

PEMBUATAN BIOETANOL DARI LIMBAH TONGKOL JAGUNG MENGGUNAKAN  
PROSES *SIMULTANEOUS SACHARIFICATION AND FERMENTATION* (SSF) DENGAN  
VARIASI KONSENTRASI ENZIM DAN WAKTU FERMENTASI

**Zul Fadly Khaira<sup>1</sup>, Elvi Yenie, Sri Rezeki Muria**

Laboratorium Teknologi Bioproses

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km. 12,5 Pekanbaru 28293

<sup>1</sup>Email : fadlykyra013@gmail.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 delignification process and using Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) method with variation of cellulase enzyme are 3%, 5%, 7%, 9%, and 11% v/v substrate and fermentation duration are 72, 96, and 120 hours. From this research were obtained the highest bioethanol concentration is 8% on the addition of cellulase enzymes 11% v/v substrate with 72 hour fermentation time.*

*Keyword: Bioethanol, delignification, SSF*

**1. Pendahuluan**

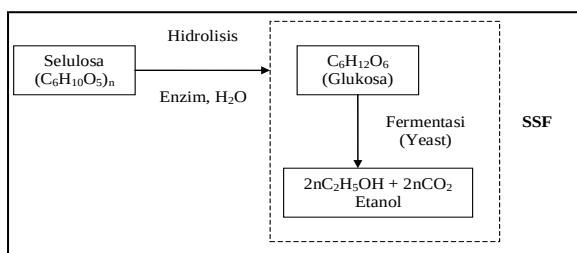
Kebutuhan energi bahan bakar yang berasal dari eksplorasi fosil meningkat seiring dengan meningkatnya pertumbuhan industri dan ekonomi. Hal tersebut dapat menjadi masalah besar ketika negara belum bisa mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil atau bahan bakar minyak (BBM), sedangkan cadangan 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 CO<sub>2</sub> 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 sachtarification 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 *aquadest* 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 substrat 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

#### 2.2.1 Pretreatment (Delignifikasi) tongkol jagung dengan larutan NaOH

Tongkol jagung dipotong menjadi potongan-potongan kecil, lalu dijemur dan dihaluskan. Kemudian diayak sehingga menjadi bubuk halus dengan ukuran 20-40 mesh. Sampel dengan berat 10 g direndam di dalam 100 mL larutan natrium hidroksida 10% (NaOH) pada suhu kamar (28°C) selama 28 jam. Campuran disaring, dicuci berulang kali dengan menggunakan air suling sampai pH netral untuk menghilangkan sisa dari larutan NaOH. Sisa yang didapat kemudian dikeringkan hingga mencapai berat konstan pada suhu 110 °C (Fitriani, 2013).

#### 2.2.2 Pembuatan Inokulum *S. cerevisiae*

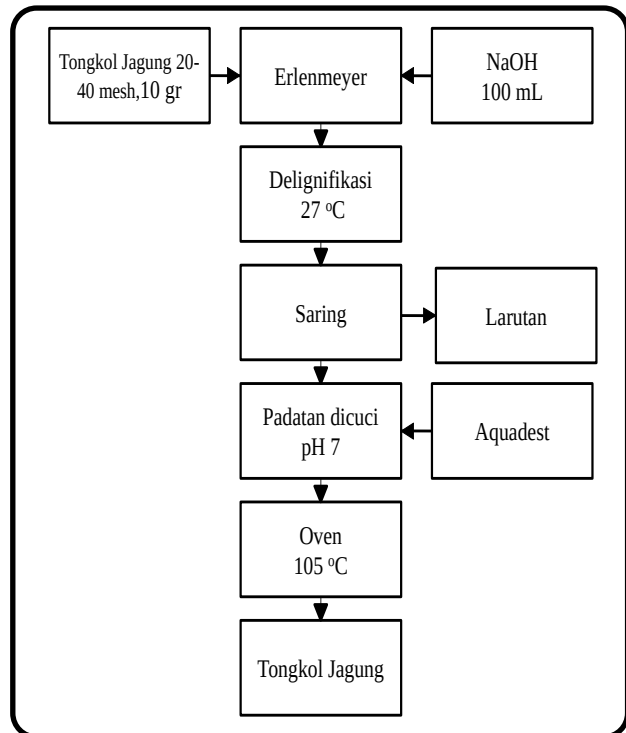
Biakan *Saccharomyces Cerevisiae* sebanyak satu ose sel ditumbuhkan pada 5 ml media *Yeast Malt Extract (YME)* cair dengan komposisi pepton 0,5 gram; *yeast extract* 0,3 gram; *malt extract* 0,3 gram;

