

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang dan Masalah

Konsumsi bahan bakar minyak (BBM) di Indonesia semakin meningkat, pada tahun 2009 konsumsi BBM bersubsidi Indonesia sudah mencapai 21.218.383 kL (Anonim, 2010). Kebutuhan BBM pada tahun 2010 menjadi 97.100.000 kL dan yang harus diimpor sebesar 52.600.000 kL, sedangkan pada tahun 2015 kebutuhan BBM diperkirakan menjadi 136.200.000 kL dan impornya menjadi 89.700.000 kL. Dari data tersebut dapat diprediksikan bila Indonesia tetap bergantung pada BBM, maka beberapa tahun mendatang Indonesia harus mengimpor sebagian besar bahan bakar untuk memenuhi kebutuhan BBM nasional.

Pemerintah melakukan beberapa upaya untuk mengurangi impor BBM. Pemerintah mengeluarkan kebijakan yang dituangkan pada Inpres Nomor 1 tahun 2006, Inpres Nomor 2 tahun 2006, dan Perpres Nomor 5 tahun 2006 (Hayun, 2008). Inpres dan Perpres tersebut menitikberatkan pada pengembangan dan penggunaan bahan bakar alternatif. Salah satu bahan bakar alternatif adalah bioetanol yang dapat diproduksi dari bahan nabati sehingga dapat diperbarui (*renewable*).

Bioetanol dapat dibuat dengan memanfaatkan kandungan selulosa dan hemiselulosa dari beberapa sumber nabati (Badger, 2002; Gomez *et al.*, 2008).

Salah satu sumber nabati yang kurang dimanfaatkan dan masih memiliki selulosa dan hemiselulosa adalah biomasa agroindustri seperti: ampas tebu, tandan kosong kelapa sawit dan jerami padi (Badger, 2002).

Ampas tebu jumlahnya berlimpah di Indonesia. Ampas tebu merupakan limbah padat dari pengolahan industri gula tebu yang volumenya mencapai 30-34% dari tebu giling. Pada tahun 2008 luas tanaman tebu di Indonesia 436.500 ha (Ditjenbun, 2008-2009) dan diperkirakan setiap hektare tanaman tebu mampu menghasilkan 100 ton ampas tebu (Anonim, 2005). Maka potensi ampas tebu nasional yang tersedia dari total luas tanam tebu mencapai 43.650.000 ton pada tahun 2008. Berdasarkan formula yang ditemukan oleh Badger (2002) jumlah bioetanol yang dapat dihasilkan dari ampas tebu tersebut adalah 9.480.328,4 kL. Jumlah bioetanol yang dihasilkan dari ampas tebu tersebut dapat membantu memenuhi 6,96 % kebutuhan BBM nasional pada tahun 2015 mendatang karena diperkirakan cadangan minyak bumi pada tahun 2015 akan sangat menipis.

Ampas tebu mengandung selulosa dan hemiselulosa yang tinggi sebagai bahan baku pembuatan etanol, yaitu berturut-turut 51,12% dan 20,82 % (Sutikno *et al.*, 2010). 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, mannanosa, galaktosa, silosa, dan arabinosa (Lynd *et al.*, 2002).

Selulosa dan hemiselulosa dalam jaringan tanaman berikatan dengan lignin yang sulit dihidrolisis karena strukturnya kompleks dan heterogen (Perez *et al.*, 2002). Perlakuan awal secara basa untuk memisahkan lignin dari selulosa dan hemiselulosa limbah agroindustri telah ditemukan, yaitu lebih dari 99% lignin ampas tebu dapat didegradasi setelah perendaman dalam larutan NaOH 1 M atau lebih pada suhu ruang selama 48 jam atau pada suhu 121°C selama 15 menit atau lebih (Sutikno *et al.*, 2010).

Selulosa dan hemiselulosa ampas tebu harus dihidrolisis menjadi gula sebelum dikonversi menjadi bioetanol. Salah satu teknik hidrolisis selulosa dan hemiselulosa yang ramah lingkungan dan dapat digunakan berulang adalah dengan menggunakan teknik hidrolisis enzim. Enzim yang mampu menghidrolisis ikatan selulosa dan hemiselulosa adalah enzim selulase. 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 optimal.

B. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan konsentrasi enzim selulase dan waktu hidrolisis yang optimal untuk menghidrolisis selulosa dan hemiselulosa ampas tebu menjadi gula reduksi.

C. Kerangka Pemikiran

Ampas tebu tidak dapat langsung difermentasi oleh mikroba menjadi bioetanol karena banyak mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang membentuk makrofibril dan mikrofibril yang merupakan senyawa kompleks. Senyawa kompleks ini harus diberi perlakuan awal terlebih dahulu sebelum difermentasi oleh mikroba agar residu gula reduksi yang dihasilkan tinggi (Sutikno *et al.*, 2010).

