

## STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENGGUNAAN *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* TERHADAP TINGKAT PRODUKSI BIOETANOL DENGAN BAHANBAKU NIRA SIWALAN

Wahono Bambang Subrimobdi<sup>1\*</sup>, Novi Caroko<sup>2</sup>, Wahyudi<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Jl.  
Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta 55183

\*Email: beebewirta95@gmail.com

### INTISARI

Meningkatnya jumlah penduduk dunia akan membuat kebutuhan energi negara - negara di dunia meningkat termasuk Indonesia. Ketersediaan minyak bumi Indonesia semakin menipis sehingga untuk memenuhi kebutuhan minyak dalam negeri, Indonesia harus import minyak dari negara lain. Hal ini perlu adanya energi baru dan terbarukan yang mampu memenuhi kebutuhan energi dalam negeri. Salah satu energi baru tersebut yaitu bioetanol. Bioetanol merupakan penyebutan alkohol atau etanol yang bersumber dari bahan hayati, salah satunya adalah nira siwalan. Nira kebanyakan hanya dimanfaatkan sebagai minuman dan gula. Jika nira digunakan sebagai bahan bioetanol, maka nilai jualnya akan meningkat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah yeast dan waktu fermentasi optimal dalam menghasilkan volume dan kadar etanol tertinggi. Metode yang digunakan adalah fermentasi dengan menggunakan *saccharomyces cerevisiae* sebagai yeast penghasil etanol dan akan diukur kadar gula, volume etanol, dan kadar etanol sebagai parameter penelitian. Variabel yang digunakan adalah variasi jumlah yeast (0,5; 1; 1,5; dan 2 gram) dan variasi waktu fermentasi (24, 48, 72, dan 96 jam). Pengukuran gula reduksi dilakukan dengan brix refractometer, pengukuran volume etanol dilakukan dengan gelas ukur, dan pengukuran kadar etanol dilakukan dengan refraktometer alkohol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu fermentasi 72 jam jumlah yeast optimal untuk menghasilkan volume dan kadar etanol tertinggi pada jumlah yeast 0,5 gram yaitu sebanyak 7,63 ml dan kadar etanol 52, 7%. Waktu fermentasi optimal untuk menghasilkan volume dan kadar etanol tertinggi adalah pada waktu fermentasi 48 jam sebanyak 6,33 ml dan kadar etanol 51,33%.

**Kata kunci :** Bahan bakar, bioetanol, jumlah yeast, nira siwalan, waktu fermentasi.

### 1. PENDAHULUAN

Kemajuan industri dan pertumbuhan ekonomi dunia menjadikan konsumsi energi terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk. Meningkatnya kebutuhan energi negara-negara dunia termasuk Indonesia, justru berbanding terbalik dengan cadangan energi dunia (energi fosil) yang semakin menipis. Kebutuhan energi yang semakin meningkat, perlu adanya inovasi mengenai energi baru dan terbarukan. Bioetanol merupakan salah satu bentuk energi biomassa yang dapat diperoleh secara fermentasi. Bioetanol bersumber dari bahan hayati yang mengandung gula dan pati seperti tebu, nira, jagung, singkong dan lain-lain. Bioetanol dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan, namun dengan kemurnian etanol yang tinggi. Menurut Nurdyastuti (2016), bioetanol yang dimanfaatkan sebagai campuran bahan bakar kendaraan harus betul-betul kering agar tidak korosi sehingga bioetanol harus mempunyai kemurnian diatas 99,5%.

Sumber daya alam Indonesia yang kaya akan keanekaragaman merupakan potensi yang sangat prospektif untuk dikembangkan. Salah satunya yaitu tanaman lontar atau siwalan. Hasil utama pohon lontar adalah nira. Nira didapatkan dengan cara menyadap tandan bunga. Sampai saat ini nira siwalan hanya dimanfaatkan masyarakat sebagai minuman dengan harga murah. Selain dikonsumsi sebagai minuman, nira siwalan digunakan sebagai bahan baku gula semut ataupun cuka. Potensi bahan baku nira siwalan di kabupaten Tuban mencapai 132.635 liter/hari, sedangkan berdasarkan hasil penelitian di empat desa di Timor (NTT) jumlah sadapan nira siwalan adalah 132.635 liter/tahun (Pudjoarinto, 1997). Selain di Tuban dan NTT, tanaman lontar tersebar di seluruh wilayah Indonesia seperti Pati, Madura, Bali, NTB, dan Sulawesi. Berdasarkan data tersebut nira memiliki potensi yang sangat besar untuk dikembangkan karena ketersediaan yang melimpah.

