

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini persediaan Bahan Bakar Minyak (BBM) di Indonesia semakin menipis. Menurut data statistik migas ESDM (2009), total cadangan minyak bumi Indonesia pada tahun 2009 yaitu sebesar 7.998,50 MMSTB. Total cadangan minyak bumi tersebut semakin berkurang pada tahun ke tahun hingga pada tahun 2014 cadangan minyak bumi di Indonesia menurut data statistik migas ESDM (2014) menjadi sekitar 7.549,81 MMSTB. Besar cadangan tersebut diperkirakan akan habis dalam waktu beberapa belas tahun ke depan dengan asumsi jika konsumsi BBM terus meningkat namun tidak ditemukannya cadangan minyak baru ataupun teknologi baru yang dapat meningkatkan *recovery* minyak bumi (ESDM, 2015). Oleh karena itu, perlu adanya pengembangan energi baru yang dapat menjadi solusi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak.

Pemerintah Indonesia sendiri telah berupaya mencari solusi atas persoalan tersebut. Salah satu upaya tersebut yaitu penetapan cetak biru (*blue print*) tentang pengelolaan energi nasional periode 2005-2025 yang merupakan penjabaran dari kebijakan energi nasional (Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006). Dalam cetak biru tersebut, peran energi baru dan terbarukan ditargetkan terus meningkat hingga mencapai 15% pada tahun 2025. Salah satu energi baru dan terbarukan

yang akan menjadi fokus utama pemerintah untuk dikembangkan produksinya ialah Bahan Bakar Nabati (BBN) termasuk bioetanol.

Bioetanol adalah jenis senyawa alkohol (C_2H_5OH) yang merupakan hasil metabolit sekunder mikroba seperti *Saccharomyces cerevisiae* pada substrat nabati yang mengandung pati atau gula (Samsuri *et al.*, 2007). Bioetanol yang telah dikembangkan di Indonesia merupakan bioetanol generasi pertama. Bioetanol generasi pertama adalah bioetanol yang berasal dari substrat nabati yang memiliki komponen gula maupun pati seperti molasses/tetes tebu, ubi kayu, ubi jalar dan jagung. Bioetanol generasi pertama harganya masih relatif tinggi karena bahan bakunya juga digunakan sebagai bahan pangan dan pakan (Odling-Smee, 2007). Oleh karena itu, untuk menurunkan harga dan menghindari masalah tersebut maka bioetanol generasi kedua perlu dikembangkan.

Bioetanol generasi kedua adalah bioetanol yang dapat dibuat dari bahan nabati yang mengandung selulosa dan hemiselulosa (Carere *et al.*, 2008). Sumber nabati yang mengandung selulosa dan hemiselulosa tinggi dan belum dimanfaatkan secara maksimal ialah limbah padat agroindustri. Lignoselulosa yang terdapat pada limbah padat agroindustri mengandung tiga komponen penyusun utama, yaitu selulosa (30-50%-berat), hemiselulosa (15-35%-berat), dan lignin (13-30%-berat) (Soerawidjaja, 2009). Tingginya kandungan selulosa dan hemiselulosa menunjukkan bahwa limbah agroindustri layak untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Salah satu limbah padat agroindustri yang ketersediaannya melimpah dan berpotensi di Indonesia ialah jerami padi.

Produksi padi di Indonesia pada tahun 2014 menurut Badan Pusat Statistik (2014) yaitu sebesar 70,83 juta ton gabah kering giling (GKG) dan jumlah limbah

jerami padi yang dapat dimanfaatkan yaitu sekitar 50% dari total GKG hasil panen atau sekitar 35,46 juta ton pada tahun 2014. Potensi jerami padi menjadi bioetanol telah diperkirakan oleh Kim dan Dale (2004) yaitu sebesar 0,28 L/Kg jerami padi dan menurut sumber lain yaitu Badger (2002) potensinya adalah sebesar 0,20 L/Kg jerami padi. Berdasarkan data-data tersebut, potensi bioetanol dari jerami padi yang dapat diproduksi di Indonesia pada tahun 2014 ialah sebesar 9,93 juta kL (Kim dan Dale, 2004) atau sekitar 7,09 juta kL (Badger, 2002). Besarnya potensi bioetanol yang dapat diproduksi dari jerami padi tersebut diperkirakan dapat memenuhi sekitar 24-33% konsumsi premium yang sebesar 29,71 juta kL pada tahun 2014.

