

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENGGUNAAN *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*
TERHADAP TINGKAT PRODUKSI BIOETANOL DENGAN BAHAN BAKU
NIRA SIWALAN**

**Wahono Bambang Subrimobdi
(20120130023)**

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. Karena menipisnya cadangan energi di Indonesia, diperlukan 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 yang semula hanya dimanfaatkan sebagai minuman dan gula. Jika 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 penurunan gula, derajat keasaman, 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 derajat keasaman dilakukan dengan pH meter, pengukuran volume etanol distilasi dilakukan dengan gelas ukur, dan pengukuran kadar etanol dilakukan dengan refraktometer alkohol.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa 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 adalah pada waktu fermentasi 48 jam sebanyak 6,33 ml dan kadar etanol 51,33 %.

Kata kunci : Bioetanol, bahan bakar, nira siwalan, jumlah *yeast*, waktu fermentasi.

1. Pendahuluan

Saat ini pertumbuhan penduduk dunia semakin meningkat dari tahun ketahun. Sementara Indonesia sendiri berada diperingkat empat jumlah penduduk terbesar yaitu sebesar 255.993.674 jiwa atau sekitar 3,5 persen dari jumlah penduduk dunia. Meningkatnya kebutuhan energi negara-negara dunia justru berbanding terbalik dengan cadangan energi dunia (energi fosil) yang semakin menipis termasuk Indonesia. Kebutuhan energi yang

semakin meningkat, perlu adanya inovasi mengenai energi baru dan terbarukan. Bioetanol merupakan salah satu bentuk energi biomasa yang dapat diperoleh secara fermentasi. Bioetanol bersumber dari bahan hayati yang mengandung gula dan pati seperti tebu, nira, jagung, singkong dan lain-lain.

Bioetanol merupakan bahan kimia ramah lingkungan yang dapat digunakan dalam banyak hal. 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 persen. Selain digunakan sebagai bahan bakar kendaraan, bioetanol juga dapat digunakan sebagai bahan baku kegiatan farmasi, bahan baku industri, kosmetik, parfum, bahan dasar turunan alkohol, minuman, dan lain-lain.

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 penyediaan 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.

Dalam proses fermentasi etanol, waktu fermentasi sangat berpengaruh dalam menghasilkan etanol. *Yeast* membutuhkan waktu untuk mengubah gula menjadi etanol. Menurut Putra dan Amran (2009), waktu yang dibutuhkan *yeast* untuk mengubah gula menjadi etanol berbeda-beda, tergantung kadar gula dan *yeast* yang diberikan. Dengan demikian waktu terbaik yang dibutuhkan untuk fermentasi setiap jenis bahan berbeda-beda. Banyaknya jumlah *yeast* yang diberikan akan memperbanyak

jumlah mikroba. Mikroba berperan untuk mengubah gula menjadi etanol. Semakin banyak *Yeast* yang diberikan maka kemungkinan waktu fermentasi lebih cepat. Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian mengenai jumlah *yeast* dan waktu fermentasi, sehingga didapatkan etanol yang optimal. Untuk mendapatkan etanol dengan kadar yang lebih tinggi, dapat dilakukan proses distilasi, adsorpsi, dan dehidrasi..

Menurut hasil penelitian pembuatan bioetanol dari nira aren yang dilakukan oleh Rismawati, (2012) kadar etanol yang diperoleh berdasarkan tabel hasil konversi berat jenis (*AOAC Official Of Analysis*) yaitu fermentasi selama 3 hari (80,59%), 5 hari (80,42%), 7 hari (79,85%), 9 hari (77,69%) dan 11 hari (78,60%).

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, serta berpengaruh pada pembentukan produk samping, dimana 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 (Chairul dan Sivia, 2013).

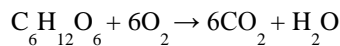
Kondisi yang baik selama fermentasi adalah kondisi yang tertutup atau lebih cenderung anaerob dengan dibatasi oleh udara yang tersedia sedikit $\pm 10\%$ volume yaitu dari sisa rongga ruang nira nipah fermentasi dalam tangki fermentor volume 100 L. Sehingga dalam proses fermentasi oksigen hanya dibutuhkan sedikit (Hadi dkk, 2013).

Bioetanol adalah senyawa alkohol dengan gugus hidroksil (OH), dua atom karbon (C), dengan rumus kimia C_2H_5OH yang dibuat

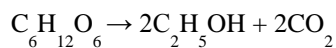
dengan cara fermentasi gula menggunakan khamir. Senyawa tersebut juga dapat diperoleh dengan cara sintetik berbahan etilena ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$), yang lebih sering disebut etanol saja. Sementara itu, etanol dengan bahan baku gula disebut bioetanol karena gula berasal dari sumber – sumber hayati.