Menurut Putra dan Amran (2009), waktu yang dibutuhkan *yeast* untuk mengubah gula menjadi etanol berbeda-beda, tergantung kadar gula dan *yeast* yang diberikan. Menurut hasil penelitian pembuatan bioetanol dari nira aren yang dilakukan oleh Rismawati (2012), waktu fermentasi optimal selama tiga hari dengan kadar (80,59%). Derajat keasaman berpengaruh dalam fermentasi. Menurut Chairul dan Sivia (2013), fermentasi pada pH 4,5 menghasilkan konsentrasi bioetanol yang tertinggi. Hal ini terjadi karena pada pH 4,5 adaptasi *yeast* lebih rendah dan aktivitas fermentasinya juga meningkat. pada pH tinggi konsentrasi gliserol meningkat. Sedangkan pada pH dibawah 4,5 aktifitas enzim akan terhambat sehingga kemampuan mikroba untuk mengurai gula menjadi bioetanol semakin rendah. Adanya penurunan konsentrasi bioetanol disebabkan karena bioetanol yang dihasilkan terkonversi menjadi asam-asam organik seperti asam asetat, asam cuka dan ester.

Bioetanol adalah senyawa alkohol dengan gugus hidroksil (OH), dua atom karbon (C), dengan rumus kimia  $C_2H_5OH$  yang dibuat dengan cara fermentasi gula menggunakan khamir. Senyawa tersebut juga dapat diperoleh dengan cara sintetik berbahan etilena ( $CH_2=CH_2$ ), yang lebih sering disebut etanol saja. Sementara itu, etanol dengan bahan baku gula disebut bioetanol karena gula berasal dari sumber – sumber hayati. Fermentasi merupakan metabolisme mikroba untuk mengubah bahan baku menjadi produk yang bernilai lebih tinggi. Gula adalah bahan yang umum digunakan fermentasi. Beberapa contoh hasil fermentasi adalah etanol, asam laktat, dan hidrogen. Menurut Hadi dkk (2013), pada proses fermentasi terjadi pemecahan asam induk, dimana 1 molekul glukosa akan menghasilkan 2 molekul bioetanol, 2 molekul  $CO_2$  dan pembebasan energi.

Mikroba fermentasi menggunakan jenis *saccharomyces cerevisiae*. *Saccharomyces cerevisiae* memiliki dua enzim. Enzim *invertase* yang bertindak sebagai katalisator dan mengubah sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa atau gula sederhana. Kemudian enzim *zymase* yang bertindak mengubah glukosa atau gula sederhana menjadi etanol dan  $CO_2$ . *Saccharomyces cerevisiae* mempunyai daya fermentasi yang tinggi terhadap glukosa, fruktosa, galaktose, maltose dan mempunyai daya tahan dalam lingkungan di kadar alkohol yang relatif tinggi. Kelebihan lainnya adalah tahan terhadap mikroba lain. *Saccharomyces cerevisiae* merupakan mikroba yang bersifat fakultatif, ini berarti mikroba tersebut memiliki dua mekanisme dalam mendapatkan energinya. Jika ada udara, tenaga di peroleh dari respirasi *aerob* dan jika tidak ada udara tenaga di peroleh dari respirasi *anaerob*. Tenaga yang diperoleh dari respirasi *aerob* digunakan untuk pertumbuhan dan perkembangan sel sehingga praktis tidak ada kenaikan jumlah etanol. Rumus reaksi fermentasi secara aerob adalah sebagai berikut :



