

**PENGARUH KONSENTRASI RAGI ROTI (*Saccharomyces cerevisiae*) DAN
WAKTU FERMENTASI TERHADAP KADAR BIOETANOL
NIRA SIWALAN (*Borassus flabellifer* L.)**

SKRIPSI

Oleh:

**MUZID SYAUQIL UMAM
NIM. 13620082**



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

**PENGARUH KONSENTRASI RAGI ROTI (*Saccharomyces cerevisiae*) DAN
WAKTU FERMENTASI TERHADAP KADAR BIOETANOL
NIRA SIWALAN (*Borassus flabellifer* L.)**

SKRIPSI

**Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri
Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh:
MUZID SYAUQIL UMAM
NIM. 13620082**

**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

**PENGARUH KONSENTRASI RAGI ROTI (*Saccharomyces cerevisiae*) DAN
WAKTU FERMENTASI TERHADAP KADAR BIOETANOL
NIRA SIWALAN (*Borassus flabellifer* L.)**

SKRIPSI

Oleh:

**MUZID SYAUQIL UMAM
NIM. 13620082**

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal 29 Desember 2017

Pembimbing I

Dr. Hj. Ulfah Utami, M.Si.
NIP. 19650509 199903 2 003

Pembimbing II

Mujahidin Ahmad, M.Sc.
NIPT. 201309021313

Mengetahui,

Ketua Jurusan Biologi,



Romaidi, M.Si., D.Sc.

NIP. 19810201 200901 1 019

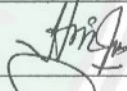
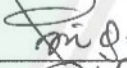
**PENGARUH KONSENTRASI RAGI ROTI (*Saccharomyces cerevisiae*) DAN
WAKTU FERMENTASI TERHADAP KADAR BIOETANOL
NIRA SIWALAN (*Borassus flabellifer* L.)**

SKRIPSI

Oleh:

MUZID SYAUQIL UMAM
NIM. 13620082

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal, 5 Januari 2018

Penguji Utama	<u>Ir. Hj. Liliek Haranie, AR, MP.</u> NIP. 19620901 199803 2 001	
Ketua Penguji	<u>Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc.</u> NIP. 19900428 20160801 2 062	
Sekretaris Penguji	<u>Dr. Hj. Ulfah Utami, M.Si.</u> NIP. 19650509 199903 2 003	
Anggota Penguji	<u>Mujahidin Ahmad, M.Sc.</u> NIPT. 201309021313	

Mengetahui,

Ketua Jurusan Biologi,



Romaidi, M.Si., D.Sc.

NIP. 19810201 200901 1 019

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Muzid Syauqil Umam

NIM : 13620082

Jurusan : Biologi

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sebenarnya bahan skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan dengan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 5 Januari 2018

Yang membuat pernyataan



Muzid Syauqil Umam
NIM. 13620082

MOTTO

SERIUS TAPI SANTAI

NGONO YO NGONO TAPI ORA NGONO

NYOTO O TAPI KUDU NYATA



HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan syukur

الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

Karya kecil secuil ilmu pengetahuan ini
kudedikasikan

untuk agama dan ilmu pengetahuan khususnya
dalam bidang Biologi
dan

Persembahan yang istimewa

Untuk Ibukku.. Bapakku.. Sanudaraku..

Yang telah memberikan kasih sayang, cinta, doa,
semangat, motivasi

Untuk selalu belajar, belajar dan belajar

serta

untuk keluarga, guru-guru saya, sahabat dan teman-
teman semua

semoga selalu istiqomah dalam kebaikan

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah robbil ‘aalamiin. Alhamdulillah robbil ‘aalamiin. Alhamdulillah robbil ‘aalamiin. Segala puji hanya milik sang Maha Kuasa Maha Pemberi Petunjuk, Allah SWT. atas segala nikmat, rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Sholawat serta salam semoga tercurahkan kepada Baginda Rasulullah Muhammad SAW.

Penyusunan dan penyelesaian skripsi ini tentu tidak lepas dari bimbingan, bantuan, saran, kritikan dan dukungan dari berbagai pihak karena kekurangan dan keterbatasan pengetahuan penulis. Oleh karena itu pantaslah kiranya penulis haturkan *jazakumullah khairan katsiranwa jazakumullah ahsanal jaza*’ kepada:

