

# **Pengaruh Gelombang Mikro Pada *Pretreatment* Tongkol Jagung Menjadi Bioetanol**

**Imron Sutiono, Chairul, Yelmida**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau  
Kampus Binawidya Panam Pekanbaru 28293

Email: [imron\\_st@yahoo.com](mailto:imron_st@yahoo.com)

## **Abstract**

*Oil production is predicted decreasing until 20 billion barrels in 2050. The decreasing of oil production will cause efforts to find alternative renewable and friendly source energy. The one of alternative energy is bioetanol that produced from biomass waste. The Micro wace radiation will give to corn cob as a pretreatment process in this research. Micro wave is expected to break lignin structure in order to get the optimum of etanol. The purpose of the research is to know the effect of micro wave in the pretreatment of corn cob. The corn cob will radiate on 180 watt through micro wave with time variation 2,4,6,8 dan 10 minutes, then continued with hidrolisis process using dilute  $H_2SO_4$  and fermentation process using *Saccharomyces cerevisiae*. The result of fermentation will analyzed with Guymon method by using alcoholmeter. The results indicate the highest concentration of bioetanol that get from this fermentation process up to 2,5% (25g/l) during 24 hours for the variation micro wave radiation in 6 minutes. The optimum Yield of bioetanol up to 23,67%. The longer time fermentation process and the longer radiation of microwave that is done in this research show that there is no increasing the concentration of bioetanol that we get.*

*Key word : bioetanol. Microwave, corn cob, Saccharomyces Cerevisiae*

## **Abstrak**

Produksi minyak bumi dunia diperkirakan akan turun hingga 20 billion barrels pada tahun 2050. Menurunnya ketersediaan sumber energi bahan bakar minyak bumi menimbulkan adanya usaha-usaha untuk mencari sumber energi alternatif.. Sumber energi alternatif yang dicari harus dapat diperbaharui dan ramah lingkungan. Salah satu bentuk energi alternatif yang ditawarkan adalah bioetanol yang diperoleh dari limbah biomassa. Tongkol jagung sebagai limbah pertanian belum banyak dimanfaatkan dalam memproduksi bioetanol. Penelitian ini akan memanfaatkan Gelombang Mikro untuk perlakuan awal (pretreatment) tongkol jagung. Diharapkan gelombang mikro dapat memecah lignin sehingga etanol yang didapatkan akan lebih optimal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh gelombang mikro pada pretreatment tongkol jagung. Serbuk tongkol jagung dipanaskan dengan oven gelombang mikro menggunakan energi 180 watt dengan variasi waktu 2,4,6,8 dan 10 menit, dilanjutkan dengan proses hidrolisis menggunakan  $H_2SO_4$  encer dan fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. Hasil fermentasi dianalisa dengan alcoholmeter dengan metode Guymon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi bioetanol tertinggi yang diperoleh pada proses fermentasi menggunakan yeast *Saccharomyces cerevisiae* mencapai 2,5% (25 g/L) pada waktu fermentasi 24 jam untuk variasi pemanasan gelombang mikro selama 6 menit. Yield bioetanol optimum hasil fermentasi mencapai 23,67%. Semakin lama waktu fermentasi dan semakin lama pemanasan gelombang mikro yang dilakukan pada penelitian ini tidak meningkatkan konsentrasi bioetanol yang diperoleh.

*Kata kunci : bioetanol, gelombang mikro, tongkol jagung, Saccharomyces Cerevisiae*

## 1. Pendahuluan

Produksi minyak bumi dunia diperkirakan akan turun hingga 20 billion barrels pada tahun 2050. Menurunnya ketersediaan sumber energi bahan bakar minyak bumi menimbulkan adanya usaha-usaha untuk mencari sumber energi alternative yang harus dapat diperbaharui dan ramah lingkungan. Salah satu bentuk energi alternatif yang ditawarkan adalah etanol sebagai bahan bakar transportasi yang bersih dan aman. Meningkatnya penggunaan etanol sebagai sumber energi akan meningkatkan permintaan bahan baku. Sumber bahan baku potensial yang ketersediaannya melimpah, berharga murah, belum banyak dimanfaatkan dan mengandung gula sederhana yang dapat diubah menjadi etanol adalah bahan-bahan berlignosellulosa (Ho et al,1998). Sumber selulosa yang dapat dijadikan etanol dapat berasal dari limbah-limbah pertanian. seperti tongkol jagung yang dihasilkan dalam jumlah besar per tahunnya, dan sering kali menyebabkan pencemaran lingkungan. Tongkol jagung sebagai limbah pertanian belum banyak dimanfaatkan dalam memproduksi etanol. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat untuk mencari sumber-sumber energi dari limbah pertanian sehingga dapat menaikkan nilai tambah dari bahan limbah tersebut.