Sedangkan pada keadaan *anaerob* proses dan hasilnya berkebalikan dari keadaan *aerob*. Pada keadaan anaerob tidak terjadi pertumbuhan sel, sehingga mikroba bekerja untuk menghasilkan etanol. Rumus reaksi fermentasi keadaan *anaerob* adalah sebagai berikut :



Dalam proses fermentasi memiliki banyak faktor yang mempengaruhi hasil fermentasi bioetanol. Tentunya pada penelitian harus memaksimalkan faktor apa saja yang memiliki efek baik dan meminimalisir faktor yang memiliki efek buruk. Faktor-faktor fermentasi adalah sebagai berikut.

#### a. Kadar Gula

Bahan baku dengan kadar gula tinggi memiliki efek negatif pada *yeast*, baik pada pertumbuhan maupun aktivitas fermentasinya. Apabila gula terlalu pekat, aktivitas enzim akan terhambat sehingga waktu fermentasi menjadi lambat dan jika gula terlalu encer maka kadar etanol yang dihasilkan rendah. Menurut Putra dan Amran (2009), glukosa yang baik berkisar 10 - 18%.

b. Nutrisi

Nutrisi diperlukan sebagai tambahan makanan bagi pertumbuhan *yeast*. Nutrisi yang diperlukan misalnya garam ammonium ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ),  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  atau urea,  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  atau NPK, dan garam phosphate (pupuk TSP). Menurut penelitian yang dilakukan Chairul dan Sivia, (2013) pemberian nutrisi urea 0,4 g/l dan NPK 0,5 g/l.

c. Oksigen

Oksigen diperlukan untuk pertumbuhan *yeast*, tidak diperlukan dalam proses pembentukan etanol karena proses fermentasi etanol bersifat *anaerob*. Jika udara terlalu banyak maka mikroba hanya bekerja untuk memperbanyak jumlah sel sehingga produksi etanol sedikit. Menurut Hadi dkk (2013), kondisi yang baik selama fermentasi adalah kondisi yang tertutup atau lebih cenderung *anaerob* dengan dibatasi oleh udara yang tersedia sedikit  $\pm 10\%$  volume ruang fermentor.

d. Derajat Keasaman

Menurut Putra dan Amran (2009), *saccharomyces cerevisiae* dapat tumbuh baik pada range 3 - 6 namun apabila pH lebih kecil dari 3 maka proses fermentasi akan berkurang kecepatannya pH yang paling optimum pada 4,3 - 4,7. Menurut Chairul dan Sivia (2013), fermentasi pada pH 4,5 menghasilkan konsentrasi bioetanol yang tertinggi.

e. Temperatur

Secara langsung suhu fermentasi dapat mempengaruhi aktifitas enzim dan adanya penguapan etanol. Untuk aktifitas mikroba baik pada suhu kamar sekitar 25 – 27 °C. *Saccharomyces cerevisiae* mempunyai temperature maksimal sekitar 40 - 50 °C dengan temperatur minimum 0 °C. Jika suhu tidak diperhatikan, secara tidak langsung akan mempengaruhi etanol yang dihasilkan. Kecepatan fermentasi akan bertambah sesuai dengan suhu yang optimum umumnya 27 – 32 °C. Pada 27 °C etanol hilang menguap 0,83%, pada 32 °C sebesar 1,66% (Putra dan Amran, 2009).

f. Nutrisi

Nutrisi diperlukan sebagai tambahan makanan bagi pertumbuhan *yeast*. Nutrisi yang diperlukan misalnya garam ammonium ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ),  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  atau urea,  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  atau NPK, dan garam phosphate (pupuk TSP). Menurut penelitian yang dilakukan Chairul dan Sivia, (2013) pemberian nutrisi urea 0,4 g/l dan NPK 0,5 g/l.

g. Waktu

Waktu diperlukan mikroba untuk mengubah gula menjadi etanol. Lamanya waktu yang dibutuhkan tentunya berbeda-beda karena dipengaruhi banyak hal. Faktor yang mempengaruhi yaitu kandungan gula, jumlah mikroba yang diberikan, nutrisi dan lain – lain.