glukosa 1 gram dan akuades hingga mencapai volume 100 ml. Biakan diinkubasi pada suhu 30°C selama 24 jam. (Triana dkk, 2009).

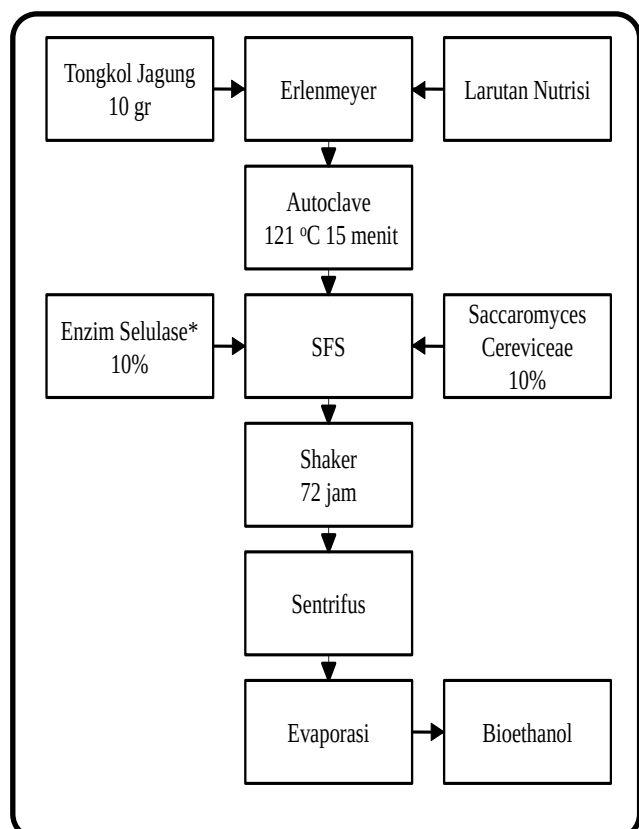
### 2.2.3 Pembuatan Bioetanol

Tongkol jagung kering yang telah melalui *pretreatment* delignifikasi menggunakan NaOH kemudian dimasukkan kedalam Erlenmeyer 250 mL lalu ditambahkan dengan 0,08 g l<sup>-1</sup> ekstrak ragi, 0,002 g l<sup>-1</sup> MgSO<sub>4</sub> dan 0.25 g l<sup>-1</sup> (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, kemudian dilarutkan di dalam buffer. Larutan kemudian disterilkan dengan menggunakan *autoclave* dengan suhu 121 °C selama 15 menit. Suhu larutan dibiarkan turun lalu tambahkan enzim selulase cair sesuai variabel bebas dan tambahkan juga *Saccharomyces cerevisiae* dengan konsentrasi 10%.