Penelitian ini akan memanfaatkan Gelombang Mikro untuk perlakuan awal (*pretreatment*) tongkol jagung. Diharapkan gelombang mikro dengan proses lebih lanjut dapat memecah lignin sehingga etanol yang didapatkan akan lebih optimal, dan mengurangi limbah tongkol jagung yang selama ini hanya menjadi sampah dapat dimanfaatkan. Pemanasan menggunakan gelombang mikro dipilih sebagai perlakuan awal sebelum proses hidrolisis tongkol jagung yang akan dilanjutkan proses fermentasi dengan bantuan bakteri *Saccharomyces*

*Cerevisiae*. Dengan besar daya gelombang mikro tertentu yang waktu perlakuannya serta waktu fermentasi akan divariasikan diharapkan akan menghasilkan etanol dengan konsentrasi yang maksimal. Secara umum hidrolisis dapat dilakukan secara kimia, fisika, biologi atau kombinasi di antaranya. Hidrolisis menggunakan asam kuat seperti HCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> adalah teknologi yang hingga kini paling proven dan telah diaplikasikan pada berbagai produksi bioetanol skala pabrik (Nguyen, 2003).

## 2. Metode Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

- Tongkol jagung yang diambil dari perkebunan warga masyarakat daerah kecamatan Mandau, Kabupaten Bengkalis. Tongkol jagung yang sudah diambil bijinya dibersihkan dan dicincang, dikeringkan dengan panas matahari kemudian dihaluskan dengan blender rumah tangga untuk menyeragamkan ukurannya.
- Sacharomyces Cerevisiae*, dari ragi kemasan yang diperoleh dari toko sembako.
- (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO (Urea), NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>-NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>P-O<sub>4</sub>-KCl (NPK), *Yeast extract*, sebagai sumber nutrisi sel ragi.
- Reagen Nelson-Samogyi dan larutan Arsenomolybdat (prosedur pembuatan dapat di lihat di Lampiran A).
- Larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan konsentrasi 4% untuk proses hidrolisis.
- CaCO<sub>3</sub> untuk mengkondisikan pH setelah proses hidrolisis.

Peralatan yang digunakan adalah Oven Gelombang Mikro, oven, elenmeyer sebagai fermentor untuk pembiakan mikroba, shaker, pH meter, *waterbath*, autoklaf, thermometer, rangkaian alat destilasi, timbangan analitik, alkoholmeter, spektrofotometer, kertas saring, tabung reaksi dan rak.

### Penyiapan Bahan Dasar

Tongkol jagung berasal dari perkebunan warga masyarakat daerah kecamatan Mandau, Kabupaten Bengkalis. Tongkol jagung yang sudah diambil bijinya dibersihkan dan dicincang, dikeringkan dengan panas matahari kemudian dihaluskan dengan blender dengan ukuran 20-60 mesh.

### Perlakuan Awal

Serbuk tongkol jagung dipanaskan pada oven gelombang mikro dengan energi 180 watt dengan variasi waktu 2,4,6,8 dan 10 menit.

### Hidrolisis

Proses hidrolisis asam encer mengacu pada *NREL Chemical Analysis and Testing Laboratory Analytical Procedures 014*. Perbandingan tongkol jagung dengan larutan pemasak 1:20 dan penggunaan  $H_2SO_4$  dengan konsentrasi 4%. Pada saat menambahkan sejumlah asam yang diperlukan larutan diaduk perlahan. Masukkan ke dalam autoklaf selama 1 jam dengan suhu  $121^\circ C$ . Biarkan dingin kemudian netralkan larutan hasil hidrolisis dengan menambahkan  $CaCO_3$  secara perlahan sambil diaduk untuk mencegah terbentuknya busa sampai pH menjadi 4-5.

### Sterilisasi

Semua peralatan dan bahan, yaitu hidrolisa tongkol jagung, urea dan NPK disterilkan terlebih dahulu di dalam autoklaf pada suhu  $121^\circ C$  selama 15 menit.

### Persiapan Medium Fermentasi

Medium fermentasi dibuat dengan cara mencampurkan substrat berupa hidrolisa tongkol jagung dengan urea dan NPK masing-masing sebanyak 0,5% dan 0,06 % dari volume medium secara aseptis ke dalam Erlenmeyer yang masing-masing berukuran 250 ml.

