

SERBUK GERGAJI SEBAGAI ALTERNATIF BIOBUTANOL DENGAN PROSES HIDROLISIS SELULASE DAN FERMENTASI BAKTERI *Clostridium* *acetobutylicum*

Sulbi¹, Citra Pratiwi Sidebang¹

^{1,2}Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Efarina

E-mail: ¹sulbi@gmail.com

ABSTRACT

Biobutanol is a type of C-4 bond alcohol (C₄H₉OH) made from biomass. This research was conducted by utilizing wood waste produced from the sawmill process containing cellulose (55%), hemicellulose (14%), and lignin (21%). Biobutanol is produced by hydrolysis of cellulase enzymes and bacterial fermentation of *Clostridium acetobutylicum*. The variables in this study were the addition of cellulase enzymes in the hydrolysis process (addition of enzymes or without the addition of enzymes), the initial pH of the fermentation process (5 or 7) and the amount of addition of starter *Clostridium acetobutylicum* (5 or 10 ml) with variations in the length of the fermentation process 2,4 ,6,8,10,12 days. The parameters in this study were the analysis of cellulose content, reduced sugar, and butanol content. Based on the research results, it is known that the hydrolysis process with the addition of cellulase enzymes, the initial condition of fermentation is pH 5 and the addition of 10 ml of *Clostridium acetobutylicum* bacteria inoculum with a fermentation time of 12 days is the most effective condition to produce the highest butanol content of 50 grams of sawdust waste. The highest butanol content was 1.88% from 1 L of fermented sample injected into gas chromatography.

Kata kunci : biobutanol, *Clostridium acetobutylicum*, selulase, serbuk gergaji

PENDAHULUAN

Seiring dengan terjadinya krisis energi (kelangkaan BBM), khususnya produksi minyak bumi yang semakin menurun sehingga menyebabkan harga minyak bumi melambung tinggi, sedangkan jumlah pengguna bahan bakar semakin tahun semakin meningkat. Menurut Direktur Hulu Minyak dan Gas Bumi Kementerian ESDM Edy Hermantoro, kebutuhan BBM di Indonesia pada tahun 2019 diperkirakan mencapai 1,242 juta barel per hari, sedangkan BBM yang mampu diproduksi hanya mencapai 705.000 barel per hari. Dengan demikian, Indonesia akan mengalami defisit BBM sekitar 537.000 barel per hari atau 43 persen dari total kebutuhan 1,242 juta barel per hari (Antara, 2011). Salah satu cara untuk mengurangi keterbatasan bahan bakar fosil, perlu adanya energi alternatif yang dapat diproduksi secara massal dan kontinu.

Pemerintah Indonesia telah mengeluarkan dua kebijakan penting berkaitan dengan energi alternatif. Kebijakan itu antara lain, Peraturan

Presiden Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional dan Instruksi Presiden Nomor 1 Tahun 2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati atau Biofuel. Kebijakan ini adalah instruksi untuk menyediakan dan memanfaatkan bahan bakar nabati (*biofuel*) sebagai bahan bakar pengganti BBM. *Biofuel* merupakan salah satu contoh energi terbarukan yang paling mudah untuk diimplementasikan. Pengertian energi terbarukan menurut Perpres Nomor 5 Tahun 2006 adalah sumber energi yang dihasilkan dan sumber daya energi yang secara alamiah tidak akan habis dan dapat berkelanjutan jika dikelola dengan baik. Biobutanol adalah salah satu energi alternatif selain bio-etanol sebagai pengganti bahan BBM.

Biobutanol adalah jenis alkohol ikatan C-4 (C_4H_9OH) atau butil alkohol yang terbuat dari biomassa. Biomassa merupakan energi yang tersimpan dalam bahan organik yang berasal dari pohon, tanaman pertanian dan materi hidup tanaman lainnya. Selama hidupnya, tanaman melakukan fotosintesis, yang merupakan jalur metabolisme mengubah karbon dioksida menjadi karbohidrat (gula, pati dan selulosa) dengan menggunakan energi dari matahari. Sedangkan karbohidrat merupakan senyawa organik yang membentuk biomassa. Butanol pada umumnya digunakan untuk bahan campuran kosmetik, obat-obatan, dan pembersih rumah tangga. Secara tradisional, butanol juga digunakan sebagai pelarut, pengencer, *plasticizer* dan bahan baku untuk produksi bahan kimia (Chang, 2010).