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. Secara teoritis bahwa 1 g gula akan dikonversi menjadi 0,51 g bioetanol (51 % bioetanol) dan 0,49 gram CO_2 (49 % CO_2) (Chairul dan Silvia, 2013). Rumus reaksi fermentasi adalah sebagai berikut :

- a. Pemecahan glukosa dalam suasana *aerob*



- b. Pemecahan glukosa secara *anaerob*



Syarat – syarat mikroba dalam fermentasi:

1. Mempunyai kemampuan tumbuh dan berkembang biak dengan cepat dalam substrat yang sesuai.
2. Dapat menghasilkan enzim dengan cepat untuk mengubah glukosa menjadi alkohol.
3. Mempunyai daya fermentasi yang tinggi terhadap glukosa, fruktosa, galaktosa, dan maltose.
4. Mempunyai daya tahan dalam lingkungan di kadar alkohol yang relatif tinggi.
5. Tahan terhadap mikroba lain

Mikroba fermentasi menggunakan jenis *saccharomyces cerevisiae*. *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 alkohol. *Saccharomyces cerevisiae* merupakan *yeast* yang mengandung dua enzim. Enzim inverte yang bertindak sebagai katalisator dan mengubah sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa atau gula sederhana. Kemudian enzim yang kedua adalah 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 serta tahan terhadap mikroba lain.

Faktor yang mempengaruhi fermentasi:

1. Kadar gula

Bahan dengan konsentrasi gula tinggi mempunyai efek negatif pada yeast, baik pada pertumbuhan maupun aktivitas fermentasinya. Kadar glukosa yang baik berkisar 10 - 18%. Apabila terlalu pekat, aktivitas enzim akan terhambat sehingga waktu fermentasi menjadi lambat.

2. Derajat Keasaman

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.

3. Temperatur

Suhu fermentasi secara langsung dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroba. Untuk pertumbuhan mikroba cocok 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%.

4. Nutrisi

Nutrisi diperlukan sebagai tambahan makanan bagi pertumbuhan *yeast*. Nutrisi yang diperlukan misalnya garam ammonium (NH_4Cl), $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ 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.

5. Aerasi

Oksigen diperlukan untuk pertumbuhan *yeast* tapi tidak diperlukan dalam proses etanol, karena proses fermentasi alkohol 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.

6. Waktu

Waktu diperlukan mikroba untuk mengubah gula menjadi etanol. Lamanya waktu yang dibutuhkan tentunya berbeda-beda karena dipengaruhi banyak hal. Faktor tersebut adalah 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,

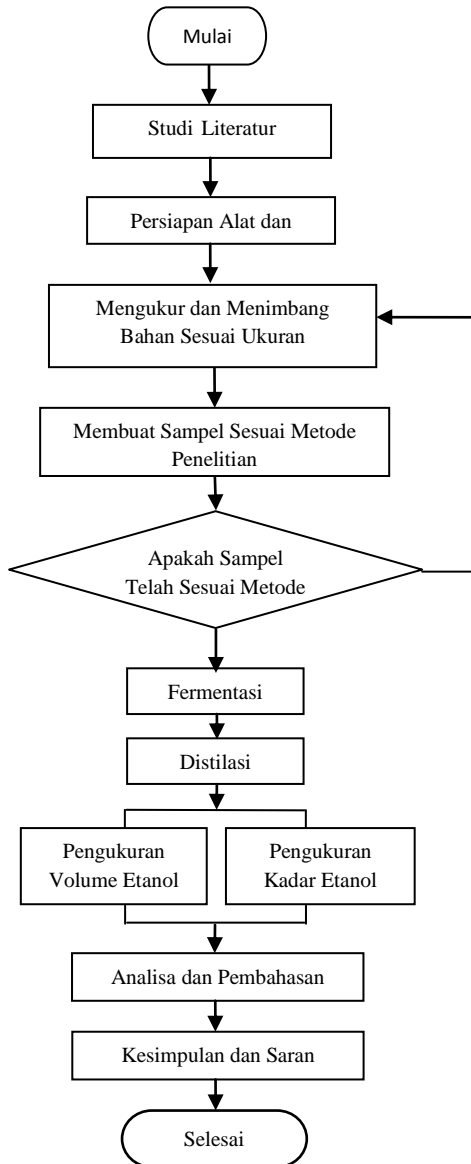
dan uap ini kemudian didinginkan kembali ke dalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap lebih dulu. Metode ini termasuk sebagai unit operasi kimia jenis perpindahan massa. Penerapan proses ini didasarkan pada teori bahwa pada suatu larutan, masing-masing komponen akan 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. Metode Penelitian

a. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian yang dilakukan ada dua metode. Metode pertama waktu fermentasi 72 jam, variasi jumlah *yeast* yang diberikan (0,5 ; 1 ; 1,5 ; dan 2 gram) dengan volume fermentasi 250 ml dan pH awal diatur 4,5. Pemberian nutrisi urea sebanyak 0,1 g/250 ml dan NPK 0,125 g/250 ml untuk semua sampel. Metode kedua adalah variasi terhadap waktu fermentasi (1, 2, 3, dan 4) hari dengan volume fermentasi 250 ml dan pH awal diatur 4,5 dengan banyaknya *yeast* yang diberikan berdasarkan hasil terbaik untuk metode pertama.

Fermentasi dilakukan pada suhu kamar yaitu antara 25 – 27 °C. Setelah dilakukan fermentasi langkah selanjutnya dilakukan pemurnian dengan cara distilasi pada suhu 78 °C. Distilasi ini bertujuan untuk mendapatkan volume dan kadar etanol yang lebih tinggi. Pengujian volume dan kadar etanol hasil distilasi dilakukan setelah fermentasi. Parameter penelitian yang diamati adalah penurunan gula, derajat keasaman, volume etanol distilasi, dan kadar etanol. Diagram alir penelitian disajikan pada gambar 1.



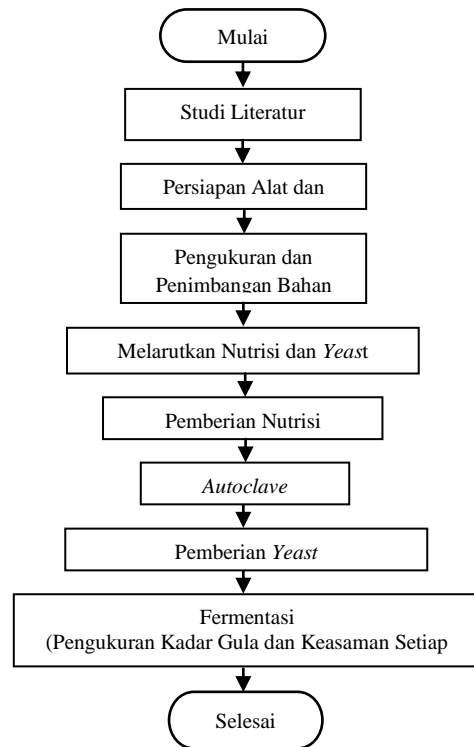
Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

b. 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,aluminum foil, jerigen, pipet, *stopwatch*, kamera, dan alat tulis. Sedangkan bahan yang digunakan meliputi nira siwalan, urea, NPK, NaOH, HCL, *yeast*, dan akuades.

c. Tahap Penelitian

Tahap pertama penelitian adalah tahap fermentasi. Langkah – langkah tahap fermentasi adalah pengukuran dan penimbangan bahan, melarutkan nutrisi dan *yeast*, penuangan nutrisi pada sampel, *autoclave*, penuangan *yeast* pada sampel, fermentasi. Untuk memperjelas tahap fermentasi, berikut diagram alir fermentasi disajikan pada gambar 2.

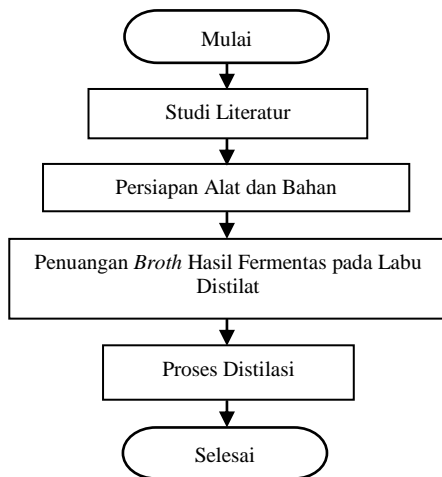


Gambar 2 Diagram Alir Fermentasi

Setelah fermentasi dilakukan, langkah berikutnya adalah distilasi. Distilasi dilakukan dengan tujuan memisahkan etanol dengan *broth* fermentasi sehingga mendapatkan kadar etanol yang lebih tinggi. Langkah pertaman *broth* setelah dilakukan fermentasi dimasukkan pada distilat, kemudian dipanaskan dan dilakukan pengaturan suhu. Distilasi dilakukan dengan menggunakan rangkaian distilasi sederhana dan suhu dijaga pada suhu 78 °C agar etanol dapat menguap. Pada suhu tersebut etanol sudah dapat menguap namun air belum menguap, sehingga antara etanol dan air dapat terpisah. Penjagaan