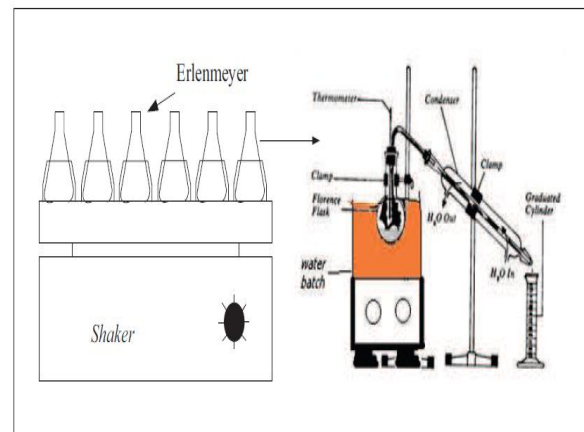
### Fermentasi

Sebelum proses fermentasi lakukan pengecekan pH larutan medium, jika pH

larutan belum berkisar 4 sampai 5 tambahkan Kalsium Karbonat sehingga pH sesuai. Tutup larutan dengan kapas, kain kasa, dan alumunium foil. Selanjutnya semua sampel dikocok dengan menggunakan shaker besar yang bisa sekaligus menampung semua Erlenmeyer dan analisa hasil dilakukan setiap 6, 12, 24, 48 dan 72 jam.

### Cara Analisa Hasil

Pengujian yang dilakukan terhadap hasil fermentasi berdasarkan parameter penelitian meliputi konsentrasi gula awal dan konsentrasi gula akhir hasil fermentasi dengan metode Nelson-Somogyi (Sudarmadji, 1997), kadar etanol sebagai produk fermentasi diukur dengan Alkoholmeter. Skema peralatan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Skematik Peralatan Penelitian

## 3. Hasil dan pembahasan

### Analisa Komposisi Tongkol Jagung

Proses hidrolisis dan fermentasi untuk produksi bioetanol ini menggunakan bahan baku berupa serbuk tongkol jagung yang berasal dari perkebunan warga masyarakat daerah kecamatan Mandau, Kabupaten Bengkalis. Tongkol jagung diberikan perlakuan awal dengan pemaparan gelombang mikro. Tongkol jagung mengandung bahan lignoselulosa yang dapat dikonversi menjadi bioetanol. Bahan lignoselulosa tersebut terdiri dari alfa-selulosa, hemiselulosa, holoselulosa, lignin

dan ekstraktif. Setelah dilakukan analisa komposisi Tongkol jagung di Balai Besar Pulp dan Kertas, Bandung, hasilnya ditampilkan pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Komposisi Tongkol Jagung

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa
1	Hemiselulosa	%	29,35
2	Lignin	%	11,63
3	Holosekulosa	%	56,60
4	Alfa Selulosa	%	26,99
5	Kadar Sari (Ekstraktif)	%	8,07

Sumber : Balai Besar Pulp dan Kertas (2012)

Hasil Analisa bahan baku tongkol jagung yang ditunjukkan pada Tabel 3.1 dapat dilihat bahwa kandungan alfa-selulosa dan hemiselulosa masing-masing sebesar 26,99% dan 29,35%. Kandungan alfa-selulosa dan hemiselulosa yang cukup tinggi ini sangat sesuai untuk dapat dikonversi menjadi bioetanol. Selain itu tongkol jagung memiliki kandungan lignin dan ekstraktif yang rendah yaitu 11,63 % dan 8,07%. Berbeda dengan analisa yang dilakukan oleh Lorenz dan Kulp,1991, dimana kandungan alfa-selulosa 41 %, hemiselulosa 36 %, dan Lignin sebesar 6 %. Hal ini kemungkinan disebabkan karena perbedaan tempat asal dan jenis tanaman jagungnya.

#### **Analisa Konsentrasi Gula Awal Dari Tongkol Jagung**

Penelitian pendahuluan yang dilakukan adalah pembuatan kurva standar antara konsentrasi glukosa pada larutan standar terhadap absorbansi dengan Spektrofotometer Sinar Tampak. Analisa dilakukan pada panjang gelombang 540 nm. Larutan glukosa standar (1000 mg glukosa anhidrat/100ml). Dari larutan glukosa standar tersebut dilakukan 5 pengenceran sehingga diperoleh larutan glukosa dengan konsentrasi: 0,1, 0,2, 0,3,

0,4 dan 0,5 mg/ml. Data hasil pengukuran absorbansi larutan standar glukosa dapat dilihat pada lampiran D. Regresi linier data kurva standar glukosa menghasilkan persamaan  $y = 0,874x + 0,066$ , dengan  $y$  adalah absorbansi pada  $\lambda = 540$  nm dan  $x$  adalah konsentrasi glukosa (mg/ml).