Distilasi atau penyulingan adalah suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan menguap (volatilitas) suatu bahan. Dalam penyulingan, campuran zat dididihkan sehingga menguap, dan uap ini kemudian didinginkan kembali ke dalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap lebih dulu. Metode ini termasuk sebagai unit operasi kimia jenis perpindahan massa. Penerapan proses ini didasarkan pada teori bahwa pada suatu larutan, masing-masing komponen akan menguap pada titik didihnya. Dalam arti yang lebih sederhana distilasi adalah metode pemisahan zat cair berdasarkan perbedaan titik didihnya. Etanol atau etil alkohol merupakan senyawa kimia yang memiliki titik didih pada suhu 70 - 78 °C. Menurut Komaryati dan Gusmailina (2010), proses distilasi dipertahankan pada suhu sekitar 79 - 81 °C dikarenakan pada suhu tersebut bioetanol sudah menguap namun air tidak ikut menguap.

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Alat dan Bahan Penelitian

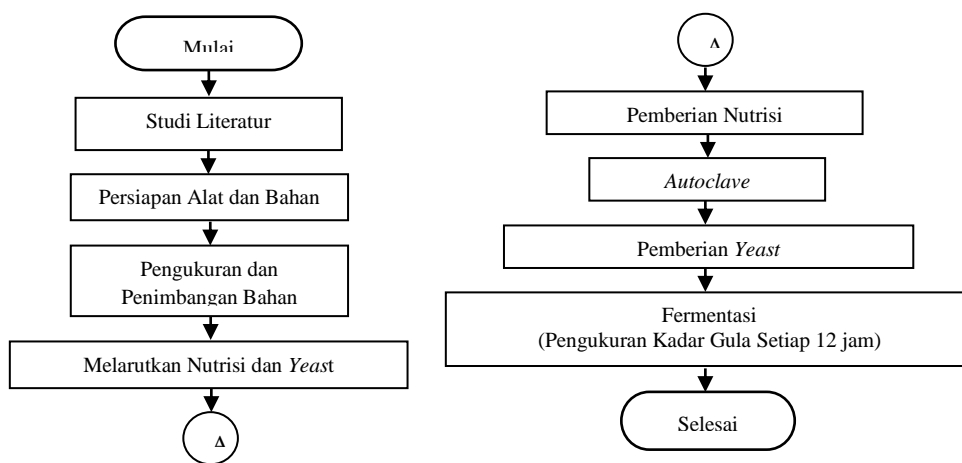
Alat yang digunakan adalah *brix refraktometer*, *refraktometer alcohol*, pH meter, fermentor kapasitas 300 ml, *autoclave*, gelas ukur, alat distilasi sederhana, labu *enlemeyer*, timbangan digital, pengaduk, aluminium foil, jerigen, pipet, *stopwatch*, kamera, dan alat tulis. Sedangkan bahan yang digunakan meliputi nira siwalan, urea, NPK, NaOH, HCL, *yeast*, dan akuades. Pelaksanaan Penelitian

## 2.2 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian yang dilakukan ada dua metode. Metode pertama variasi jumlah *yeast* yang diberikan (0,5 ; 1 ; 1,5 ; dan 2 gram), volume bahan baku 250 ml dan pH awal diatur 4,5 waktu fermentasi 72 jam. Metode kedua adalah variasi waktu fermentasi ( 12, 24, 36, 48, 60, 72 dan 96 jam) dengan volume bahan baku 250 ml dan pH awal diatur 4,5 dengan banyaknya *yeast* yang diberikan berdasarkan hasil terbaik untuk metode pertama. Pemberian nutrisi urea sebanyak 0,1 g/250 ml dan NPK 0,125 g/250 ml untuk semua sampel.