suhu dengan cara manual yaitu menekan tombol ON- OFF pada kompor listrik. Ketika suhu sudah mencapai 78 °C maka tombol OFF ditekan dan ketika suhu turun menjadi 76 °C tombol ON pada kompor dihidupkan. Untuk memperjelas tahapan-tahapan proses distilasi

yang akan di lakukan di buat diagram alir proses distilasi yang di tunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3 Diagram Alir Distilasi

d. Tahap Pengujian

Selama proses fermentasi dilakukan pengukuran gula dan keasaman. Pengukuran gula menggunakan *brix refractometer*, sedangkan pengukuran keasaman menggunakan pH meter. Setelah proses distilasi dilakukan, maka etanol yang dihasilkan dilakukan pengukuran volume dan kadar etanol. Pengukuran volume etanol dilakukan dengan cara menuangkan hasil distilasi kedalam gelas ukur untuk setiap sampelnya. Pengujian kadar etanol dilakukan secara manual menggunakan refraktometer alkohol. Pengukuran kadar alkohol dilakukan dengan cara meneteskan hasil distilasi secukupnya pada *prism*, kemudian untuk mengetahui seberapa besar kadar etanol yang terdapat pada hasil distilasi dilakukan pengamatan pada *eyepiece*. Angka terukur akan terlihat berdasarkan perbedaan warna.

Besarnya angka terukur akan berwarna putih pada angka skala *prism*.

3. Hasil dan Pembahasan

a. Metode Fermentasi Variasi Jumlah Yeast

Dari metode variasi jumlah *yeast* pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

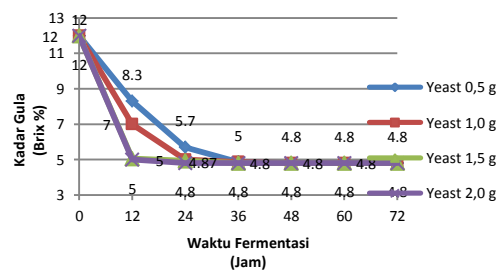
1) Pengukuran Gula

Pengukuran kadar gula bertujuan untuk mengetahui penurunan kadar gula selama proses fermentasi sampai proses fermentasi tersebut telah selesai. Pengukuran gula dilakukan menggunakan alat *brix refractometer* merk ATC kemudian dilakukan pengambilan data. Data rata-rata kadar gula dapat ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1 Data Pengukuran 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

Dari semua data hasil pengujian penurunan kadar gula pada tabel 1 dapat dijelaskan pada grafik gambar 4.



Gambar 4 Geafik Hubungan Jumlah Yeast Terhadap Gula

Dari hasil pengamatan grafik gambar 4 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. Jumlah *yeast* hanya berpengaruh pada semakin cepatnya penurunan gula, tidak berpengaruh pada jumlah gula yang tereduksi meskipun hingga akhir fermentasi. Terlihat pada fermentasi jam ke-48, semua variasi jumlah *yeast* mulai memiliki gula sisa yang sama yaitu 4,8 brix persen. Gula sisa sebesar 4,8 brix persen ini tidak terfermentasi dikarenakan telah habisnya nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroba, sehingga mikroba tidak mampu lagi mengubah gula menjadi etanol. Hal ini sesuai dengan penelitian Wahyudi (1997), dengan bertambahnya waktu fermentasi maka aktifitas khamir berkurang sesuai dengan berkurangnya substrat dan nutrient yang tersedia. Dapat disimpulkan bahwa, semakin banyak jumlah *yeast* maka waktu fermentasinya semakin cepat.