Analisa konsentrasi gula awal tongkol jagung menggunakan metoda Nelson Somogyi dengan Spektrofotometer sinar tampak. Prosedur analisa konsentrasi gula ditunjukkan pada lampiran C, pengukuran dilakukan untuk masing-masing sampel tongkol jagung sesuai variasi perlakuan gelombang mikro. Data pengukuran konsentrasi gula awal didapatkan nilai absorbansi yang cukup tinggi sehingga dilakukan pengenceran terlebih dahulu sehingga didapatkan data seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.2.

**Tabel 3.2** Konsentrasi Gula Awal Hasil Hidrolisis Tongkol Jagung

GM (menit)	Abs	Konsentrasi Gula (mg/ml)
0	0,232	47,483
2	0,479	118,135
4	0,398	94,966
6	0,428	103,547
8	0,370	86,957
10	0,253	53,490

Pada sampel serbuk tongkol jagung tanpa perlakuan GM konsentrasi gula awal hasil hidrolisis yang diperoleh adalah 47,483 mg/ml, sangat berbeda dengan konsentrasi gula sampel tongkol jagung yang mendapatkan perlakuan GM, diperoleh perbedaan yang sangat signifikan. Dengan perlakuan GM selama 2 menit diperoleh konsentrasi gula awal lebih dari dua kali lipat tanpa menggunakan perlakuan. Hal ini mengindikasikan *pretreatment* GM dapat memecah, merusak atau membuka struktur lapisan lignin pada serbuk tongkol jagung sehingga bisa meningkatkan pembentukan gula pada saat proses hidrolisis sebagai tahap lanjutan dari proses *pretreatment*,

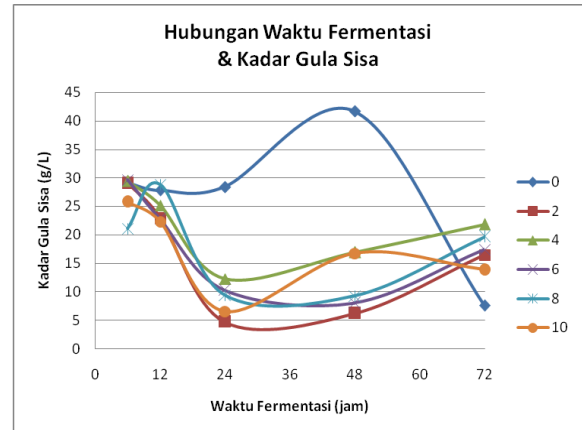
karena selulosa menjadi lebih mudah diakses oleh katalis berupa asam (dalam penelitian ini menggunakan  $H_2SO_4$ ) yang memecah polimer polisakarida menjadi monomer gula. Hal ini sesuai dengan penelitian yang pernyataan Dela Rosa, 1987 yang meneliti bahwa radiasi GM pada bahan lignoselulosa membuat bahan lebih mudah dicerna oleh enzim pada proses hidrolisis enzimatik.

Semakin lama perlakuan GM terhadap sampel ternyata tidak semakin meningkatkan gula yang diperoleh seperti terlihat pada data di tabel 3.2, hal ini disebabkan serbuk tongkol jagung yang terlalu lama akan menjadi rusak bahkan terbakar oleh energi panas yang dihasilkan oleh radiasi GM. Kerusakan tidak hanya secara fisik saja tetapi juga merusak selulosa yang terdapat pada serbuk tongkol jagung tersebut sehingga tidak dapat dihidrolisis menjadi gula.

Konsentrasi gula pada GM 4 menit yang lebih kecil dibandingkan GM 6 menit kemungkinan disebabkan oleh kesalahan teknis pada saat dilakukan penelitian ini. Seharusnya trending data konsentrasi gula turun secara linier berbanding terbalik dengan lamanya GM yang dipaparkan terhadap sampel serbuk tongkol jagung.

### Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Konsentrasi Gula Sisa Hasil Fermentasi.

Fermentasi tongkol jagung menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dilakukan secara *batch* dengan variasi waktu fermentasi. Hasil fermentasi diduga masih mengandung gula, gula sisa hasil fermentasi juga dianalisa dengan menggunakan metoda Nelson Somogyi dengan spektrofotometer sinar tampak. Hubungan antara waktu fermentasi terhadap konsentrasi gula sisa dengan variasi *inokulum yeast* dapat ditunjukkan pada Gambar 3.1.