## 2.3 Tahap Penelitian

Penelitian dilakukan dalam dua tahap, yaitu tahap fermentasi dan tahap distilasi. Pada tahap fermentasi semua alat alat dan bahan yang telah disiapkan kecuali *yeast* dilakukan *autoclave* selama 15 menit pada suhu 121 °C. Tujuan dari *autoclave* agar alat dan bahan steril dari mikroba lain yang tidak dibutuhkan. Setelah tahap *autoclave* kemudian pemberian *yeast* yang telah dilarutkan sebelumnya kemudian sampel bahan siap dilakukan fermentasi. Untuk mengetahui lebih jelas tahap fermentasi, disajikan diagram alir penelitian pada gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Fermentasi

Tahap distilasi dilakukan setelah tahap fermentasi selesai dilakukan. Tahap distilasi dilakukan menggunakan alat distilasi sederhana dan suhu distilasi dijaga pada suhu 76 – 81 °C. Etanol yang dihasilkan kemudian dilakukan pengujian.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

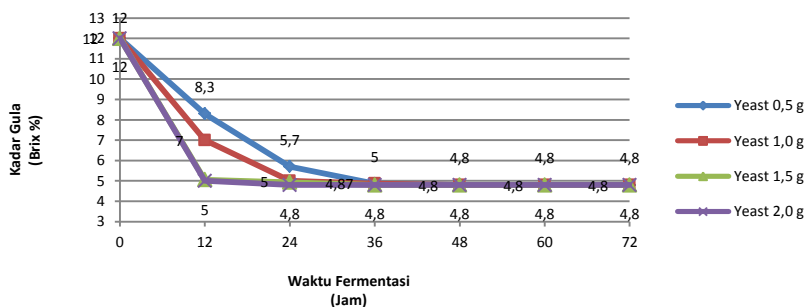
### 3.1 Pengujian Gula untuk Fermentasi Variasi Jumlah *Yeast*

Pengukuran kadar gula bertujuan untuk mengetahui penurunan kadar gula selama proses fermentasi. Pengukuran gula dilakukan menggunakan alat *brix refractometer* kemudian dilakukan pengambilan data. Data rata-rata kadar gula ditunjukkan pada tabel 1.

Dari hasil pengamatan grafik gambar 2 terlihat bahwa penurunan gula tercepat adalah fermentasi yang menggunakan *yeast* 2 gram. Semakin banyaknya *yeast* yang diberikan maka jumlah mikroba akan semakin banyak, sehingga perombakan gula menjadi etanol akan semakin cepat. Fermentasi telah mencapai titik optimal ditandai tidak adanya penurunan gula, hal ini terlihat gula sisa 4,8 brix persen untuk semua variasi jumlah *yeast*. Penurunan gula terhenti dimungkinkan telah habisnya nutrisi. Menurut Wahyudi (1997), dengan bertambahnya waktu fermentasi maka aktifitas khamir berkurang sesuai dengan berkurangnya substrat dan nutrient yang tersedia.

**Tabel 1. Data Hasil Pengujian Kadar Gula**

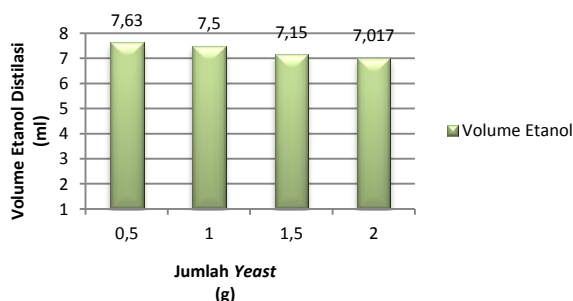
JUMLAH YEAST (g)	GULA PADA FERMENTASI WAKTU TERTENTU (%)						
	0 Jam	12 Jam	24 Jam	36 Jam	48 Jam	60 Jam	72 Jam
0,5 g	12,00	8,30	5,70	5,00	4,80	4,80	4,80
1,0 g	12,00	7,00	5,00	4,87	4,80	4,80	4,80
1,5 g	12,00	5,06	4,93	4,80	4,80	4,80	4,80
2,0 g	12,00	5,00	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80



**Gambar 2. Grafik Hubungan Jumlah Yeast Terhadap Penurunan Gula**

### 3.2 Pengujian Volume Etanol untuk Fermentasi Variasi Jumlah Yeast

Pengukuran volume bioetanol bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak volume bioetanol setelah dilakukan distilasi atau penyulingan. Setelah dilakukan pengukuran, volume bioetanol, variasi jumlah yeast berpengaruh terhadap volume bioetanol yang dihasilkan. Pengukuran volume dilakukan menggunakan gelas ukur. Hasil volume etanol ditunjukkan pada gambar 3.

