

Pembuatan Bioetanol dari Limbah Tongkol Jagung Menggunakan Proses *Simultaneous Sacharification and Fermentation* (SSF) dengan Variasi Konsentrasi Enzim dan Waktu Fermentasi

Elgina May Lestari¹, Elvi Yenie², Sri Rezeki Muria²

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km. 12,5 Pekanbaru 28293

²Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km. 12,5 Pekanbaru 28293
Telp. 085210906868; elginamaylestari@live.com

ABSTRACT

One of energy source alternative that can be used as a substitute for fossil fuel-based energy, is bioethanol. Bioethanol is biochemistry fluid from fermentation process of sugars by using microorganism. The raw material of bioethanol production is very diverse, like corn cob. Corn cob can be used as raw material for bioethanol production because contain of cellulose. This study aims to make bioethanol from corn cob with Sacharification Simultaneous and Fermentation (SSF) process with cellulase enzyme variation are 3%, 5%, 7%, 9%, and 11% v/v substrate and fermentation time are 3, 4, and 5 days. From the research is obtained the highest bioethanol concentration is 5% on the addition of cellulase enzymes 11% v/v substrate with 3 days fermentation time.

Keyword: Bioethanol, Corn cob, Cellulase, SSF

1. Pendahuluan

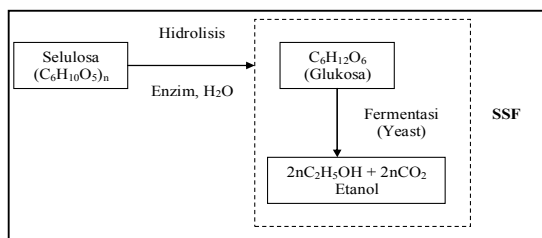
Kebutuhan energi bahan bakar yang berasal dari eksplorasi fosil meningkat seiring dengan meningkatnya pertumbuhan industri dan ekonomi. Hal tersebut dapat menjadi masalah besar ketika negara belum bisa mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil atau bahan bakar minyak (BBM), sedangkan cadangan sumber energi tersebut semakin terbatas.

Kebijakan mengurangi konsumsi energi bukan merupakan langkah tepat, karena konsumsi energi dan pertumbuhan ekonomi merupakan dua sisi yang saling mempengaruhi, diperlukan kehati-hatian dalam menerapkan kebijakan energi agar pertumbuhan ekonomi tetap terjaga. Supaya perekonomian dunia lebih stabil, penggunaan sumber energi alternatif dengan bahan baku non-fosil seperti bahan bakar dari sumber nabati dapat menjadi solusi yang baik. Pembakaran bahan bakar fosil juga akan menghasilkan gas CO₂ yang lama kelamaan akan menumpuk di atmosfer, sehingga menyebabkan suhu bumi meningkat (*green house effect*). Oleh karena itu, pemakaian

suatu bahan bakar terbarukan yang lebih aman dan ramah lingkungan merupakan suatu hal yang mutlak. Salah satu energi alternatif yang dapat menggantikan sumber energi fosil adalah bioetanol.

Bioetanol adalah cairan biokimia dari proses fermentasi gula dari sumber glukosa, selulosa, dan pati atau karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme. Keuntungan atau kelebihan dari penggunaan bioetanol yaitu dapat diproduksi terus menerus, ramah lingkungan serta dapat digunakan sebagai bahan baku industri kimia, kosmetik, farmasi, dan sebagai bahan bakar (Masfufatun, 2012). Salah satu bahan baku yang dapat dijadikan bioetanol adalah tongkol jagung. Tongkol jagung mengandung selulosa 48%, pentosan 36%, lignin 10%, abu 4%, dan air 2% (Rosmiati, 2008). Dilihat dari selulosa yang cukup tinggi maka tongkol jagung memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk pembuatan bioetanol. Salah satu metode yang dilakukan untuk pembuatan bioetanol yaitu dengan proses *simultaneous sacharification and fermentation* (SSF) atau

dikenal dengan proses sakarifikasi fermentasi serentak (SFS). Proses SSF yaitu kombinasi antara hidrolisis menggunakan enzim selulase dan *yeast Saccharomyces cerevisiae* untuk fermentasi gula menjadi etanol secara simultan. Proses SSF sebenarnya hampir sama dengan dengan proses yang terpisah antara hidrolisis dengan enzim dan proses fermentasi, hanya dalam proses SSF hidrolisis dan fermentasi dilakukan dalam satu reaktor. Secara singkat reaksi yang terjadi melalui proses *Simultaneous Sacharification and Fermentation (SSF)* (Effendi, 2012).