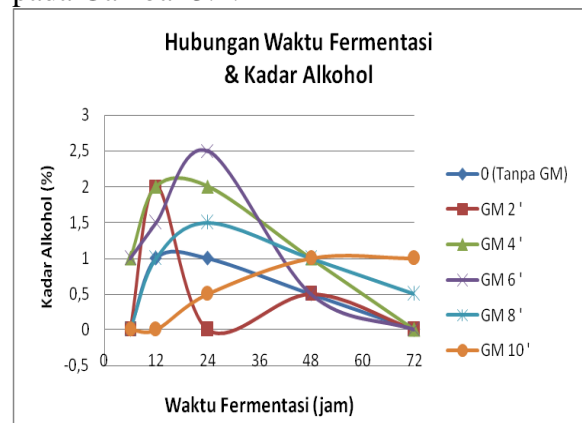


**Gambar 3.1** Hubungan antara waktu fermentasi terhadap konsentrasi gula sisa dengan variasi Gelombang Mikro.

Pada Gambar 3.1 terlihat bahwa semakin lama waktu fermentasi, konsentrasi gula yang ada semakin berkurang. Hal ini menunjukkan adanya penggunaan gula oleh *yeast* untuk pertumbuhan dan metabolisme sel. Waktu fermentasi adalah 72 jam dan selama waktu itu, gula terus digunakan namun tidak sampai habis. Hal tersebut terjadi pada semua variabel.

### Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Konsentrasi Bioetanol

Hubungan antara waktu fermentasi terhadap konsentrasi bioetanol ditunjukkan pada Gambar 3.2.



**Gambar 3.2** Hubungan antara waktu fermentasi terhadap konsentrasi bioetanol.

Lamanya waktu fermentasi ternyata tidak menyebabkan konsentrasi etanol menjadi tinggi akan tetapi semakin menurun, hal ini menunjukkan *yeast* tidak bekerja

dengan baik untuk menghasilkan etanol secara optimal. Fase tersebut disebabkan konsentrasi gula yang semakin berkurang dan pembentukan etanol produk dari fermentasi dapat menghambat pertumbuhan *yeast*, kemudian kemungkinan adanya reaksi lanjutan dari bioetanol menjadi produk lanjutan seperti asam asetat. Laju degradasi gula menjadi bioetanol jauh lebih kecil dibandingkan laju oksidasi bioetanol menjadi asam asetat, sehingga konsentrasi bioetanolnya semakin lama semakin menurun. Sedangkan pada waktu fermentasi tertentu terjadi kenaikan konsentrasi bioetanol dari waktu fermentasi sebelumnya, hal ini kemungkinan di sebabkan karena laju pembentukan gula menjadi bioetanol lebih cepat dibandingkan laju pembentukan bioetanol menjadi asam.

### Konversi Gula dari Tongkol Jagung.

Data hasil perhitungan konversi gula dari tongkol jagung dapat dilihat pada tabel 3.3.

**Tabel 3.3** Konversi Gula dari Tongkol Jagung

Waktu Fermentasi (jam)	Konversi Berdasarkan Waktu Perlakuan GM (%)					
	0 mnt	2 mnt	4 mnt	6 mnt	8 mnt	10 mnt
6	38,6	75,4	69	71,4	75,8	51,9
12	41,5	80,5	73,5	78	66,8	58,3
24	40,2	96	87,1	90,1	89,2	87,8
48	12,3	94,8	82,2	92,3	89,3	68,8
72	84,1	86,1	76,9	83,2	77,4	74,1

Konversi gula tertinggi diperoleh pada waktu fermentasi 24 jam, dengan perlakuan GM 2 menit yaitu 96 %. Penurunan konsentrasi gula tersebut terjadi karena *yeast* membutuhkan substrat untuk pertumbuhan, baik memperbanyak maupun mempertahankan hidup sel. Gula digunakan oleh *yeast* untuk beraktivitas sehingga menghasilkan etanol. Sari (2009) memperoleh konversi optimum lebih kecil sebesar 46,21 % dengan menggunakan bahan baku nira

sorgum dan *yeast Saccharomyces cerevisiae*, akan tetapi Sari (2009) memperoleh konsentrasi etanol yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan pada penelitian ini bioetanol yang diperoleh bereaksi lanjut menjadi asam asetat.

### Perolehan Yield Bioetanol

Data hasil perhitungan yield etanol yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 3.4.