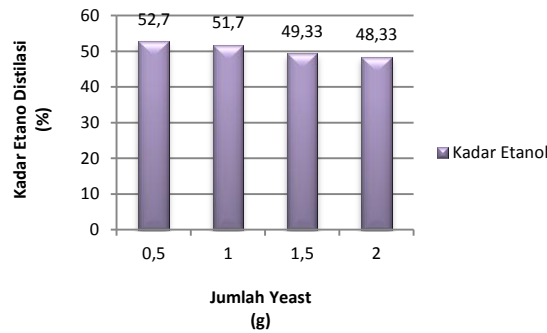


**Gambar 3. Grafik Jumlah Yeast Terhadap Volume Eanol**

Dari grafik gambar 3 terlihat bahwa volume etanol tertinggi sebanyak 7,63 ml untuk variasi yeast 0,5 gram. Dengan yeast 0,5 gram dimungkinkan terjadinya fermentasi pada titik optimal, tidak terlalu lama dan tidak terlalu cepat untuk fermentasi selama 72 jam. Karena bila waktu terlalu singkat maka gula belum terkonversi menjadi etanol keseluruhan, dan bila terlalu lama maka etanol akan terkonversi menjadi asam-asam organik sehingga etanol yang dihasilkan menurun.

### 3.3 Pengujian Kadar Etanol untuk Fermentasi Variasi Jumlah Yeast

Pengujian kadar etanol bertujuan untuk mengetahui kandungan etanol yang dihasilkan. Pengujian kadar etanol dilakukan menggunakan alat refraktometer alkohol. Data rata-rata pengukuran kadar etanol ditunjukkan pada gambar 4.



**Gambar 4. Grafik Variasi Jumlah Yeast Terhadap Kadar Etanol**

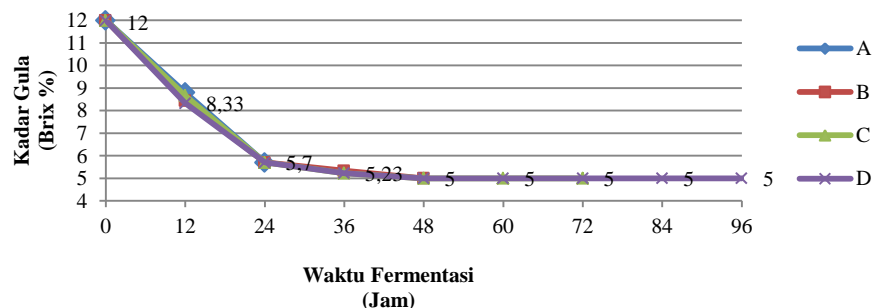
Dari grafik gambar 4 menunjukkan kadar etanol terbaik pada yeast 0,5 gram. Dimungkinkan pada yeast 0,5 gram setelah fermentasi terhenti, hanya sedikit kadar etanol yang terkonversi menjadi asam organik. Yeast 0,5 gram fermentasinya berjalan hingga jam ke-48, berbeda dengan yeast (1; 1,5; dan 2 gram) yang telah berhenti sebelum 48 jam. Menurut Chairul dan Silvia (2013), adanya penurunan konsentrasi bioetanol disebabkan karena bioetanol yang dihasilkan terkonversi menjadi asam-asam organik seperti asam asetat, asam cuka, dan ester. Dari data pengamatan dapat disimpulkan bahwa jumlah yeast optimal adalah 0,5 gram dengan kadar etanol sebesar 52,7 persen.

### 3.4 Pengujian Gula untuk Fermentasi Variasi Waktu

Pengujian gula dilakukan untuk mengetahui penurunan gula selama proses fermentasi variasi waktu. Alat dan cara pengujian dilakukan sama seperti pengujian pada fermentasi variasi jumlah yeast. Berikut data hasil pengujian kadar gula ditunjukkan pada tabel 2.