Fermentasi bioetanol dilaksanakan di suhu ruang pada kondisi anaerob selama variasi waktu 72 jam, 96 jam dan 120 jam dengan 0.5 ml suspensi sel diinokulasi ke dalam labu 100 ml dengan volume kerja 150 ml. Setelah dilakukan proses fermentasi, larutan dimurnikan menggunakan *rotary evaporator* untuk kemudian dianalisa kadar glukosa dan alkoholnya. Tahapan proses pembuatan enzim dan bioetanol dapat dilihat pada Gambar 2.1 sebagai berikut:



Gambar 2.1 Diagram Alir Pembuatan Enzim



Gambar 2.2 Diagram Alir Pembuatan Bioetanol

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, sebelum memasuki tahapan proses fermentasi pembuatan bioetanol, Peneliti terlebih dahulu melakukan proses pendahuluan yaitu penggilingan limbah padat tongkol jagung untuk penyeragaman ukuran sebesar -20,+40 mesh (Effendi, 2012), kemudian dilakukan proses delignifikasi dengan menggunakan larutan NaOH 10% selama 28 jam dan dicuci dengan aquades hingga pH netral. Penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh proses delignifikasi tongkol jagung dan menentukan pengaruh konsentrasi enzim serta waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan. Untuk kondisi operasi mengikuti kondisi optimum peneliti sebelumnya yaitu fermentasi pada pH 5, waktu inkubasi enzim 4 (empat) hari, dan ukuran tongkol jagung sebesar -20,+40 mesh. Setelah diperoleh enzim selulase kasar, kemudian dilakukan proses pembuatan bioethanol dengan metode sakarifikasi dan fermentasi serentak (SFS) menggunakan inokulum *Saccharomyces Cerevisiae* dan enzim selulase pada variasi konsentrasi enzim 3%, 5%, 7%, 9%, dan 11% substrat dan variasi waktu fermentasi 3, 4, dan 5 hari. Setelah melalui proses SFS, sebagian larutan diambil untuk uji kadar glukosa dan sisanya dilakukan pemurnian menggunakan *rotary evaporator* untuk kemudian dihitung kadar bioetanolnya menggunakan alkoholmeter. Adapun kadar bioetanol dan kadar glukosa akhir yang didapat pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1

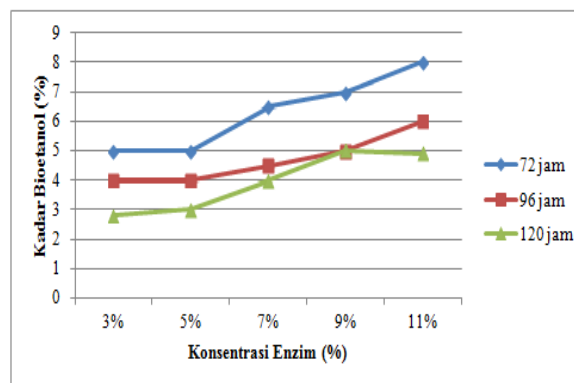
Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa kadar bioetanol tertinggi yaitu sebesar 8% didapat pada variasi waktu fermentasi 72 jam dan konsentrasi enzim 11% juga didapat kadar glukosa akhir terendah yaitu sebanyak 855 mg/mL pada variasi waktu fermentasi selama 72 jam dan konsentrasi enzim 3%.

Tabel 1 Tabel perolehan kadar bioetanol (%) dan kadar glukosa akhir (%) dengan proses delignifikasi

| Waktu fermentasi | Konsentrasi Enzim (%) | Kadar Bioetanol (%) | Kadar Glukosa Akhir (mg/L) |
|------------------|-----------------------|---------------------|----------------------------|
| 72 jam           | 3                     | 5                   | 855                        |
|                  | 5                     | 5                   | 861,5                      |
|                  | 7                     | 6                   | 867                        |
|                  | 9                     | 7                   | 874,5                      |
|                  | 11                    | 8                   | 877,5                      |
| 96 jam           | 3                     | 4                   | 862                        |
|                  | 5                     | 4                   | 871                        |
|                  | 7                     | 5                   | 873,5                      |
|                  | 9                     | 5                   | 875                        |
|                  | 11                    | 6                   | 879,5                      |
| 120 jam          | 3                     | 3                   | 862,5                      |
|                  | 5                     | 3                   | 891                        |
|                  | 7                     | 4                   | 935                        |
|                  | 9                     | 5                   | 952,5                      |
|                  | 11                    | 5                   | 1023,5                     |

