I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) di Indonesia semakin tahun semakin meningkat. Konsumsi BBM bersubsidi di Indonesia mencapai 21,22 juta kiloliter pada tahun 2009, 40,49 juta kiloliter pada tahun 2011, 45,27 juta kiloliter pada tahun 2012, dan 49,79 juta kiloliter pada tahun 2013 (Direktorat Jendral Migas, 2013). Menurut Kepala Pusat Komunikasi Publik Kementerian ESDM, volume konsumsi BBM bersubsidi tersebut diimpor dari Singapura, dan diperkirakan konsumsi akan terus meningkat seiring dengan meningkatnya kebutuhan BBM nasional.

Sementara kebutuhan BBM terus meningkat, cadangan energi diperkirakan akan semakin berkurang dan mungkin bisa habis pada tahun 2025 (Sutijastoto, 2014). Indonesia memiliki cadangan minyak bumi pada tahun 1974 sebanyak 15.000 metrik barel (MB), menurun menjadi 5.123 MB pada tahun 2000, dan menjadi 4.301 MB pada tahun 2005 (OPEC Annual Statistical Bulletin 2005). Penurunan cadangan minyak bumi disebabkan oleh sumur yang ada relatif sudah tua, kurangnya teknologi yang mendukung, dan minimnya survey geologi untuk menemukan cadangan minyak yang baru (Dartanto, 2005).

Ketersediaan BBM yang cenderung turun tersebut memicu adanya usaha-usaha untuk mencari sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui dan ramah

lingkungan. Pemerintah mengeluarkan kebijakan pada Instruksi Presiden Nomor 1 dan Peraturan Presiden Nomor 5 tahun 2006 yang menyatakan tentang penggunaan bahan bakar alternatif (Hayun, 2008). Salah satu bentuk energi alternatif dengan tingkat emisi rendah dan dapat diproduksi dari bahan nabati atau limbah padat agroindustri adalah bioetanol (Rachmaniah *et al*., 2009).

Bioetanol umumnya diproduksi dari tanaman atau limbah pertanian. Bioetanol yang diproduksi dari bahan pertanian yang mengandung gula dan pati disebut bioetanol generasi pertama; sedangkan yang diproduksi dari limbah padat pertanian yang mengandung lignoselulosa disebut bietanol generasi kedua (Sari, 2013). Bioetanol yang diproduksi dari rumput laut atau *algae* dinamakan bioetanol generasi ketiga (Behera *et al*., 2015). Bioetanol generasi pertama sudah diproduksi oleh negara-negara maju seperti Amerika, Brazil, Kanada, dan sebagian negara Eropa yang merupakan negara pengekspor bahan pangan berbasis pati dan gula (Samsuri, 2009). Namun penggunaan bahan pangan untuk produksi bioetanol generasi pertama dapat mengakibatkan permasalahan pangan jika dilakukan terus menerus. Untuk menghindari permasalahan tersebut, bioetanol generasi kedua yang menggunakan limbah biomassa sebagai bahan bakunya perlu dikembangkan (Hayun, 2008).

Salah satu limbah biomassa yang berpotensi sebagai bioetanol generasi kedua adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS). TKKS merupakan limbah padat pabrik minyak sawit. Indonesia memiliki luas perkebunan kelapa sawit lebih dari 8,4 juta hektar, dan diperkirakan dari satu hektar perkebunan mampu menghasilkan 100 ton TKKS (Widyasarilia, 2010). Setiap ton TKKS dapat menghasilkan 150 L etanol (Afriani, 2011). Jadi jumlah etahol yang dihasilkan

Indonesia dari TKKS sebesar 8,4 juga Ha x 100 ton TKKS/Ha x 150 L/ton TKKS = 126 juta kilo liter; dan ini mampu memenuhi kebutuhan BBM sebesar 6,96%.

TKKS harus diberi perlakuan awal dan hidrolisis. Perlakuan awal berguna untuk melepas dan menghilangkan senyawa lignin yang mengikat selulosa dan hemiselulosa agar selulosa dan hemiselulosa pada TKKS dapat dihidrolisis menjadi gula sederhana. Hidrolisis adalah salah satu tahapan dalam pembuatan etanol yang bertujuan untuk memecah selulosa dan hemiselusosa menjadi gula sederhana seperti glukosa. Gula sederhana ini kemudian difermentasi dengan mikroba menjadi etanol. Salah satu teknik hidrolisis dan fermentasi lignoselulosa menjadi bioetanol yaitu hidrolisis dan fermentasi serentak atau *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF).