Dari grafik gambar 5 menunjukkan bahwa turun secara drastis pada 12 jam pertama. Gula terus mengalami penurunan hingga terhenti pada jam ke 48 dengan gula sisa 5,0 brix%. Setelah jam ke-48 tidak ada penurunan gula, menunjukkan bahwa penguraian gula menjadi etanol yang dilakukan mikroba telah berhenti karena telah mencapai titik optimal. Menurut Wahyudi (1997), dengan bertambahnya waktu fermentasi maka aktifitas khamir berkurang sesuai dengan berkurangnya substrat dan nutrient yang tersedia.

Nama Sampel	GULA PADA FERMENTASI WAKTU TERTENTU (%)								
	0 Jam	12 Jam	24 Jam	36 Jam	48 Jam	60 Jam	72 Jam	84 Jam	96 Jam
A	12,00	8,80	5,70						
B	12,00	8,43	5,70	5,33	5,00				
C	12,00	8,66	5,70	5,23	5,00	5,00	5,00		
D	12,00	8,33	5,70	5,23	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00



**Gambar 5 Grafik Hubungan Waktu Fermentasi Terhadap Penurunan Gula**

Keterangan :

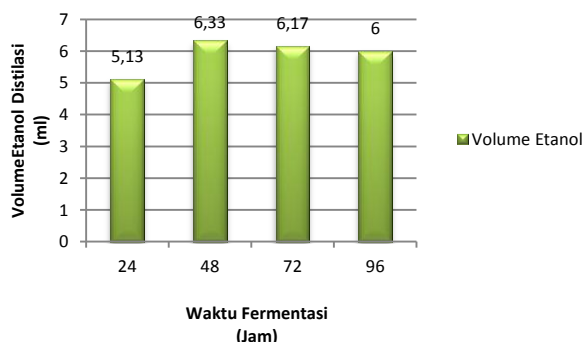
Sampel (A) : Sampel distilasi dengan fermentasi 24 jam yeast 0,5 gram

Sampel (B) : Sampel distilasi dengan fermentasi 48 jam yeast 0,5 gram

Sampel (C) : Sampel distilasi dengan fermentasi 72 jam *yeast* 0,5 gram  
Sampel (D) : Sampel distilasi dengan fermentasi 24 jam *yeast* 0,5 gram

### 3.5 Pengujian Volume Etanol untuk Fermentasi Variasi Waktu

Pengukuran volume etanol dilakukan setelah dilakukan proses distilasi. Setiap sampel yang berbeda didapatkan volume etanol yang berbeda pula. Hasil pengukuran volume etanol ditunjukkan pada gambar 6.

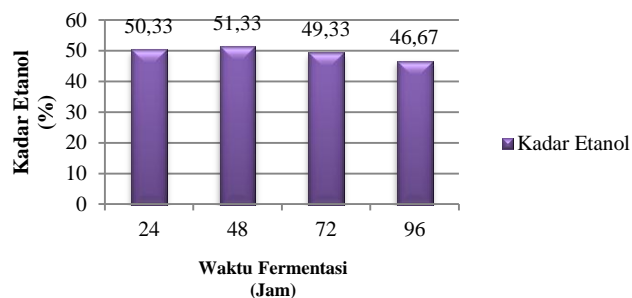


Gambar 6. Grafik Variasi Waktu Fermentasi Terhadap Volume Etanol

Dari grafik gambar 6 menunjukkan bahwa volume tertinggi yang diperoleh pada waktu fermentasi 48 jam sebesar 6,33 ml. Pada waktu fermentasi 48 jam, gula tidak mengalami penurunan hal ini mengindikasikan bahwa pada jam ke-48 telah mencapai titik optimum. Ketika fermentasi telah mencapai titik optimum dan segera dilakukan distilasi maka tidak adanya etanol yang terkonversi menjadi asam organik sehingga didapatkan volume yang optimal.