#### 3.1 Pengaruh Konsentrasi Enzim Terhadap Kadar Bioetanol

Dari Tabel 1 dapat dibuat grafik untuk melihat pengaruh penambahan konsentrasi enzim terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan pada Gambar 3.1 sebagai berikut



Gambar 3.1 Grafik pengaruh konsentrasi enzim terhadap kadar bioetanol

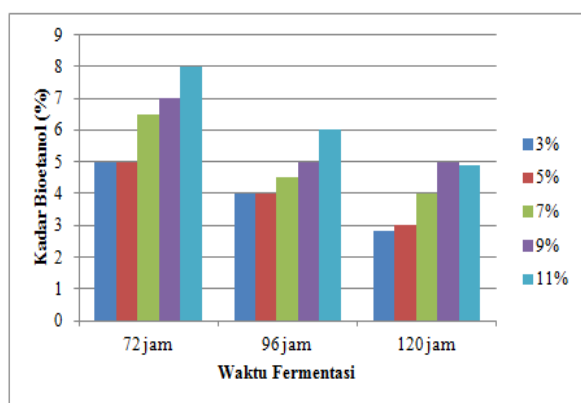
Dari Gambar 3.1 dapat dilihat bahwa semakin banyak enzim selulase yang ditambahkan maka kadar bioetanol yang dihasilkan semakin tinggi. Kadar bioetanol tertinggi didapat pada konsentrasi enzim 11% dan waktu fermentasi 3 hari yaitu sebesar 8%. Konsentrasi enzim selulase berpengaruh terhadap perolehan 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. Maemunah (2005) mengungkapkan bahwa hidrolisa dinding selulosa oleh enzim selulase telah meningkatkan jumlah glukosasehingga *Saccharomyces Cerevisiae* akan memfermentasiglukosa 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

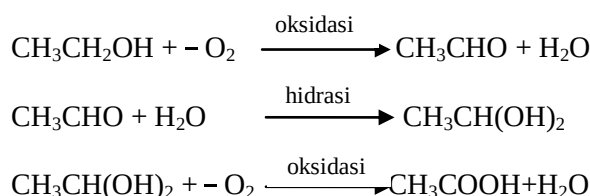


Gambar 3.2 Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol

Dari Gambar 3.2 terlihat bahwa lamanya waktu fermentasi mempengaruhi hasil kadar bioetanol yang diperoleh. Kadar bioetanol tertinggi didapatkan pada waktu fermentasi

selama 72 jam dengan konsentrasi enzim 11% yaitu 8% bioetanol (v/v). Pada waktu fermentasi 96 jam, kadar bioetanol menurun dan semakin menurun saat waktu fermentasi 120 jam. 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 Perbandingan Perolehan Kadar Bioetanol dengan Peneliti Lain

Perbandingan penelitian sebelumnya yang melakukan penelitian membuat bioetanol dari tongkol jagung dengan berbagai variabel ditunjukkan pada Tabel 2

Tabel 2 Tabel perbandingan konsentrasi bioetanol dengan penelitian lainnya

| Substrat       | Variasi                                        | Mikroba yang digunakan          | Kadar Bioetanol | Peneliti       |
|----------------|------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------|----------------|
| Tongkol Jagung | Konsentrasi $NH_4OH$ dan Waktu Fermentasi      | <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | 3,2%            | Octavia, 2013  |
| Tongkol Jagung | Waktu Delignifikasi Terhadap Rendemen Selulosa | <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | 6%              | Fitriani, 2013 |
| Tongkol Jagung | Konsentrasi Asam Klorida dan Waktu Fermentasi  | <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | 1,3%            | Fachri, 2013   |
| Tongkol Jagung | Konsentrasi Enzim dan Waktu Fermentasi         | <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | 8%              | Penelitian ini |