Gambar 1.1 Skema reaksi dalam proses *Simultaneous Sacharification and Fermentation (SSF)*

2. Metodologi

2.1 Produksi Enzim Selulase

Tahap awal pembuatan enzim yaitu persiapan bahan baku (tongkol jagung). Tahap selanjutnya yaitu pembuatan starter yang diawali dengan pembenihan *Aspergillus niger* dilakukan pada PDA secara zig-zag dengan menggunakan kawat inokulasi di dalam *test tube* secara aseptik. Mikroba diinkubasi pada suhu ruang selama 5 hari supaya jamur dapat berkembang. Setelah pembenihan, proses selanjutnya penyiapan inokulum dilakukan dalam media padat. media padat ini terdiri dari tongkol jagung dan larutan nutrisi (*yeast extract* 1%, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0,5%, $CaCl_2$ 0,5%, KH_2PO_4 8%). Volume nutrisi (ml) yang ditambahkan dengan tongkol jagung (g) adalah dengan perbandingan 2 dan 10, lalu ditambahkan *aquades* hingga mencapai kadar air 70% berat basah. Substrat yang sudah diberi dengan larutan nutrisi dan mineral kemudian disterilisasi dalam *autoclave* pada suhu 121°C selama 15-20 menit. Api bunsen dan

kawat ose disiapkan. Ujung kawat ose dicelupkan ke dalam alkohol 96% lalu dipanaskan pada api bunsen sampai berwarna merah. Biakan *Aspergillus niger* kemudian diberi *aquades* sebanyak 10 ml. Jamur dilepaskan dengan menggunakan jarum ose, lalu dikocok dan dipindahkan ke tabung lain yang sudah disterilkan. Suspensi jamur sebanyak 2 ml yang diperoleh diinokulasikan ke dalam susbtrat steril yang sudah tersedia, kemudian diinkubasikan ke dalam inkubator pada suhu ruang selama 4 hari. Suspensi jamur yang digunakan ditentukan sampai *Optical Density* (OD) 1 dan panjang gelombang maksimal (Carolina, 2012). Tahap selanjutnya, ke dalam media padat ditambahkan 100 ml buffer asetat dengan pH 5 untuk ekstraksi enzim selulase. Cairan enzim diaduk dan dikocok menggunakan *shaker* pada 200 rpm selama 2 jam kemudian *disentrifuge* pada 900 rpm selama 180 menit sehingga didapatkan enzim selulase kasar berupa supernatan berwarna coklat (Effendi, 2012).

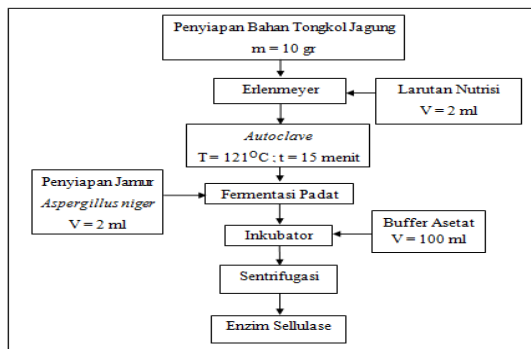
2.2 Produksi Bioetanol

Tahap awal produksi bioetanol yaitu persiapan bahan baku tongkol jagung. Tongkol jagung dicuci dengan air pada suhu kamar, dilakukan pengecilan ukuran kemudian dikeringkan menggunakan oven, pada suhu 60 – 70°C sampai kadar air maksimal 10%. Diblender sampai halus dan dilakukan pengayakan dengan ukuran 30 *mesh*. Nutrisi substrat atau medium antara lain 0,04 gr/L $(NH_4)_2PO_4$; 0,002 gr/L $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ dan 0,08 gr/L *yeast extract*. Tahap selanjutnya yaitu persiapan yeast inokulum. Pembuatan *yeast* inokulum bertujuan untuk mengadaptasikan sel yeast terhadap media fermentasi. Dengan adanya adaptasi diharapkan fase lambat sebagai tahap awal fermentasi terlewati.