Pada *biofuel* generasi pertama, yaitu bioetanol, umumnya menggunakan gula atau minyak dari tumbuhan sebagai bahan baku. Hal ini menyebabkan terserapnya bahan pangan seperti pati dari singkong, jagung, gula tebu dan minyak goreng, yang menyebabkan kenaikan harga akibat supply tidak mencukupi kebutuhan pasar. Berbeda dengan biobutanol yang merupakan *biofuel* generasi kedua, keunggulan pada bahan baku pembuatan biobutanol adalah menggunakan bahan-bahan non pangan dan limbah dari pengolahan bahan pangan, seperti batang padi, jerami, kertas bekas, ampas tebu (*bagasse*), bonggol jagung (*corn stover*), dan limbah pertanian lainnya (Qureshi *et al.*, 2008).

Salah satu bakteri genus *Clostridium* yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan biobutanol adalah *Clostridium acetobutylicum*. *Clostridium acetobutylicum* memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan bakteri penghasil butanol lainnya. *C. acetobutylicum* merupakan bakteri anaerob, sehingga memberikan keuntungan untuk proses fermentasi selulosa yang berlangsung dalam keadaan anaerob. Selain itu, bakteri *C. acetobutylicum*, dapat bertahan pada pH rendah, antara 4,5-5 dengan suhu optimum 37°C (Whitman, 2009). Bakteri *C. acetobutylicum* mampu menguraikan selulosa dan hemiselulosa untuk memproduksi biobutanol (Anindyawati, 2010).

PENGUJIAN SISTEM DAN ANALISIS

4.1 Analisis Kadar Selulosa Serbuk Gergaji

Pada penelitian ini, komponen lignoselulosa yang dihidrolisis hanya selulosa. Hal ini disebabkan karena minimnya ketersediaan enzim hemiselulase dan enzim pendegradasi lignin (lignolitik) terdiri dari lakase (polifenol oksidase), lignin

peroksidase (Li-P) dan mangan peroksidase (Mn-P) di pasaran. Selulosa merupakan salah satu komponen utama dari lignoselulosa yang terdiri dari unit monomer D-glukosa yang terikat pada ikatan 1,4-glikosidik.

Pengukuran kadar selulosa serbuk gergaji ini dilaksanakan di laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Efarina Pematang Siantar. Analisis selulosa dilakukan setelah proses delignifikasi dan setelah proses hidrolisis. Analisa selulosa setelah proses delignifikasi (sebelum proses hidrolisis) dilakukan untuk mengetahui kadar selulosa awal dari ekstrak serbuk gergaji. Delignifikasi sendiri merupakan suatu proses pembebasan lignin dari suatu senyawa kompleks lignoselulosa. Proses ini dilakukan sebelum proses hidrolisis berlangsung. Karena kandungan lignin dapat menghambat penetrasi enzim sebelum hidrolisis berlangsung. Dengan perlakuan delignifikasi pada substrat serbuk gergaji maka selulosa alami diharapkan menjadi mudah dihidrolisis oleh enzim selulase (Gunam, 2010).

4.2 Analisis Gula Reduksi Limbah Serbuk Gergaji

Bahan lignoselulosa merupakan material yang susah untuk diurai secara biologi menjadi bentuk gula dikarenakan materi lignin menyelimuti seluruh bagian dinding sel. Sehingga diperlukan perlakuan pendahuluan untuk memecah lignin agar enzim dapat masuk ke dalam sel. Proses pretreatment ini disebut juga sebagai proses delignifikasi, yaitu dengan cara perendaman limbah serbuk gergaji ke dalam senyawa basa yang disertai dengan pemanasan. Senyawa basa yang dimaksud adalah larutan NaOH 10% (50 gram kristal NaOH dilarutkan dengan akuades hingga 500 ml) dan dipanaskan 121°C selama 60 menit menggunakan *autoclaved*. Oleh karena itu, sebelum penambahan enzim selulase, dilakukan proses pretreatment untuk memecah struktur kompleks dari materi lignin sehingga dapat menambah material selulosa. Material selulosa ini nantinya pada tahap hidrolisis akan diubah oleh enzim selulase menjadi bentuk yang lebih sederhana yaitu gula.

Semakin banyak materi selulosa yang terpecah menjadi senyawa gula, maka semakin banyak gula pula yang akan direduksi oleh bakteri *Clostridium acetobutylicum*, sehingga semakin tinggi kadar butanol yang dihasilkan. Gula yang dihasilkan dari proses hidrolisis akan difermentasi oleh bakteri *Clostridium acetobutylicum* menjadi senyawa pembentuk hidrokarbon, antara lain aseton, etanol, dan butanol. Namun pada penelitian ini, yang akan dianalisis lebih dalam adalah pembentukan butanol.