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa penelitian ini memperoleh hasil yang lebih tinggi dari beberapa penelitian lainnya karena memvariasikan konsentrasi enzim



selulase kasar pada substrat dengan jumlah yang sama. Pada konsentrasi substrat tetap, dalam batas tertentu, laju suatu reaksi enzimatis meningkat sebanding dengan meningkatnya konsentrasi enzim, dengan semakin meningkatnya konsentrasi enzim maka akan meningkatkan jumlah selulosa yang dikonversi menjadi glukosa pada proses hidrolisis, sehingga secara langsung berpengaruh terhadap meningkatnya kadar bioetanol yang dihasilkan dari proses fermentasi. Hal ini berarti semakin banyak enzim, sampai batas tertentu, semakin banyak substrat yang terkonversi karena semakin tinggi aktivitas enzim. Karena enzim bersifat spesifik terhadap substrat maka konsentrasi yang berlebihan juga akan mempengaruhi laju reaksi enzimatis (Sukandar, 2011).

#### 4. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa bioetanol dapat diproduksi dari bahan baku limbah tongkol jagung dengan proses Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak menggunakan enzim selulase kasar serta *yeast Saccharomyces cerevisiae*. Proses delignifikasi dapat meningkatkan jumlah selulosa yang dikonversi menjadi glukosa, sehingga turut meningkatkan jumlah bioetanol yang diperoleh. 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 72 jam karena waktu terbaik *Saccharomyces cerevisiae* bekerja mengubah glukosa menjadi bioetanol adalah 72 jam.

#### 5. Saran

Sebaiknya untuk penelitian berikutnya analisa kadar bioetanol dianalisa menggunakan GC untuk mendapatkan nilai yang lebih akurat

#### 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

- Adiprabowo, D. S., 2011. *Pendeteksi Kadar Alkohol Jenis Etanol Pada Cairan Dengan Menggunakan Mikrokontroler ATMEGA 8535*. Skripsi, Universitas Diponegoro. Semarang.
- Badan Pusat Statistik, 2010. *Statistik Produksi Padi, Jagung dan Kedelai di Indonesia*, <http://www.bps.go.id/>, Jakarta. Diakses 27 febuari 2014.
- Dewantie N.S., 2010. *Rancang Bangun Alkoholmeter Berbasis AVR ATMEGA8535*. Jurusan Fisika D3 Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Diponegoro. Semarang.
- Effendi, D., 2012. *Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung Untuk Produksi Enzim Sellulase Dan Bioetanol Menggunakan Jamur Aspergillus Niger*. Skripsi, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Enari, T.M., 1983. *Microbial Cellulase*. Applied Science Publisher, New York.
- Fitriani, 2013. *Produksi Bioetanol Tongkol Jagung (Zea Mays) dari Hasil Proses Delignifikasi*. Online Jurnal of Natural Science, Vol 2 (3), Desember 2013. 66-74.
- Gozan, M., 2007. *Sakarifikasi dan Fermentasi Bagas Menjadi Etanol Menggunakan Enzim Sellulase dan Enzim Sellobiase*, Jurnal Teknologi 8: 43-47.
- Gunam, I.B.W., Antara, N.S., 1999. *Study on Sodium Hydroxide Treatment of Corn Stalk to Increase Its Cellulose Saccharification Enzymatically by Using Culture Filtrate of*