**Tabel 3.4** Yield Bioetanol Hasil Fermentasi

Waktu Fermentasi (jam)	Yield Bioetanol Berdasarkan Waktu Perlakuan GM (%)					
	0 mnt	2 mnt	4 mnt	6 mnt	8 mnt	10 mnt
6	0	0	20,6	18,9	0	0
12	41,3	33,2	41,3	28,4	22,6	0
24	41,3	16,6	41,3	47,3	33,8	18,3
48	20,7	8,3	20,6	9,5	22,3	36,7
72	0	0	0	0	11,3	36,7

Pada Tabel 3.4, yield etanol tertinggi diperoleh pada waktu fermentasi 24 jam perlakuan GM selama 6 menit yaitu sebesar 47,3 %. Konsentrasi etanol tertinggi yang dihasilkan adalah sebesar 25 g/l, sedangkan konsentrasi etanol teoritis yang seharusnya dihasilkan dari fermentasi tongkol jagung yaitu sebesar 52,81 g/l. Yield yang tertinggi diperoleh bukan pada sampel dengan konsentrasi gula awal tertinggi disebabkan karena kondisi pada substrat ini mendukung untuk terjadinya proses fermentasi yang optimal. Proses destilasi untuk memurnikan etanol juga memegang peranan penting perolehan kadar yang tinggi dan juga etanol hasil destilasi yang kita peroleh merupakan senyawa yang tanpa kita sadari mudah menguap ke udara bebas.

### 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilaksanakan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Perlakuan GM sebagai pretreatment pada penelitian ini dapat meningkatkan konsentrasi gula yang akan difermentasi, pada sampel tanpa perlakuan GM konsentrasi gula 47,483 mg/ml, sedangkan pada perlakuan GM selama 2 menit konsentrasi gula meningkat menjadi 118,135 mg/ml.
2. Waktu fermentasi yang semakin lama pada penelitian ini tidak meningkatkan perolehan bioetanol.
3. Kondisi optimum yang dihasilkan yaitu pada sampel dengan perlakuan GM selama 6 menit dengan lama proses fermentasi 24 jam yang menghasilkan kadar alkohol 2,5 %.

Sebagai saran untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Perlu dikaji proses fermentasi tongkol jagung dengan *pretreatment* GM menjadi bioetanol secara kontinu.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memurnikan bioetanol hasil fermentasi, sehingga diperoleh bioetanol dengan konsentrasi yang tinggi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aden, A., Ruth, M., Ibse, K., Jechura, J., Neeves, K., Sheehan, J., dan Wallace, B., 2002, Lignocellulosic Biomass to Ethanol Process Design and Economics Utilizing Co-Current Dilute Acid Prehydrolysis and Enzymatic Hydrolysis for Corn Stover, *National Renewable Energy Laboratory*, NREL/TP-510-32438
- [2] Aryanti, 2009, Pengolahan Bioetanol dari Berbagai Bahan Baku, *Simposium nasional lingkungan 2009*
- [3] Badger, P. C. (2002) *Ethanol from Cellulose: A General Review*. *ASHS Press*, Pp. 17-21.
- [4] Brunow, G., Karhunen, P., Lundquist, K., Olson, S. dan Stomberg, R., 1995, Investigation of Lignin Models of the Biphenyl Type by X-Ray Crystallography dan NMR Spectroscopy, *J. Chem. Crystallogr.*, 25, 1-10
- [5] Caylak, B. dan F. V. Sukan, (1998), "Comparison of Different Production Processes for Bioetanol", *Turk J. Chem.*, 22 : 351-359.
- [6] Del Campo, I., Alegria, I., Zazpe, m., Echeverria, M., Echeverria, I., 2006. Diluted acid hydrolysis pretreatment of agri-food wastes for bioethanol production. *Industrial Crops and Products*, 24:214 – 221.
- [7] Dela Rosa, A. M., Dela Mines, A. S., Banzon, R. B., Simbul-Nuguid, Z. F. (1987). Radiation pretreatment of cellulose for energy production. *Radiation Physics and Chemistry*, 22. Pp. 861-867
- [8] Demirbas, A., 2003. Bioethanol from Cellulosic Materials: A Renewable Motor Fuel from Biomass. *Energy Sources*, 27. Pp. 327-337.
- [9] Demirbas, Ayhan. 2005. *Bioethanol from cellulosic Material: A Renewable Motor Fuel from Biomass*. Department of Chemical Engineering. Selcuk University Konya, Turkey.
- [10] Gozan, M., Samsuri, M., Hermansyah, H., Prasetya, B., dan Nasikin M., 2006, Ethanol Propduction from Bagase with Combination of Cellulase-Cellubiase in Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) using white Rot Fungi Pre-Treatment, *Journal Chemical and Natural Resources Engineering*, university Teknologi Malaysia
- [11] Gozan, Misri, Samsuri, M., 2007. Sakarifikasi Dan Fermentasi Bagas Menjadi Ethanol Menggunakan Enzim Selulase Dan Enzim Sellobiase. *Jurnal Teknologi*, Edisi No. 3, Tahun Xxi, 209–215.
- [12] Harris, J. F., Baker, A. J., Zerbe, J. I. 1984. Two Stage Dilute Sulfuric Acid Hydrolysis of Hardwood for Ethanol

