jumlah (ton/th)	Potensi Etanol yang dihasilkan (kL) *	Pustaka
1	Tanda kosong kelapa sawit (data 2006)	20,750,000	4,461,250*	Isroi, 2008
2	Jerami padi (data 2006)	285,800,000 ^{a)}	45,753,728 ^{b)*\$}	^{a)} Media, 2008 ^{b)} Badger, 2007
3	Ampas tebu (data 2002)	39,539,944 ^{c)}	7,872,359 ^{d)*}	^{c)} Anonim, 2005 ^{d)} Badger, 2007

*) Dihitung berdasarkan formula dari Badger, 2007.

\$) Cukup untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar premium per tahun yang hanya 16.418.000 kL pada tahun 2004 (Wahid, 2008)

TKKS mengandung lignoselulosa yang tinggi sebagai bahan baku pembuatan etanol. Kandungan selulosanya yaitu 42,24 %, hemiselulosa 22,39 % dan lignin sebesar 28,24% (Wibowo, 1994). Selulosa merupakan polimer glukosa dengan ikatan β -1,4 glukosida dalam

rantai lurus yang panjangnya bisa mencapai 25.000 residu glukosa (Desvaux, 2005). Ikatan β -1,4 glukosida pada serat selulosa bisa dipecah menjadi monomer glukosa dengan cara hidrolisis asam atau enzimatis. Hemiselulosa mengikat lembaran serat selulosa membentuk mikrofibril yang meningkatkan stabilitas di dinding sel. Hemiselulosa juga berikatan silang dengan lignin membentuk jaringan kompleks dan memberikan struktur yang kuat. Hemiselulosa relatif mudah dihidrolisis dengan enzim dan menghasilkan monomer yang mengandung glukosa, mannose, galaktosa, xilosa dan arabinosa (Lynd *et al.*, 2002).

TKKS perlu diberi perlakuan awal. Lignin, selulosa dan hemiselulosa dalam jaringan tanaman berikatan dengan lignin yang sulit dihidrolisis karena strukturnya kompleks dan heterogen. NaOH 1 M mampu mendegradasi jaringan lignin yang ada dalam ampas tebu hingga 99% pada suhu 121°C selama 15 menit atau selama 48 jam pada suhu ruang (Sutikno *et al.*, 2010).

Selulosa dan hemiselulosa (holoselulosa) TKKS harus dihidrolisis menjadi gula reduksi sebelum dikonversi menjadi bioetanol. Salah satu teknik hidrolisis holoselulosa yang ramah lingkungan dan dapat digunakan berulang adalah dengan menggunakan teknik hidrolisis enzim. Enzim yang mampu menghidrolisis ikatan selulosa dan hemiselulosa adalah enzim selulase (Celluclast 1.5 L). Enzim selulase merupakan campuran enzim selulase, xylanase dan cellobiase sehingga dapat menghidrolisis selulosa dan hemiselulosa secara maksimal. Kondisi hidrolisis enzim yang efektif dan efisien belum diketahui. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk menemukan kondisi hidrolisis enzim yang efektif dan efisien.

B. Tujuan Penelitian

Menemukan konsentrasi dan lama inkubasi enzim selulase yang tepat untuk menghasilkan gula reduksi yang optimal.

C. Kerangka Pemikiran

TKKS merupakan salah satu limbah pertanian yang dapat digunakan sebagai bahan baku bioetanol. Karena TKKS mengandung komponen lignoselulosa maka tidak dapat langsung difermentasi menjadi bioetanol. Oleh karena itu, lignoselulosa harus dikonversi menjadi gula reduksi terlebih dahulu sebelum difermentasi menjadi bioetanol yaitu dengan teknik perlakuan awal menggunakan proses kimia dan enzimatis.

Lignoselulosa adalah karbohidrat kompleks yang terdiri dari hemiselulosa, selulosa dan lignin. Untuk mengkonversi lignoselulosa menjadi gula reduksi, sebelumnya diperlukan proses degradasi secara kimia yaitu menggunakan natrium hidroksida (NaOH) untuk memecah lignin yang merupakan lapisan yang menyelimuti hemiselulosa dan selulosa. Kemudian selulosa dan hemiselulosa akan dihidrolisis menjadi gula reduksi dengan bantuan enzim selulase.

Selulase adalah enzim yang dapat menghidrolisis ikatan β (1-4) pada selulosa. Hidrolisis enzimatis yang sempurna memerlukan aksi sinergis dari tiga tipe enzim. Adapun tiga tipe enzim selulase tersebut adalah endoglucanase atau 1,4- β -D-glucan-4-glucanohydrolase, exoglucanase (cellodextrinase dan 1,4- β -D-glucanocellobiohydrolase) dan β -glucosidase (β -glucosideglucohydrolase) (Lynd *et al.*, 2002 dalam Qin 2010). Endoglucanase memotong rantai amorf pada gugus selulosa, exoglucanase memutus gugus reduksi ataupun nonreduksi rantai selulosa dan menghasilkan glukosa atau selobiosa (disakarida glukosa) sebagai produk utama. Exoglucanase juga diasumsikan dapat mengelupas struktur selulosa sedangkan β -glucosidase dapat memecahkan selodextrin dan selobiosa menjadi gula reduksi (Lynd *et al.*, 2002 dalam Qin, 2010).

Aktivitas hidrolisis selulase dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain konsentrasi enzim, konsentrasi substrat, suhu, tingkat keasaman dan inhibitor. Tiap enzim memerlukan

suhu dan pH (tingkat keasaman) optimum yang berbeda-beda karena enzim adalah protein, yang dapat mengalami perubahan bentuk jika suhu dan keasaman berubah. Di luar suhu atau pH yang sesuai, enzim tidak dapat bekerja secara optimal atau strukturnya akan mengalami kerusakan. Hal ini akan menyebabkan enzim kehilangan fungsinya. Kondisi optimal untuk aktivitas enzim selulase adalah pH (tingkat keasaman) 4,8 dan suhu 50°C (Samsuri *et al.*, 2009).

Pada hasil penelitian Samsuri *et al.*, (2009), menunjukkan bahwa gula reduksi tertinggi dihasilkan pada konsentrasi enzim selulase 10 FPU (*Filter Paper Unit*) dengan lama inkubasi 72 jam pada suhu 45-50°C dan pH 4,8 dengan perlakuan awal hanya dengan *size-reducing* dan tanpa temperatur tinggi yaitu sebanyak 12,76 g/L. Oleh karena itu pada penelitian ini TKKS diberi perlakuan awal terlebih dahulu dengan *size-reducing* dan temperatur tinggi (121 °C selama 15 menit) dan penambahan NaOH 1 M (Sutikno *et al.*, 2010) sehingga komponen lignin dapat terlepas dari selulosa dan hemiselulosa dapat langsung dihidrolisis oleh enzim selulase untuk menghasilkan gula reduksi yang optimal.

Penentuan konsentrasi enzim selulase dan lama inkubasi mengacu pada penelitian yang telah dilakukan Samsuri *et al.*, (2009). Konsentrasi enzim selulase yang digunakan pada penelitian ini adalah 0, 5, 10 dan 15 FPU dengan lama inkubasi 0, 6, 12, 18 dan 24 jam yang bertujuan mengubah kandungan selulosa dan hemiselulosa, menghidrolisis struktur kristal dari selulosa TKKS sehingga dihasilkan gula reduksi yang optimal.

D. Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah konsentrasi dan lama inkubasi enzim selulase berpengaruh terhadap kadar gula reduksi.