- Trichoderma reesei*. Gitayana (Agric. Technol. J.). 5 (1): 34-38.
- Gunam, I.B.W., Wartini, N.M., Anggreni, A.A.M.D., Suparyana, P.M. 2011. *Delignifikasi Ampas Tebu Dengan Larutan Natrium Hidroksida Sebelum Proses Sakarifikasi Secara Enzimatis Menggunakan Enzim Selulase Kasar Dari Aspergillus Niger FNU 6018*. Teknologi Indonesia LIPI Press, Vol 34, Edisi Khusus 2011. 24-32.
- Falony, Gwen., 2006. *Production Of Extracellular Lipase From Aspergillus Niger By Solid State Fermentation*. Cuba :Grupo De Biotecnologia Aplicada.
- Hanifah, F. S., 2007. *Produksi Etanol Dari Bagas Menggunakan Enzim Selulase Dan Sellobiase*. Skripsi. Departemen Teknik Kimia FT UI. Depok.
- Ikbal, Moh, 2010. *Produksi Bioetanol Dari Jerami Padi (Oryza sativa) Secara Fermentasi Menggunakan Inokulum Ragi Amobil*. Skripsi. Universitas Tadulako. Palu.
- Iriany R. N., Asal, Sejarah, Evolusi, Dan Taksonomi Tanaman Jagung. Dilihat di: [Http://Pustaka.Litbang.Deptan.Go.Id/Bppi/Lengkap/Bpp10231.Pdf](http://Pustaka.Litbang.Deptan.Go.Id/Bppi/Lengkap/Bpp10231.Pdf). Diakses Tanggal 16 Maret 2014.
- Judoamidjojo, R.M., E.G Said dan L. Hartoto., 1989. *Biokonversi*. PAU Bioteknologi IPB, Bogor.
- Kim, T.H., Kim, J.S., Sunwoo, C., dan Lee, Y.Y., 2003, *Pretreatment of Corn Stover by Aqueous Ammonia*, Bioresource Technology, 90, 39-47.
- Lestari, E.M., 2014. *Pembuatan Bioetanol dari Limbah Tongkol Jagung Menggunakan Proses Simultaneous Saccharification and Fermentation dengan Variasi Konsentrasi Enzim dan Waktu Fermentasi*. Skripsi Sarjana, 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 ITB. Bandung.
- Mandari, S., 2013. *Pembuatan Bioetanol Dari Kulit Nanas (Ananas Comosus L.) Menggunakan Enzim Selulase Dan Yeast Saccharomyces Cerevisiae Dengan Proses Simultaneous Saccharification And Fermentation (SSF) Dengan Variasi Konsentrasi Enzim Dan Waktu Fermentasi*. Skripsi Sarjana, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Marsden, W.L and P.P. Gray., 1986. *Enzymatic Hydrolysis of Cellulases in Lignocellulosic Material*. CRC.Critical Rev. in Biotechnol. 3: 235-276.
- Monruw., 2011. *Morfologi Khamir*. [http://Monruw.Wordpress.Com/ Tag/ Saccharomyces/](http://Monruw.Wordpress.Com/Tag/Saccharomyces/) [diakses pada 3 maret 2014](#).
- Oktavia, M., 2013. *Produksi Bioetanol Dari Tongkol Jagung Dengan Metoda Simultan Sakarifikasi Dan Fermentasi*. Jurnal Kimia Unand (ISSN No. 2303-3401), Volume 2 Nomor 1, Maret 2013.
- Palinka, A., 2009. *Pemanfaatan Lumpur Sawit Fermentasi Dengan Aspergillus Niger Dalam Ransum Ayam Broiler*, Jurnal Urip Santoso.
- Prihandana, R. dan R. Hendroko., 2007. *Energi Hijau*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- 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.
- Simamora, 2008. *Investor dan Produksi Bioetanol*. <http://www.energibio.blogspot.com>, diakses 3 Maret 2014.
- Soeprijanto, 2010. *Biokonversi Selulose Dari Limbah Tongkol Jagung Menjadi Glukosa Menggunakan Jamur Aspergillus Niger*. Jurnal. FT Industri Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.

Sukandar, U., 2011. *Sakarifikasi Pati Ubi Kayu Menggunakan Amilase Aspergillus Niger ITB CC L74*. Jurnal Teknik Kimia Indonesia.

Taherzadeh, M.J., Dan Karimi, K. 2007. "Enzyme-Based Hydrolysis For Ethanol From Lignocellulosic Materials: A Review", *Bioresources* 2(4), 707-738.