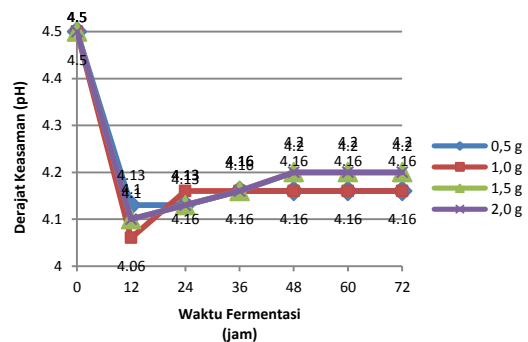
2) Pengukuran Keasaman (pH)

Pengukuran derajat keasaman (pH) bertujuan untuk mengetahui penurunan derajat keasaman selama proses fermentasi sampai proses telah selesai. Pengukuran dilakukan menggunakan alat pH meter merk ATC. Pengambilan data dilakukan dengan cara alat pH meter dicelupkan pada sampel, kemudian nilai keasaman akan muncul pada layar digital. . Data rata-rata derajat keasaman (pH) ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2 Data Pengukuran Keasaman (pH)

YEAST (g)	DERAJAT KEASAMAN PADA FERMENTASI WAKTU TERTENTU							
	0 Jam	12 Jam	24 Jam	36 Jam	48 Jam	60 Jam	72 Jam	
0,5 g	4,50	4,13	4,13	4,16	4,16	4,16	4,16	
1,0 g	4,50	4,06	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	
1,5 g	4,50	4,10	4,13	4,16	4,20	4,20	4,20	
2,0 g	4,50	4,10	4,13	4,16	4,20	4,20	4,20	

Dari semua data hasil pengujian keasaman (pH) pada tabel 2 dapat dijelaskan pada grafik gambar 5.



Gambar 5 Grafik Hubungan Jumlah *Yeast* Terhadap Keasaman (pH)

Berdasarkan pengamatan grafik gambar 5 ternyata variasi jumlah *yeast* tidak berpengaruh besar terhadap penurunan derajat keasaman (pH). Namun yang berpengaruh terhadap penurunan derajat keasaman (pH) adalah waktu fermentasi. Grafik gambar 5 menunjukkan derajat keasaman (pH) turun drastis pada jam ke-12, derajat keasaman ada sedikit kenaikan pada jam berikutnya yang akhirnya derajat keasaman stabil pada jam ke-48 hingga jam ke-72. Adanya penurunan derajat keasaman (pH) ini dikarenakan selama proses fermentasi akan menghasilkan gas CO₂, yang mana CO₂ ini bersifat asam. Nilai pH yang semula mengalami penurunan mengalami sedikit kenaikan. Kenaikan pH dimungkinkan karena, seiring lamanya waktu fermentasi maka gas CO₂ berkurang karena keluar dari botol fermentor melalui rongga penutup. Penurunan pH juga diakibatkan karena fermentasi menghasilkan asam organik. Menurut putra dan amran (2009), penurunan keasaman juga disebabkan karena fermentasi akan menghasilkan asam organik oleh mikroba. Dapat disimpulkan semakin lama fermentasi maka pH semakin kecil.

3) Pengukuran Volume Etanol

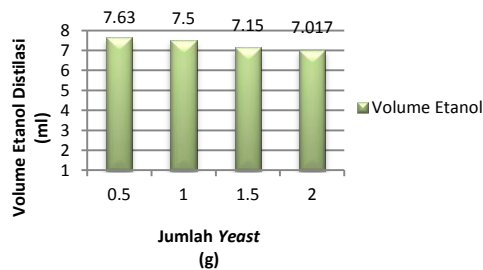
Pengukuran volume bioetanol bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak volume bioetanol setelah dilakukan distilasi atau penyulingan. Setelah dilakukan pengukuran, volume bioetanol, variasi jumlah *yeast* berpengaruh terhadap volume bioetanol yang dihasilkan. Pengukuran volume dilakukan

menggunakan gelas ukur. Data rata-rata volume etanol ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3 Data Pengukuran Volume Etanol

Jumlah yeast (g)	Volume Etanol (ml)
0,5	7,630
1,0	7,500
1,5	7,150
2,0	7,017

Dari semua data hasil pengujian volume etanol pada tabel 3 dapat dijelaskan pada grafik gambar 6.



Gambar 6 Grafik Jumlah Yeast Terhadap Volume Eanol

Dari grafik gambar 4.7 terlihat bahwa volume etanol mengalami penurunan seiring jumlah yeast yang semakin banyak. Dari grafik gambar 6 terlihat bahwa volume etanol tertinggi untuk variasi yeast 0,5 gram. Yeast 0,5 gram pada jam ke-48 masih ada penguraian gula menjadi etanol. Dengan demikian, waktu perombakan etanol menjadi asam organik paling sedikit yaitu kurang lebih 24 jam. Berbeda dengan fermentasi yang menggunakan ragi 1 gram hingga 2 gram. Semakin banyak ragi yang digunakan maka semakin cepat waktu fermentasi, sehingga waktu sisa hingga jam ke-72 semakin lama. Dengan demikian kadar etanol akan semakin banyak yang terkonversi menjadi asam organik, sehingga volume etanol yang dihasilkan semakin sedikit. Untuk mendapatkan volume etanol optimal harus diketahui waktu yang tepat antara fermentasi dan distilasi. Dari pengamatan data dapat disimpulkan bahwa jumlah yeast optimal adalah