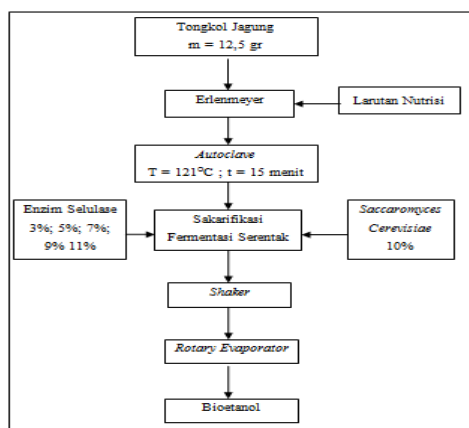
Saccharomyces cerevisiae diinokulasi dalam 150 ml medium (5 gr glukosa; 0,5 gr *yeast extract*; 0,05 gr KH_2PO_4 ; 0,05 gr $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ dan 0,05 gr $(NH_4)_2SO_4$, *aquades*) dalam erlenmeyer 250 ml. Sebelum diinokulasi, medium disterilisasi uap dalam *autoclave* selama 15 menit pada temperatur

121°C, kemudian didinginkan. Setelah dingin *yeast* dimasukkan ke dalam medium lalu diaduk menggunakan *shaker* selama 24 jam. Tahap selanjutnya yaitu *sacharification and fermentation* (SSF) atau sakarifikasi dan fermentasi serentak. Proses sakarifikasi dan fermentasi dilakukan serentak dalam satu labu erlenmeyer 250 ml. Semua bahan kecuali enzim dan inokulum disterilisasi selama 15 menit pada 121°C menggunakan *autoclave*. Enzim dan inokulum ditambahkan setelah media steril dan dingin. Kemudian diaduk dengan menggunakan *shaker* dengan kecepatan 200 rpm selama waktu yang divariasikan. Cairan dipisahkan dari sampel dengan proses evaporasi menggunakan *rotary evaporator* dan dilakukan analisa konsentrasi etanol yang dihasilkan dengan menggunakan alkoholmeter.

Tahapan proses pembuatan enzim dan bioetanol dapat dilihat pada Gambar 2.1 sebagai berikut:



Gambar 1.2 Blok Diagram Pembuatan Enzim



Gambar 1.2 Blok Diagram Pembuatan Bioetanol

3. Hasil dan Pembahasan

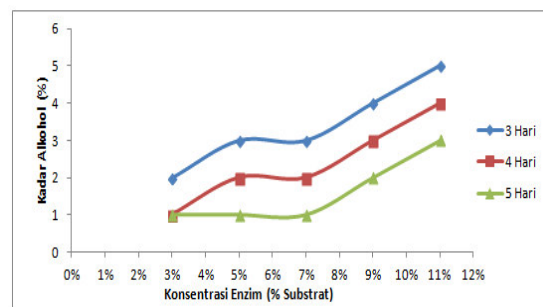
3.1 Pengaruh Konsentrasi Enzim Terhadap Kadar Bioetanol

Enzim selulase merupakan enzim yang dapat mengubah selulosa menjadi glukosa. Pada penelitian ini dilakukan variasi konsentrasi enzim yaitu 3%, 5%, 7%, 9%, dan 11% v/v substrat untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan. Dari penelitian, diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 1 Data Hasil Penelitian

No	Waktu Fermentasi (Hari)	Konsentrasi Enzim (% v/v)	% Bioetanol	Kadar Gula Akhir (mg/ml)
1	3	3	2	832,5
2		5	3	877,5
3		7	3	852,5
4		9	4	922,5
5		11	5	825
6	4	3	1	837,5
7		5	2	877,5
8		7	2	870
9		9	3	952,5
10		11	4	1025
11	5	3	1	935
12		5	1	967,5
13		7	1	952,5
14		9	2	1040
15		11	3	1110

Dari data diatas, dapat dilihat grafik hubungan antara konsentrasi enzim dengan kadar alkohol yang diperoleh pada penelitian ini



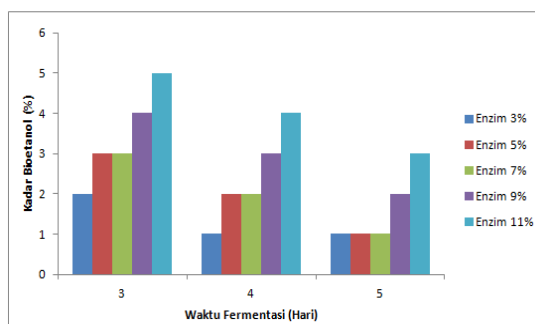
Gambar 3.1 Pengaruh Konsentrasi Enzim Terhadap Kadar Bioetanol

Dari Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa semakin banyak enzim selulase yang ditambahkan maka kadar bioetanol yang dihasilkan semakin tinggi. Kadar bioetanol tertinggi didapat pada konsentrasi enzim 11% dan waktu fermentasi 3 hari yaitu sebesar 5%. Konsentrasi enzim selulase kasar berpengaruh terhadap perolehan bioetanol dengan menggunakan jumlah substrat yang sama, karena enzim selulase kasar akan mempercepat proses hidrolisis sehingga lebih banyak gula yang tersedia untuk difermentasikan menjadi bioetanol. Hal ini sama seperti yang dikatakan oleh Maemunah (2005) bahwa hidrolisa dinding selulosa oleh enzim selulase telah meningkatkan jumlah glukosa sehingga *Saccharomyces cerevisiae* akan memfermentasi glukosa dengan jumlah yang lebih besar dan menghasilkan kadar bioetanol yang lebih tinggi sebagai hasil fermentasinya.