4.3 Pengaruh Penambahan Enzim Selulase Sebagai Katalis Terhadap Kadar Butanol

Hidrolisis adalah proses penguraian zat kompleks menjadi yang lebih sederhana dengan menggunakan air untuk memisahkan ikatan kimia dari substansinya. Pada penelitian ini, proses hidrolisis menggunakan jenis hidrolisis dengan penambahan enzim. Enzim merupakan katalis dari proses biologi. Meskipun senyawa katalis dapat berubah pada reaksi awal, pada reaksi akhir molekul katalis akan kembali ke bentuk semula. Selulase merupakan enzim kompleks yang terdiri dari eksoselulose atau eksobiohidrolase, endoselulase atau endo- β -1,4- glukonase dan β -1,4-glukosidase atau selobiose yang mampu memecahkan ikatan kompleks selulosa menjadi ikatan yang lebih sederhana, yaitu selodextrin, selobiosa, dan glukosa (Anindyawati, 2009).

Pengukuran kadar butanol dilaksanakan di laboratorium Energi dan Rekayasa Gedung Robotika Universitas Efarina Pematang Siantar. Pada penelitian ini, analisa yang dilakukan hanya sebatas enzim selulase memecah ikatan kompleks selulosa menjadi gula (glukosa), sedangkan senyawa sederhana seperti maltosa, laktosa, pentosa, selodextrin, selobiosa diabaikan. Enzim selulase yang memecahkan ikatan selulosa menjadi glukosa ini berpengaruh terhadap proses fermentasi. Yakni, glukosa yang dihasilkan pada proses hidrolisis difermentasi menjadi butanol oleh bakteri *Clostridium acetobutylicum*.

Proses hidrolisis enzim selulase berlangsung selama 3 hari dengan dilakukan pengadukan menggunakan shaker dengan kecepatan putaran 100 rpm. Sehingga enzim selulase yang dicampurkan dapat bercampur rata dengan sampel dan gula yang dihasilkan pada proses hidrolisis semakin meningkat. Setelah proses hidrolisis selama 3 hari selanjutnya sampel diatur pH-nya sesuai dengan variasi sampel yaitu 5 dan 7. Selanjutnya tiap sampel ditambahkan bakteri *Clostridium acetobutylicum* kemudian difermentasi hingga 12 hari. Hasil fermentasi selanjutnya dianalisis kadar butanolnya menggunakan metode gas kromatografi.

Pertama-tama temperatur detector dan inlet kromatografi diatur terlebih dahulu pada suhu 250°C. Selain itu, beberapa hal yang harus diatur pada kondisi kerja alat kromatografi adalah laju alir gas pembawa, besar arus yang melalui detector, attenuator, kecepatan kertas rekorder, dan posisi pen pada rekorder.

KESIMPULAN

1. Kadar gula reduksi pada proses hidrolisis dengan penambahan enzim selulase lebih besar 13% dibanding dengan proses hidrolisis tanpa penambahan enzim selulase.
2. pH optimum untuk fermentasi limbah serbuk gergaji menjadi biobutanol menggunakan bakteri *Clostridium acetobutylicum* adalah pH 5.
3. Jumlah starter inokulum bakteri *Clostridium acetobutylicum* yang efektif pada proses fermentasi serbuk gergaji sebesar 10 ml.

DAFTAR PUSTAKA

- Aehle W. 2007. **Enzymes in Industry : Production and Application, Third Completely Revised Edition**. ISBN 978-3-527-31689-2
- Aleksic S. 2009. **Butanol Production from Biomass**. Tesis. Youngstown State University.
- Anindyawati T. 2009. **Prospek Enzim dan Limbah Lignoselulosa untuk Produksi Bioetanol**. Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI.
- Anindyawati T. 2010. **Potensi Selulase dalam Mendegradasi Lignoselulosa Limbah Pertanian untuk Pupuk Organik**. Pusat Penelitian Bioteknologi. LIPI.
- Anonim. <http://www.sbi.uni-rostock.de/research/research-projects/single/29/>, diakses pada 21 Februari 2019.
- Chang W.L. 2010. **Acetone-Butanol-Ethanol Fermentation by Engineered *Clostridium beijerinckii* and *Clostridium tyrobutyricum***. Tesis. The Ohio State University.
- Datta R. 1981. "Acidogenic fermentation of Lignocellulose-Acid Yield and Conversion of Components". **Biotechnology and Bioengineering**

23(9): 2167-2170.

Gheshlaghi R., Scharer J.M., Young M .M., Chou C.P. 2009. “Research
Reviw Paper: Metabolic Pathway of Clostridia for Producing
Butanol”. **Biotechnology Advances** 27 : 764-781.