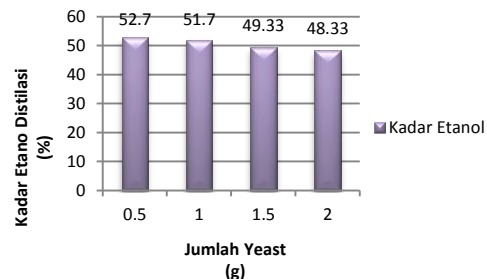
0,5 gram dengan menghasilkan etanol sebanyak 7,63 ml.

4) Pengukuran Kadar Etanol

Pengujian kadar etanol bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kandungan etanol yang dihasilkan. Pengujian kadar etanol dilakukan menggunakan alat refraktometer alkohol merk ATC. Cara pengukuran kadar etanol dengan mengambil sampel kemudian meneteskan pada bagian *prism*. Untuk melihat nilai terukur dilakukan pengamatan pada *eyepiece*. Data rata-rata pengukuran kadar etanol ditunjukkan pada tabel 4.

Jumlah yeast (g)	Kadar Etanol (%)
0,5	52,70
1,0	51,70
1,5	49,33
2,0	48,33

Dari semua data hasil pengujian volume etanol pada tabel 4 dapat dijelaskan pada grafik gambar 7.



Gambar 8 Grafik Variasi Jumlah Yeast Terhadap Kadar Etanol

Dari grafik gambar 7 terlihat bahwa kadar etanol terbaik pada variasi ragi 0,5 gram. Untuk waktu fermentasi 72 jam, variasi ragi 0,5 gram kadar etanol yang terkonversi menjadi asam organik paling sedikit dibandingkan yang lainnya. Grafik menunjukkan semakin banyak jumlah yeast maka kadar etanol semakin turun. Hal ini dikarenakan semakin banyak yeast, maka waktu fermentasi hingga titik maksimum semakin cepat. Semakin cepatnya waktu fermentasi maka, waktu terkonfersinya etanol

menjadi asam organik semakin lama sehingga kadar etanol semakin turun. Hal ini sesuai dengan penelitian 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.

b. Metode Fermentasi Variasi Waktu

Pada metode fermentasi variasi waktu, banyaknya *yeast* yang digunakan berdasarkan *yeast* optimal pada metode pertama (variasi jumlah *yeast*). Parameter yang dilakukan sama seperti metode pertama, yaitu :

- 1) Pengukuran Gula

Data Pengukuran gula yang telah dilakukan disajikan pada tabel 5.

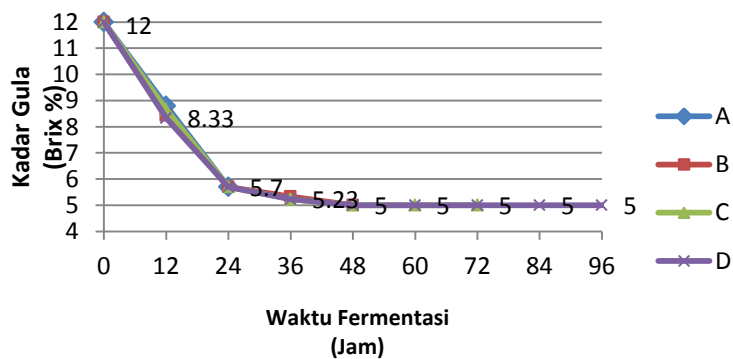
Tabel 5 Pengukuran Gula

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

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 96 jam *yeast* 0,5 gram

Dari semua data hasil pengukuran gula pada tabel gambar 5 dapat dijelaskan pada grafik gambar 8.



Gambar 8 Grafik Variasi Waktu Fermentasi Terhadap Gula

Dari grafik gambar 8 menunjukkan bahwa gula turun secara drastis hingga jam ke-24 dengan gula sisa 5,7%. Penurunan mulai melambat hingga jam ke-48 dengan gula sisa 5,0%.