3.2 Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol

Untuk mengetahui kondisi terbaik bioetanol yang dihasilkan, yaitu kondisi pada saat dihasilkan kadar bioetanol tertinggi dibutuhkan waktu fermentasi yang optimum. Waktu fermentasi adalah waktu yang dibutuhkan *yeast Saccharomyces cerevisiae* untuk mengubah glukosa hasil hidrolisis menjadi bioetanol. Waktu fermentasi yang divariasikan akan mempengaruhi kadar bioetanol yang dihasilkan.

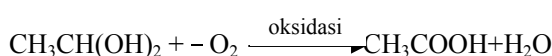
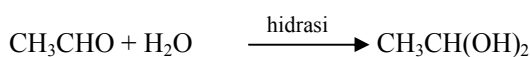
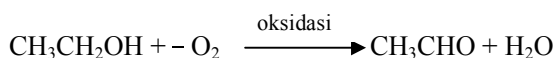
Pada penelitian ini, variasi waktu yang dilakukan adalah 3 hari 4 hari, dan 5 hari pada berbagai variasi konsentrasi enzim. Tujuan dilakukan variasi waktu ini yaitu untuk mengetahui dan memperoleh data pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan. Gambar 3.2 berikut memperlihatkan pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan pada berbagai konsentrasi enzim



Gambar 3.2 Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol

Dari Gambar 4.2 diatas terlihat bahwa lama fermentasi mempengaruhi hasil yang diperoleh. Kadar bioetanol tertinggi didapatkan pada waktu fermentasi selama tiga hari dengan konsentrasi enzim 11% yaitu 5% bioetanol (v/v). Pada waktu fermentasi 4 hari, kadar bioetanol menurun dan semakin menurun dihari ke 5. Hal ini terjadi karena bioetanol dikonversi oleh khamir menjadi suatu senyawa seperti ester sehingga menurunkan kadar bioetanol (Sari dkk, 2008).

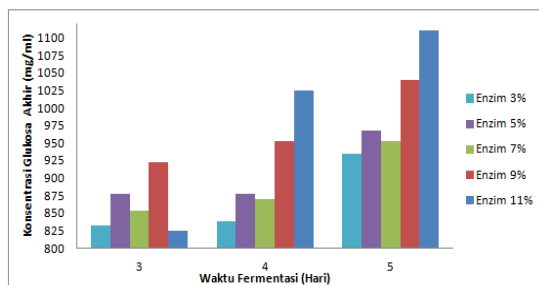
Ester atau Asam asetat dapat dihasilkan dari senyawa C_2H_5OH (bioetanol) atau buah-buahan yang mengandung senyawa tersebut melalui proses oksidasi biologis yg menggunakan mikroorganisme. Bioetanol dioksidasikan menjadi acetaldehid dan air. Acetaldehid yang telah dihidrasi, kemudian dioksidasikan menjadi asam asetat dan air. Reaksi pembentukan asam asetat yaitu:



3.3 Konsentrasi Glukosa Akhir (sis) Kulit Nanas

Pada penelitian ini, Peneliti menggunakan enzim selulase kasar untuk mengubah selulosa menjadi glukosa dan *yeast Saccharomyces cerevisiae* untuk mengkonversi glukosa menjadi bioetanol. Metode yang digunakan adalah proses sakarifikasi dan fermentasi serentak, dimana proses langsung terjadi pada satu fermentor,

artinya selulosa yang sudah terkonversi menjadi glukosa langsung diubah menjadi bioetanol dengan bantuan yeast *Saccharomyces cerevisiae* secara serentak. Hal ini menyebabkan glukosa awal dari proses hidrolisis selulosa menjadi glukosa tidak dapat dideteksi karena proses terjadi secara serentak, sedangkan konsentrasi glukosa sisa dapat dilihat dengan cara mengukur absorbansi menggunakan alat spektrofotometer sehingga akan didapat nilai konsentrasinya (Amalia, 2013). Kadar glukosa akhir hasil fermentasi dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 3.3 Hubungan Konsentrasi Enzim dan Waktu Fermentasi Terhadap Konsentrasi Glukosa Akhir (sisa)