- Production. *Energy Biomass Wastes*, **8**. Pp.1151-1170.
- [13]Heriyono, 2008, Pemerintah Sulit Menekan Penghematan Konsumsi BBM, *Investor Daily*, Juli 2008
- [14]Hermiati, E., Mangunwijdjaja, D., Sunarti, T.C., Suparno, O., dan Prasetya, B., 2010, Pemanfaatan Biomassa Lignoselulosa Ampas Tebu untuk Produksi Bioetanol. *Jurnal Litbang Pertanian*, 29 (4)
- [15]Ho NW, Chen Z, and Brainard AP (1998) Genetically engineered *Saccharomyces* yeast capable of effective cofermentation of glucose and xylose. *Appl Environ Microbiol* 64:1852–1859
- [16]Hu, Gang. 2008. “Feedstock Pretreatment Strategies for Producing Ethanol from Wood, Bark, And Forest Residu,” *Bioresources* 3(1). 270-294.
- [17]Iranmahboob, J., Nadim, F., Monemi, S., 2002. Optimizing acid-hydrlysis: a critical step for production of ethanol from mixed wood chips. *Biomass and Bioenergy*, 22: 401 – 404.
- [18]Keshwani, D. R., Cheng, J. J., Burns, J. C., Li, L., Chiang, V. (2007). Microwave Pretreatment of Switchgrass to Enhance Enzymatic Hydrolysis.[Online]. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*. Tersedia di [www.asabe.org](http://www.asabe.org). [Diakses 10:09:08]
- [19]Kussuryani, Y., dan Anwar, C., 2009, Aplikasi SNI 7390: 2008, Analisa Bioetanol dan Campurannya dengan Bensin, *Penelitian pada LEMIGAS*, Jakarta
- [20]Lavarack, B.P., Griffin, G.J., Rodman, D., 2002. Theacid hydrolysis of sugarcane bagasse hemicellulose to produce xylose, arabinose, glucose and other products. *Biomass Bioenerg.*,23, 367-380.
- [21]Lelana, Neo Endra., 2010, Biokonversi Selulosa: Suatu Tinjauan Dalam Pemanfaatannya Untuk Produksi Bioetanol, Buletin Hasil Hutan Vol. 16 No.1, April 2010 : 77-85
- [22]Lorenz,KJ. dan Kulp, K. (1991). *Handbook of cereal science and technology*. New York USA: Marcel Dekker Inc. 882.
- [23]Magara, K., Azuma, J., Koshijima, T. (1989). Microwave-Irradiation of Lignocellulosic Materials X: Conversion of Microwave-Irradiated Agricultural Wastes into Ethanol. *Wood Research* 76. Pp. 1-9
- [24]Mosier, N., Wyman, C., Dale, B., Elander,R., Lee, Y.Y., Holtzapple, M., dan Ladisch, M., 2004, Features of Promising Technologies for Pretreatment of Lignocellulosic Biomass, *Bioresource Technology* 96 (2005), 673-686
- [25]Mussatto, S.I., Roberto, I.C., 2004. Alternatives for detoxification of dilute-acid lignocellulosic hydrolyzates for use in fermentative process: a review. *Bioresource Technology*, 93, 1-10.
- [26]Mtui G. 2009. Recent advances in pretreatment of lignocellulosic wastes and production of value added products. *African Journal of Biotechnology*. 8 (8): 1398-141.
- [27]National Renewable Energy Laboratory. (1993). Cooperative Agreement Uses Cellulosic Fiber to Get More Ethanol from Corn. U.S Department of Energy.
- [28]Nguyen, Q. A., Keller, F. A., Tucker, M. P. (2003). *Ethanol Production with Dilute Acid Hydrolysis using Partially Dried Lignocellulosics*. United States Patent 6660506.
- [29]Olofsson K, Rudolf A, Lidén G (2008) Designing simultaneous saccharification and fermentation for improved xylose conversion by a recombinant strain of *Saccharomyces cerevisiae*. *J Biotechnol* 134:112-120
- [30]Otterstedt, K., Larsson, C., Bill, R. M., Stahlberg, A., Boles, E., Hohmann, S. & Gustafsson, L. (2004). *Switching the mode of metabolism in the yeast*