Setelah jam ke-48 gula tidak mengalami penurunan, ini menunjukkan bahwa penguraian gula menjadi etanol yang dilakukan mikroba telah berhenti karena telah mencapai titik

optimal. Tidak adanya penurunan gula diakibatkan karena aktifitas berhenti karena substrat dan nutrisi yang dibutuhkan mikroba telah habis. Hal ini sesuai dengan penelitian Wahyudi (1997), dengan bertambahnya waktu fermentasi maka aktifitas khamir berkurang sesuai dengan berkurangnya substrat dan *nutrient* yang tersedia. Dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu fermentasi maka semakin

banyak penguraian gula menjadi etanol, namun hingga fermentasi telah mencapai titik optimum.

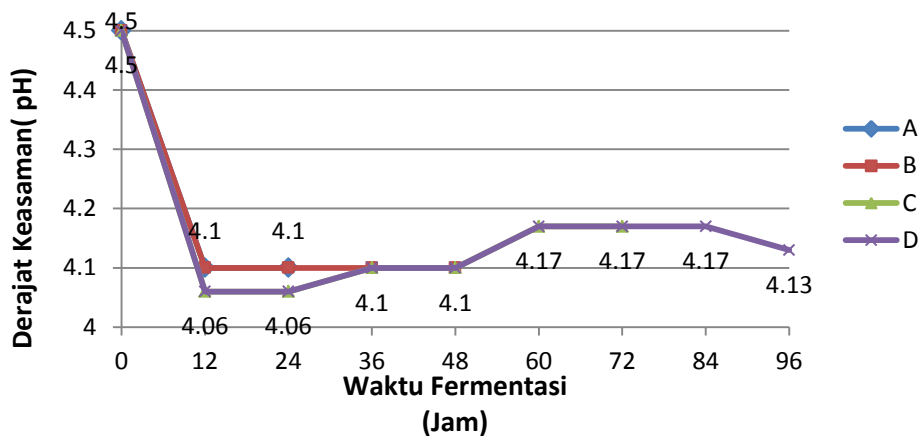
2) Pengukuran Keasaman (pH)

Pengukuran keasaman sama seperti yang dilakukan pada metode pertama, yaitu setiap 12 jam sekali. Data pengukuran derajat keasaman ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6 Data Derajat Pengukuran Keasaman (pH)

Nama Sampel	DERAJAT KEASAMAN PADA FERMENTASI WAKTU TERTENTU								
	0	12	24	36	48	60	72	84	96
A	4,50	4,10	4,10						
B	4,50	4,10	4,10	4,10	4,10				
C	4,50	4,06	4,06	4,10	4,10	4,17	4,17		
D	4,50	4,06	4,06	4,10	4,10	4,17	4,17	4,17	4,13

Dari semua data hasil pengukuran keasaman (pH) pada tabel gambar 6 dijelaskan pada grafik gambar 9.



Gambar 9 Grafik Hubungan Variasi Waktu Fermentasi Terhadap Derajat Keasaman (pH)

Dari grafik gambar 9 terlihat bahwa derajat keasaman (pH) mengalami penurunan paling tinggi pada jam ke-12 yaitu dari 4,50 turun menjadi 4,10. Penurunan pH dimungkinkan karena banyaknya produksi CO₂. Seiring waktu, pH ada sedikit kenaikan kemudian diakhiri penurunan pada fermentasi jam ke 96. Penurunan pH setelah jam ke-84 dimungkinkan

karena adanya etanol yang terkonversi menjadi asam-asam organik.

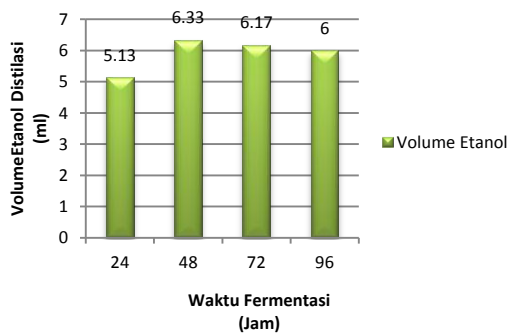
3) Pengukuran Volume Etanol

Pengukuran volume etanol dilakukan setelah dilakukan proses distilasi. Setiap sampel yang berbeda didapatkan volume etanol yang berbeda pula. Data pengukuran volume etanol ditunjukkan pada tabel 7.

Tabel 7 Data Pengukuran Volume Etanol

Nama Sampel	Volume Etanol (ml)
A	5,13
B	6,33
C	6,17
D	6,00

Dari semua data hasil pengukuran volume etanol pada tabel gambar 7 dapat dijelaskan pada grafik gambar 10.