Enzim selulase tidak dapat langsung mendegradasi selulosa dan hemiselulosa ampas tebu karena terhalang oleh lignin yang mengelilinginya. Oleh sebab itu, lignin tersebut perlu dipisahkan sebelum menghidrolisis selulosa dan hemiselulosa dengan enzim. Perlakuan awal secara basa untuk memisahkan lignin dari selulosa dan hemiselulosa limbah agroindustri telah ditemukan, yaitu lebih dari 99% lignin bagas tebu dapat didegradasi setelah perendaman dalam larutan NaOH 1 M atau lebih pada suhu ruang selama 48 jam atau pada suhu 121°C selama 15 menit atau lebih (Sutikno *et al.*, 2010).

Pada tahun 1980-an, mulai dikembangkan hidrolisis selulosa dengan menggunakan enzim selulase. Dengan memanfaatkan aktivitas enzim selulase efisiensi produksi gula sederhana tinggi sehingga gula yang dikonversikan menjadi etanol juga besar (Duff dan Murray, 1996). Pada penelitian ini akan digunakan enzim selulase yang merupakan penggabungan beberapa jenis enzim yaitu endoglukonase, eksoglukonase dan cellubiose.

Selulase adalah enzim yang dapat menghidrolisis ikatan β (1-4) pada selulosa. Hidrolisis enzimatis yang sempurna memerlukan aksi sinergis dari tiga tipe enzim, yaitu endo-1,4- β -D-glukanase (endoselulase, carboxymethylcellulase atau CMC ase), yang mengurai polimer selulosa secara random pada ikatan internal β -1,4-glikosida untuk menghasilkan oligodekstrin dengan panjang rantai yang bervariasi, exo-1,4- β -D-glukanase (cellobiohidrolase), yang mengurai selulosa dari ujung pereduksi dan non pereduksi untuk menghasilkan selobiosa dan/atau glukosa, dan β -glucosidase (cellobiase), yang mengurai selobiosa untuk menghasilkan glukosa (Lynd dalam Qin, 2010).

Aktivitas hidrolisis selulase dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain konsentrasi enzim, konsentrasi substrat, suhu, tingkat keasaman, kofaktor 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).

Faktor yang belum diketahui mengenai kondisi optimal enzim selulase adalah konsentrasi enzim selulase yang digunakan dan waktu inkubasi yang optimal untuk menghidrolisis selulosa dan hemiselulosa ampas tebu menjadi gula reduksi. Secara teoritis, konsentrasi enzim berbanding linear dengan kecepatan reaksinya. Semakin tinggi konsentrasi enzim selulase yang digunakan maka akan semakin cepat proses hidrolisis selulosanya namun pada konsentrasi tertentu

enzim tidak lagi memberikan kecepatan reaksi melebihi V_{\max} nya (Mandels *et al.*, 1976). Sedangkan semakin lama waktu inkubasi maka akan semakin banyak konsentrasi gula reduksi yang dihasilkan (Samsuri *et al.*, 2009). Sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mendapatkan konsentrasi enzim dan lama inkubasi yang optimal untuk mendapatkan gula reduksi dalam jumlah yang tinggi.

Dengan mengkombinasikan enzim yang terdapat pada selulase (selulase, xylanase dan cellobiase) maka dapat mengoptimalkan proses hidrolisis selulosa dan hemiselulosa bagas tebu menjadi gula reduksi karena masing-masing enzim akan bekerja spesifik pada selulosa dan hemiselulosa yang berbeda strukturnya. Enzim selulase akan menghidrolisis substrat selulosa, enzim xylanase akan menghidrolisis gugus xylan menjadi glukosa sedangkan enzim cellobiase akan membantu menghidrolisis ikatan disakarida selobiase hasil hidrolisis selulosa menjadi glukosa.

Pada hasil penelitian Samsuri *et al.*, (2009), menunjukkan bahwa gula reduksi tertinggi dihasilkan pada konsentersasi enzim selulase 10 FPU (Filter Paper Unit) dengan lama inkubasi 72 jam pada suhu 45-50°C dan pH 4,8 dengan perlakuan awal dengan *size-reducing* dan temperatur tinggi yaitu sebanyak 12,76 g/L. Oleh karena itu pada penelitian ini ampas tebu diberi perlakuan awal terlebih dahulu dengan *size-reducing*, temperatur tinggi (121 °C selama 15 menit) dan penambahan basa NaOH 1 M (1:20, b/v; Sutikno *et al.*, 2010), sehingga komponen lignin dapat terlepas dari selulosa dan hemiselulosa dan dapat langsung dihidrolisis oleh enzim selulase untuk menghasilkan gula reduksi yang optimal. Oleh karena itu konsentrasi enzim yang digunakan pada penelitian ini adalah 0 FPU, 5 FPU, 10 FPU dan 15 FPU dengan waktu inkubasi 0, 6, 12, 18 dan 24 jam.

Dengan perlakuan tersebut diharapkan jumlah gula reduksi yang dihasilkan dapat optimal.