- Saccharomyces cerevisiae*. *EMBO Rep* 5, 532–537
- [31] Palmqvist E, Hahn-Hagerdal B. 2000. Fermentation of lignocellulosic hydrolysates, I : inhibitors and mechanisms of inhibition. *Bioresource Technology* 74 : 25-33.
- [32] Palonen, Hetti. 2004. *Role of Lignin in the Enzymatic Hydrolysis of Lignocellulose*. VTT Biotechnology.
- [33] Pelczar, M.J., Jr dan E.C.S. Chan., 1989, Dasar –Dasar Mikrobiologi. Penerjemah R.S.Hadioetomo, T. Imas, S.S. Tjitrosomo dan S.L. Angka., UI-Press, Jakarta
- [34] Pujaningsih, R.I., 2005. Teknologi Fermentasi dan Peningkatan Kualitas Pangan. Laboratorium Teknologi Makanan Ternak Fakultas Peternakan UNDIP
- [35] Purnomo, Bambang., 2004, Pertumbuhan dan Metabolisme Mikroorganisme, *UI-Press*, Jakarta
- [36] Purnama, Alam, 2009, Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat dan Waktu Reaksi pada Hidrolisa Reject Pulp menjadi Glukosa, *Laporan Penelitian*, Fakultas Teknik Universitas Riau Pekanbaru.
- [37] Riyanti, E.I., 2009, Biomassa Sebagai Bahan Baku Bioetanol, *Jurnal Litbang Pertanian*, 28: 101-110
- [38] Samsuri, M., Gozan, M., Wijanarko, A., Hermansyah, H. , Wulan, P.P.D.K., Dianursanti, Nasikin, M. , Prasetya, B. (2007). Hydrolysis of Bagasse by Cellulase and Xylanase for Bioethanol Production in Simultaneous Saccharification and Fermentation. *RSCHE Bioethanol*.
- [39] Samsuri, M., Gozan, M., Nasikin, M., Zulys, A., Prasetya, B., Watanabe, T. (2008). Ethanol Production from Bagasse: Effect of Using Mixed Enzymes, and Pretreatment with Steam and White Rot Fungi Pretreatment in the Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) of Baggase. *ACGC Chem. Res. Comm*, 22. Pp. 34-43.
- [40] Sari, R. P. P., 2009 , Pembuatan Etanol dari Nira Sorgum dengan Proses Fermentasi, *skripsi*, Universitas Diponegoro.
- [41] Szczodrak, J., Fiedurek, J., 1996. Technology for conversion of lignocellulosic biomass to ethanol. *Biomass Bioenerg.*, 10, 367-375.
- [42] Sun, Y., dan Cheng, J., 2002, Hydrolysis of Lignocellulosic Materials for Ethanol Production: A review, *Bioresource Technol*, 83(1), 1-11
- [43] Sutikno, Bambang, 2011, Pengaruh Konsentrasi Glukosa terhadap Biokonversi *Reject* Nanas menjadi Bioetanol. *Laporan Penelitian*, Fakultas Teknik Universitas Riau Pekanbaru.
- [44] Taherzadeh, M. J., dan Karimi, K., 2007, Enzyme-Based Hydrolysis For Ethanol From Lignocellulosic Materials, A Review *BioResources* 2(4), 707-738
- [45] Tucker, M., Kim, K., Newman, M., Nguyen, Q. (2003). Effects of Temperature and Moisture on Dilute-Acid Steam Explosion Pretreatment of Corn Stover and Cellulase Enzyme Digestibility. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 105-108. Pp. 165-177.
- [46] TAPPI, 1996, *TAPPI Test Methods*, Atlanta: TAPPI Press
- [47] Wyman, C.E., 1996, Handbook on Bioethanol: Production and Utilization, Washington, DC, Taylor & Francis
- [48] Zhu, S., Wu, Y., Yu, Z., Wang, C., Yu, F., Jin, S., Ding, Y., Chi, R., Liao, J., Zhang, Y. (2005). Comparison of Three Microwave/Chemical Pretreatment Processes for Enzymatic Hydrolysis of Rice Straw. *Biosystems Engineering*, 93. Pp. 279-283.