Gambar 10 Grafik Variasi Waktu Fermentasi Terhadap Volume Etanol

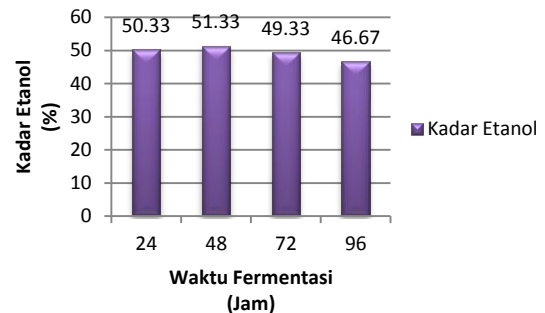
Dari grafik gambar 10 menunjukkan bahwa volume tertinggi yang diperoleh pada waktu fermentasi 48 jam sebesar 6,33 ml. Hal ini menunjukkan bahwa pada waktu fermentasi 48 jam adalah waktu optimum untuk fermentasi. Semakin banyak penguraian gula menjadi etanol, maka akan didapatkan volume etanol yang didapatkan akan optimal. Untuk penurunan volume etanol dipengaruhi oleh adanya etanol yang telah terkonversi menjadi asam - asam organik sehingga volumenya mengalami penurunan. Hal ini sesuai dengan penelitian 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 pengukuran dapat disimpulkan bahwa waktu optimum fermentasi adalah 48 jam dengan volume etanol 6,33 ml.

- 4) Pengukuran Kadar Etanol
 Pengukuran kadar etanol dilakukan dengan tujuan mengetahui waktu optimal untuk mendapatkan kadar etanol yang dihasilkan. Data pengukuran kadar etanol ditunjukkan pada tabel 8.

Tabel 8 Pengukuran Kadar Etanol

Nama Sampel	Kadar Etanol (%)
A	50,33
B	51,33
C	49,33
D	46,67

Dari semua data hasil pengukuran Kadar pada tabel gambar 7 dapat dijelaskan pada grafik gambar 11.



Gambar 11 Grafik Hubungan Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Kadar Etanol

Dari grafik gambar 4.17 menunjukkan bahwa fermentasi 24 jam menghasilkan kadar etanol 50,33% kemudian kadar mengalami kenaikan pada fermentasi di 48 jam sebesar 51,33% persen. Kadar etanol mengalami penurunan pada jam fermentasi 72 jam sebesar 49,33% dan diakhiri kadar sebesar 46,67% pada fermentasi akhir (96 jam). Pada waktu fermentasi 24 jam penguraian gula menjadi etanol belum maksimal, hal ini menyebabkan kadar etanol belum maksimal. Untuk jam ke-48 memiliki kadar etanol yang lebih tinggi dibanding yang

lainnya dikarenakan penguraian gula menjadi etanol sudah maksimal. Kadar etanol akan menurun seiring penguraian etanol menjadi asam-asam organik yaitu untuk fermentasi 72 - 96 jam. Dari data pengamatan dapat disimpulkan bahwa waktu optimum fermentasi adalah 48 jam dengan kadar etanol yang dihasilkan 51,33 %.

4. Kesimpulan

Dari penelitian, analisa, dan pembahasan data yang telah dilakukan pada pengaruh variasi konsentrasi jumlah *yeast* dan variasi waktu eksperimental pembuatan bioetanol kemudian dilakukan beberapa pengujian, yaitu pengujian kadar gula, derajat keasaman (pH), volume etanol, dan kadar etanol maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. 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%.
- b. 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.

5. Saran

- a. Untuk mendapatkan volume dan kadar etanol optimal harus dilakukan pengamatan tentang fermentasi optimal yang ditandainya penurunan gula telah terhenti. Pada waktu ini harus segera dilakukan distilasi, karena jika tidak segera dilakukan distilasi maka akan terjadi penurunan kadar etanol. Penurunan kadar etanol disebabkan karena adanya penguraian etanol menjadi asam – asam organik.
- b. Pada penelitian ini diketahui gula sisa yang tidak tereduksi menjadi etanol masih cukup tinggi yaitu 4,8 – 5,0 brix %. Hal ini dimungkinkanya karena telah habisnya nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroba. Oleh sebab

itu untuk penelitian selanjutnya nutrisi yang diberikan lebih banyak lagi dengan harapan gula dapat tereduksi menjadi etanol keseluruhan. Bila perlu dilakukan penelitian mengenai komposisi jumlah nutrisi yang tepat.

- c. Untuk memudahkan dan menjaga suhu distilasi agar lebih setabil, disarankan alat distilasi dilengkapi thermostat.
- d. Kadar etanol yang dihasilkan belum memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan bakar, untuk itu perlu adanya proses pemurnian lanjut seperti adsorpsi dan dehidrasi.

Dftar 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.