Dari gambar 3.3 dapat dilihat bahwa kadar glukosa pada proses fermentasi mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi. Hal ini disebabkan khamir *Saccharomyces cerevisiae* pada proses fermentasi mengalami proses terminasi sehingga kemampuan khamir *Saccharomyces cerevisiae* untuk mengkonversi glukosa menjadi bioetanol berkurang sedangkan proses hidrolisis terus berlanjut dan glukosa terus diproduksi oleh enzim selulase kasar. Konsentrasi glukosa akhir terendah terjadi pada kondisi enzim 11% dan waktu fermentasi 3 hari yaitu sebesar 825 mg/ml.

Menurut Seftian, dkk (2012) kenaikan jumlah glukosa disebabkan karena kecepatan reaksi dipengaruhi oleh banyaknya selulosa yang ada. Sementara selulosa semakin lama semakin berkurang disebabkan pecah menjadi unit glukosa. Oleh karena itu kecepatan reaksi semakin lama semakin kecil

sehingga kenaikan kadar selulosa yang terhidrolisa persatuan waktu semakin kecil.

4. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penambahan enzim dapat mempengaruhi kadar bioetanol yang diperoleh. Semakin banyak enzim yang ditambahkan maka kadar bioetanol yang dihasilkan semakin besar karena semakin banyak glukosa yang dikonversi menjadi bioetanol, sedangkan pengaruh waktu fermentasi, dari penelitian diperoleh waktu fermentasi dengan kadar alkohol tertinggi yang dihasilkan adalah 3 hari karena waktu terbaik *Saccharomyces cerevisiae* bekerja mengubah glukosa menjadi bioetanol adalah 3 hari.

5. Saran

Pada penelitian selanjutnya diharapkan melakukan pre-treatment terhadap bahan baku seperti delignifikasi yang bertujuan untuk menghilangkan kadar lignin yang terkandung di dalam bahan baku.

6. Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Ibu Elvi Yenie, ST., M.Eng dan Ibu Sri Rezeki Muria, ST, MP., MSc selaku pembimbing yang membantu peneliti selama penelitian ini. Terima kasih kepada kedua orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama ini. Terima kasih kepada rekan-rekan Teknik Kimia Angkatan 2009 yang telah banyak membantu penulis dalam skripsi ini.

Daftar Pustaka

- Amalia, Y. (2012). *Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Padat Sagu Menggunakan Enzim Selulase Dan Yeast Saccharomyces Erevisiae Dengan Proses Simultaneous Sacharification And Fermentation (Ssf) Dengan Variasi Konsentrasi Substrat Dan Volume Inokulum*. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru
- Carolina, F. (2012). *Pengaruh pH dan Inokulum Pada Pemanfaatan Limbah*

- Kulit Nenas (Ananas Comosus L Merr) Untuk Produksi Enzim Selulase*. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru
- Effendi, D. (2012). *Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung Untuk Produksi Enzim Sellulase Dan Bioetanol Menggunakan Jamur Aspergillus Niger*. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru
- Maemunah, S. (2005). *Aplikasi Enzim Selulase dari Trichoderma Reesei QM 9414 untuk Peningkatan Produksi Etanol dari Singkong Melalui Proses Sakarifikasi Fermentasi Simultan*. Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung, Bandung
- Masfufatun. (2012). *Produksi Etanol dari Hidrolisat Carboxy Methyl Cellulose (CMC)*. Fakultas Kedokteran, Universitas Wijaya Kusuma, Surabaya
- Rosmiati. (2008). *Pemanfaatan bahan buangan (limbah) tongkol jagung untuk pembuatan furfural dengan metode destilasi*. Tesis, Pengolahan Sumber Daya Alam dan Lingkungan, Universitas Sumatera Utara
- Sari, I. M., Noverita & Yulneriwarni. (2008). *Pemanfaatan jerami padi dan alang-alang dalam fermentasi etanol menggunakan kapang Trichoderma viride dan khamir Saccharomyces cerevisiae*. Vis Vitalis. 5 (2): 55---62.
- Septian, D., Faizal, M., Ferdinand, A. (2012). *Pembuatan Etanol dari Kulit Pisang Menggunakan Metode Hidrolisis Enzimatik dan Fermentasi*. Jurnal Teknik Kimia No. 1, Vol. 18, Januari 2012, Universitas Sriwijaya.