SSF atau dikenal fermentasi dan sakarifikasi serempak merupakan proses fermentasi yang dilakukan secara serempak antara hidrolisis dan fermentasi. Keuntungan dari teknik ini adalah polisakarida yang terkonversi menjadi monosakarida dalam hidrolisis akan langsung difermentasi menjadi etanol, menghambat pembentukkan inhibitor hidrolisis seperti asam asetat, dan dapat menghemat penggunaan peralatan dan investasi biaya produksi sebesar 20% (Wingren A, 2003). Namun permasalahan dalam fermentasi SSF ialah kondisi suhu hidrolisis dan fermentasi yang berbeda. Maka pada penelitian ini dilakukan pengamatan pada proses prehidrolisis dengan pengaruh suhu dan goyangan yang mampu menghasilkan gula reduksi yang dapat langsung diteruskan ke proses SSF.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu :

1. mendapatkan kondisi terbaik (konsentrasi NaOH dan waktu pemanasan) perlakuan awal basa pada suhu 100^0C (air mendidih); dan
2. mengetahui pengaruh suhu dan kecepatan goyangan hidrolisis enzimatis terhadap kadar gula reduksi yang dihasilkan.

1.3 Kerangka Pemikiran

Lignin pada TKKS yang berikatan kompleks dengan selulosa dan hemiselulosa dapat menganggu proses hidrolisis. Untuk menghilangkan lignin tersebut, TKKS perlu diberi perlakuan awal. Perlakuan awal dapat dikategorikan beberapa cara; yaitu secara kimiawi, fisika, biologis, dan kombinasi atau gabungan (Sucihati, 2014). Perlakuan awal secara kimiawi (NaOH) digunakan pada penelitian ini karena penggunaan lebih mudah, lebih efektif, lebih cepat, dan prosesnya tidak membutuhkan energi yang tinggi.

Berbagai penelitian menyatakan bahwa perlakuan awal dengan menggunakan NaOH dapat menghilangkan komponen lignin dan tidak merusak komponen lainnya. Pada penelitian Feriandi (2011), perendaman bubuk TKKS kering dalam larutan NaOH 1,0 M pada suhu 121^oC selama 15 menit dapat mendegradasi lignin TKKS sebesar 93,3%; dan pada penelitian Sutikno *et al*. (2010) dikatakan bahwa kadar lignin pada limbah agroindustri dapat terdegradasi hampir 99% setelah perendaman dalam larutan NaOH 1,0 M pada suhu ruang selama 48 jam atau pada suhu 121^0C selama 15 menit. Namun pemanasan pada

suhu 121°C sulit dilakukan oleh masyarakat umum karena memerlukan peralatan khusus (*autoclave*). Untuk mengatasi hal ini, perlakuan awal perlu dilakukan pada suhu air mendidih (100°C) yang tidak memerlukan peralatan khusus. Namun kondisi optimum perlakuan awal TKKS pada suhu 100°C belum diketahui, maka pada penelitian ini dilakukan perlakuan awal dengan NaOH pada konsentrasi 1,0 M dan 2,0 M dengan waktu pemanasan selama 30, 45, dan 60 menit pada suhu 100^{0}C.

Setelah dilakukan proses perlakuan awal dengan NaOH pada suhu 100°C, TKKS dihidrolisis dengan 15 FPU enzim selulase (SQzyme CS P). Hasil dari hidrolisis berupa glukosa yang dapat dikonversi menjadi etanol dengan bantuan mikroba. Konversi bioetanol dapat dilakukan secara SSF atau fermentasi dan sakarifikasi serentak. Kelemahan dalam proses fermentasi SSF yaitu suhu optimum hidrolisis dan fermentasi yang berbeda. Suhu hidrolisis optimum pada enzim selulase yaitu 50^{0}C (Samsuri *et al*., 2009), sedangkan suhu khamir *Saccharomyces cerevisiae* pada fermentasi yaitu 30^{0}C (Sun and Cheng, 2002). Menurut Manurung (2011) kondisi optimum SSF dari limbah ekstraksi alginat yaitu pada suhu 38^{0}C dengan pH 4,8 selama 4 hari menghasilkan kadar etanol sebesar 0,22%. Pada penelitian ini, prehidrolisis TKKS secara enzimatis dengan enzim selulase dilakukan pada suhu antara 30^{0}C-50^{0}C yaitu 40^{0}C, 45^{0}C, dan 50^{0}C dengan kecepatan goyangan 0, 100, 125, dan 150 rpm. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui pengaruh suhu dan goyangan pada hidrolisis enzimatis terhadap jumlah kadar gula reduksi yang dihasilkan. Hasil hidrolisis berupa gula reduksi dapat langsung difermentasi secara SSF menjadi etanol dengan bantuan *saccharomyces cerevisiae*. Metode SSF memiliki yaitu proses hidrolisis dan

fermentasi berlangsung secara bersamaan, sehingga pada penelitian ini dilakukan pengamatan pada hasil prehidrolisis yang dapat dilanjutkan ke fermentasi secara SSF.

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah:

1. Kondisi terbaik perlakuan awal TKKS yaitu perendaman dalam larutan NaOH 1,0 M pada suhu 100^0C selama 30 menit.
2. Kadar gula reduksi meningkat dengan meningkatnya suhu dan kecepatan goyangan, kondisi prehidrolisis yang dapat langsung diteruskan ke SSF dengan khamir *Saccharomyces cerevisiae* yaitu pada suhu 40^0C dengan goyangan 150 rpm.