Proses pengolahan jerami padi menjadi bioetanol bukan hal yang mudah. Jerami padi memiliki komponen selulosa dan hemiselulosa (holoselulosa) dalam jaringan tanaman yang berikatan kuat dengan lignin, sehingga holoselulosa sulit dihidrolisis karena strukturnya kompleks dan heterogen (Perez *et al.*, 2002). Salah satu cara yang dapat mengatasi masalah tersebut ialah dengan perlakuan awal secara basa untuk memisahkan lignin dari komponen holoselulosa. Sutikno *et al.* (2010) telah menemukan bahwa dengan merendam limbah agroindustri yang telah dikeringkan dan ditepungkan dalam larutan NaOH 1 M pada suhu ruang selama 48 jam atau pada suhu 121°C selama 15 menit dapat menghilangkan komponen lignin hingga 99%. Selanjutnya holoselulosa tersebut perlu dihidrolisis menjadi gula-gula reduksi seperti glukosa dan xilosa sebelum difermentasi menjadi etanol dengan bantuan mikroba.

Salah satu metode pembuatan bioetanol dari generasi kedua yang banyak diaplikasikan pada industri etanol di Amerika Serikat ialah Metode *Simultaneous*

Saccharification and Fermentation (SSF). SSF adalah metode pembuatan bioetanol yang menggabungkan tahapan hidrolisis enzimatis selulosa bersama dengan tahapan proses fermentasinya. Salah satu kelebihan utama dari penggunaan metode SSF adalah dapat mencegah terhambatnya kerja enzim oleh produk glukosa dan selobiosa yang selama ini menjadi kelemahan dari metode pembuatan etanol secara terpisah (Olofsson *et al.*, 2008). Selain itu, metode SSF dapat menghemat penggunaan peralatan dan investasi biaya produksi sebesar 20% (Wingren, 2003).

Saat ini, metode SSF terus dilakukan pengembangannya. Salah satu pengembangan pada metode SSF ialah memaksimalkan proses hidrolisis dengan melakukan hidrolisis pendahuluan (prehidrolisis) sebelum dilaksanakannya SSF. Proses prehidrolisis ini dapat dilakukan pada kondisi suhu optimum hidrolisis enzimatis yaitu pada rentang suhu 45-50⁰C (Tengborg, 2001), sehingga pada waktu prehidrolisis tersebut enzim dapat bekerja optimal. Gula reduksi hasil prehidrolisis ini kemudian dapat dijadikan sebagai substrat awal bagi mikroba fermentasi. Hal tersebut bertujuan untuk menghindari terjadinya kematian mikroba fermentasi akibat minimnya gula reduksi pada saat awal proses SSF (Hoyer *et al.*, 2013).

Permasalahan yang timbul pada pembuatan etanol dari jerami padi dengan menggunakan Metode SSF ialah belum diketahui kondisi (konsentrasi substrat dan enzim) optimum pada proses hidrolisis dan waktu prehidrolisis yang tepat. Penggunaan konsentrasi substrat dan enzim yang optimum pada proses hidrolisis akan menghasilkan gula reduksi yang tinggi, sedangkan lama waktu prehidrolisis yang tepat akan memaksimalkan proses hidrolisis jerami padi. Oleh karena itu,

perlu dilakukan penelitian untuk mendapatkan kondisi optimum proses hidrolisis tersebut dan waktu prehidrolisis pada pembuatan etanol dari jerami padi dengan menggunakan metode SSF, sehingga proses konversi akan menghasilkan gula reduksi yang maksimal dan rendemen etanol yang tinggi.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini ialah:

1. Mendapatkan konsentrasi substrat dan konsentrasi enzim optimal yang menghasilkan kadar gula reduksi (g/L) tertinggi pada proses hidrolisis.
2. Mengetahui waktu prehidrolisis optimal pada SSF yang menghasilkan kadar etanol (g/L) tertinggi.

1.3 Kerangka Pemikiran

Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) ialah metode pembuatan bioetanol yang menggabungkan tahapan hidrolisis enzimatik dan tahapan fermentasi secara simultan. Metode ini merupakan hasil penelitian Gauss *et al.* (1976) dan telah dipatenkan sejak tahun 1976. Gauss *et al.* (1976) mengatakan bahwa pada proses hidrolisis enzimatik lignoselulosa secara alami akan menghasilkan rendemen gula reduksi yang rendah. Hal ini disebabkan adanya inhibisi kerja enzim hidrolisis oleh produk glukosa dan selobiosa. Pada penelitian tersebut, setidaknya metode SSF dapat meningkatkan rendemen etanol yang dihasilkan dengan cara mengalihkan glukosa hasil hidrolisis langsung difermentasi oleh ragi menjadi etanol. Hal ini menjadikan konsentrasi glukosa

tetap rendah sehingga membuat proses hidrolisis tetap optimal tanpa adanya hambatan yang signifikan.