### 3.6 Pengujian Kadar Etanol untuk Fermentasi Variasi Waktu

Pengukuran kadar etanol dilakukan untuk mengetahui waktu terbaik sehingga mendapatkan kadar etanol tertinggi. Hasil pengujian kadar etanol ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik Variasi Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Etanol

Dari grafik gambar 7 menunjukkan bahwa waktu fermentasi 48 jam menghasilkan kadar etanol tertinggi yaitu 51,33% persen. Hal ini dikarenakan pada waktu 48 jam terjadi fermentasi optimal dan etanol yang terbentuk tidak terkonversi menjadi asam organik karena segera dilakukan distilasi. Pada jam ke-24 gula belum terkonversi menjadi etanol keseluruhan dan untuk fermentasi setelah 48 jam adanya etanol yang terkonversi menjadi asam organik, sehingga kadar etanolnya menurun.

## 4. KESIMPULAN

Fermentasi 72 jam jumlah *yeast* optimal untuk menghasilkan volume dan kadar etanol tertinggi pada jumlah *yeast* 0,5 gram sebanyak 7,63 ml dan kadar etanol 52,7%. Waktu fermentasi optimal untuk menghasilkan volume dan kadar etanol tertinggi pada waktu fermentasi 48 jam

sebanyak 6,33 ml dan kadar etanol 51,33%. Kadar etanol yang didapatkan belum memenuhi sebagai bahan bakar kendaraan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2009. *Nira Aren Sebagai Bahan Baku Bioetanol*: Bogor. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan.
- Chairul dan Silvia R N. 2013. *Pembuatan Bioetanol Dari Nira Nipah Menggunakan Saccharomyces Cereviceae*: Pekanbaru. Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau.
- Hadi, Sopyan. dkk. 2013. *Karakteristik Dan Potensi Bioetanol Dari Nira Nipah Untuk Penerapan Skala Teknologi Tepat Guna*: Pekanbaru. Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau.
- Komarayati, Sri dan Gusmailina. 2010. *Prospek Bioetanol sebagai pengganti Minyak Tanah*: Bogor. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan Bogor.
- Marjoni, M H. 2014. *Pemurnian Etanol Hasil Fermentasi Kulit Umbi Singkong Dari Limbah Industri Kerupuk Sanjai*: Bukittinggi. Akademi Farmasi Dwi Farma Bukittinggi.
- Megawati. 2015. *Bioetanol Generasi Kedua*: Yogyakarta. Graha Ilmu.
- Nurdyastuti, Indyah. 2016. *Produksi Proses produksi Bioetanol*. <https://scholar.google.co.id/scholar?hl=id&q=indyah+nurdyastuti&btnG=>, diakses 27 april 2016.
- Populasi jumlah penduduk 2015. <http://ilmupengetahuanumum.com/10-negara-dengan-jumlah-penduduk-populasi-terbanyak-di-dunia/>, diakses 4 Mei 2016.
- Prastowo, Bambang. 2007. *Potensi Sektor Pertanian Sebagai Penghasil dan Pengguna Energi Terbarukan*. *Jurnal Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan Vol. 6 No. 2 / Desember 2007*, halm. 84 – 92.
- Pudjoarianto. 1998. *Pemanfaatan Lontar (Borassus Flabellifer L.) Di Indonesia*. Prosiding Seminar Nasional Etnobotani III, Bali. Hlm.90-94.
- Putra, Agustinus E dan Amran . 2009. *Pembuatan Bioetanol Dari Nira Siwalan Secara Fermentasi Fase Cair Menggunakan Fermipan*: Semarang. Jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro.
- Rasyid, Rismawati. 2012. *Pengaruh Penambahan Kapur Dan Arang Aktif Pada Konversi Arak Dari Aren Menjadi Bioetanol*: Makasar. Jurusan Teknik Kimia Universitas Muslim Indonesia.
- Wahyudi. 1997. *Produksi Alkohol Oleh Saccharomyces Ellipsoideus dengan Tetes Tebu (Molase) Sebagai Bahan Baku Utama*: Bogor. Fakultas Teknologo Pertanian Institut Pertanian Bogor.