Tahap yang perlu dimaksimalkan pada pembuatan bioetanol dengan menggunakan metode SSF salah satunya ialah tahap hidrolisis. Fungsi tahap hidrolisis adalah memecah sebanyak mungkin polimer holoselulosa (selulosa dan hemiselulosa) untuk menjadi monomer glukosa dan xilosa yang selanjutnya akan digunakan oleh ragi untuk difementasi menjadi etanol. Proses hidrolisis dapat dilakukan dengan dua metode yaitu menggunakan asam dan enzim. Kelemahan dari penggunaan asam dalam proses hidrolisis ialah dapat menimbulkan degradasi gula dalam reaksi hidrolisis, serta terjadinya pembentukan produk samping berupa inhibitor yang tidak diinginkan seperti furfural, 5-hydroxymethylfurfural (HMF), asam levulinik (levulinic acid), asam asetat (acetic acid), dan beberapa senyawa lain. Selain itu, hidrolisis secara asam dapat menimbulkan korosif pada lingkungan (Taherzadeh dan Karimi, 2007). Oleh karena itu, pembuatan bioetanol dengan penggunaan enzim dinilai lebih menguntungkan dan aman dibandingkan dengan penggunaan asam. Selain itu, kelebihan dari penggunaan enzim ialah bekerja secara spesifik, artinya enzim tersebut hanya dapat memecah substrat tertentu sehingga tidak terbentuk senyawa-senyawa lain yang tidak diinginkan.

Hidrolisis secara enzimatik memiliki beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja enzim dan rendemen gula reduksi yang dihasilkan. Faktor-faktor tersebut diantaranya ialah konsentrasi substrat dan konsentrasi enzim. Pengaruh faktor konsentrasi substrat pada proses hidrolisis enzimatik dapat berdampak pada rendemen gula reduksi yang dihasilkan. Semakin tinggi konsentrasi substrat yang digunakan akan meningkatkan produksi gula reduksi (Ouyang *et al.*, 2009).

Sedangkan faktor konsentrasi enzim diketahui bahwa secara teoritis konsentrasi enzim akan berbanding linear dengan kecepatan reaksinya. Semakin tinggi konsentrasi enzim yang digunakan maka akan semakin cepat proses hidrolisisnya, namun pada konsentrasi tertentu enzim tidak lagi dapat meningkatkan kecepatan reaksi melebihi V_{max} -nya (Mandels *et al.*, 1976).

Hasil penelitian Rodhe *et al.* (2011) menunjukkan bahwa hidrolisis jerami padi dengan konsentrasi substrat 5 % dan konsentrasi enzim selulase 25 FPU/g selulosa pada kondisi proses pH 4,8, suhu 50°C dan kecepatan goyangan shaker 150 rpm selama 36 jam menghasilkan kadar gula reduksi tertinggi sebesar 16,575 g/L. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, pada penelitian ini akan dilakukan optimasi proses hidrolisis dengan 2 tahap perlakuan yaitu: perlakuan konsentrasi substrat dan perlakuan konsentrasi enzim selulase. Perlakuan konsentrasi substrat akan dilakukan dengan konsentrasi 6, 8, 10, dan 12 % dan konsentrasi enzim 25 FPU/g selulosa pada kondisi pH 4,8, suhu 50°C dan kecepatan goyangan sebesar 150 rpm selama 32 jam. Selanjutnya setelah didapatkan konsentrasi substrat terbaik dalam menghasilkan gula reduksi terbanyak, tahap perlakuan konsentrasi enzim akan dilakukan dengan menggunakan konsentrasi enzim selulase pada 20, 25, 30 dan 35 FPU/g-selulosa substrat dan pada kondisi yang sama seperti pada tahap perlakuan konsentrasi substrat. Hasil dari penelitian ini selanjutnya akan diaplikasikan pada tahap SSF.

Pada tahap SSF, proses hidrolisis dan fermentasi dilakukan secara bersamaan atau simultan. Secara teoritikal, pada saat waktu 0 jam ketersediaan substrat gula reduksi bagi ragi fermentasi hanya sedikit bahkan hampir tidak ada. Hal ini dikarenakan enzim selulase belum mengkonversikan selulosa menjadi gula

reduksi. Jika hal ini terjadi, maka adanya kemungkinan ragi tidak dapat tumbuh dan berkembang biak dengan baik sehingga akan mempengaruhi hasil rendemen etanol. Pada penelitian ini akan dikembangkan metode SSF dengan memaksimalkan tahapan hidrolisis dan fermentasi dengan cara melakukan hidrolisis pendahuluan (prehidrolisis) sebelum dilakukannya SSF yaitu selama 0, 12 dan 24 jam. Pada saat prehidrolisis tersebut, proses hidrolisis enzimatik menggunakan enzim selulase dioptimalkan pada suhu 50°C. Asumsinya pada saat rentang waktu tersebut ketersediaan substrat gula reduksi bagi ragi fermentasi cukup sehingga ragi dapat berkembang biak dan menghasilkan etanol yang banyak.