1. Bapak H. M. Yazid dan Ibu Hj. Munifah, kedua orang tua hebat dan tak kenal putus asa yang selalu memotivasi penulis. Semoga Allah membalas kebaikan beliau berdua dan memberikan tempat yang mulia di surga-Nya kelak. Cak Adam, Mbak Hul, Mbak Matul, Mbak Idlo dan keluarga semuanya yang selalu memotivasi penulis.
2. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Semoga beliau menjadi pemimpin yang dapat dijadikan suri tauladan bagi semua.
3. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Semoga beliau selalu diberi kekuatan untuk memimpin fakultas dengan baik.
4. Romaidi, M.Si, D.Sc selaku Ketua Jurusan Biologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang menjabat selama penulis menempuh studi. Semoga beliau dapat memajukan Biologi ke depannya.
5. Dr. Hj. Ulfah Utami, M.Si selaku dosen pembimbing I dan Mujahidin Ahmad, M.Sc. selaku dosen pembimbing II (Pembimbing agama). Terima kasih atas semua ilmu, bimbingan, kritik, saran dan kesabaran beliau dalam menuntun penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Ir. Hj. Liliek Harianie, AR, MP. dan Prilya Dewi Fitriasari, M.Si, selaku dosen penguji yang telah memberikan ilmu, kritik dan saran yang membangun sehingga membantu penyelesaian skripsi ini. .
7. Seluruh dosen, Laboran dan Staf Administrasi Jurusan Biologi yang telah membantu dan memberikan kemudahan, terimakasih atas semua ilmu dan bimbingannya.
8. Meike Tiya Kusuma, S.Si. yang selalu sabar dan selalu memotivasi penulis untuk segera menyelesaikan skripsi ini.
9. Teman-teman para pecinta kopi yang hampir setiap hari menemani penulis selama menempuh studi di Kota Malang.
10. Teman-teman Keluarga Besar Biologi B, terimakasih telah menjadi sahabat bahkan keluarga selama penulis menempuh studi. Kebersamaan,

kekompakan, canda, tawa dan tangis kalian yang menghiasi perjalanan menuju S.Si.

11. Seluruh teman-teman Jurusan Biologi angkatan 2013, yang berjuang bersama-sama menyelesaikan laporan sampai menyelesaikan skripsi dan menyelesaikan studi sampai memperoleh gelar S.Si
12. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang ikut membantu dan memberikan dukungan baik moril maupun materiil dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semoga kebaikan dibalas dengan hadiah yang istimewa dari Allah SWT. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberi manfaat bagi penulis khususnya dan bagi para pembaca pada umumnya serta dapat menambah khasanah ilmu pengetahuan. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan ilmu yang bermanfaat dan melimpahkan rahmat serta ridlo-Nya. Aamiin.

Malang, 5 Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
مختلص البحث	xviii
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	9
1.3 Tujuan Penelitian.....	9
1.4 Hipotesis.....	10
1.5 Manfaat Penelitian.....	10
1.6 Batasan Masalah.....	11
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Siwalan (<i>Borassus flabellifer</i> L.).	12
2.2 Nira Siwalan (<i>Borassus flabellifer</i> L.)	16
2.3 Hukum Khamar dan Alkohol dalam Prespektif Islam	19
2.3.1 Pengertian Khamar	19
2.3.2 Perbedaan Pendapat tentang Kesucian dan Kenajisan Khamar.....	21
2.3.3 Hubungan antara Khamar dan Alkohol	23

2.4 Bioetanol	26
2.5 Fermentasi Alkohol	29
2.6 Ragi Roti	34
2.7 Distilasi	36
2.8 Analisis Kadar Etanol Berdasarkan Gravitasi Jenis (<i>Specific Gravity</i>)	38

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian.....	41
3.2 Variabel Penelitian.....	42
3.3 Waktu dan Tempat.....	42
3.4 Alat dan Bahan.....	43
3.4.1 Alat	43
3.4.2 Bahan	43
3.5 Prosedur Penelitian	43
3.5.1 Sterilisasi	43
3.5.2 Pengambilan Nira Siwalan	43
3.5.3 Pemberian Perlakuan Konsentrasi Ragi Roti dan Waktu Fermentasi	44
3.5.4 Distilasi Hasil Fermentasi	44
3.5.5 Analisis Kadar Bioetanol	45
3.6 Analisis Data Menggunakan SPSS	45

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Interaksi Konsentrasi Ragi Roti (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) dan Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol Nira Siwalan (<i>Borassus flabellifer</i> L.).....	47
4.2 Pengaruh Konsentrasi Ragi Roti (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) terhadap Kadar Bioetanol Nira Siwalan (<i>Borassus flabellifer</i> L.)	51
4.3 Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol Nira Siwalan (<i>Borassus flabellifer</i> L.)	55

4.4 Pemanfaatan Nira Siwalan sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol Menurut Pandangan Islam	58
--	----

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	62
5.2 Saran	62

DAFTAR PUSTAKA.....	64
----------------------------	-----------

LAMPIRAN.....	69
----------------------	-----------



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kadar Gula Nira dari Berbagai Tanaman Palmae.....	17
Tabel 2.2 Komposisi Nutrisi dalam Nira Siwalan	18
Tabel 2.3 Kandungan Nira Siwalan	19
Tabel 2.4 Sifat Fisika-Kimia Etanol.....	27
Tabel 3.1 Kombinasi Perlakuan Konsentrasi Ragi Roti dan Waktu Fermentasi	41
Tabel 4.1 Pengaruh Interaksi Konsentrasi Ragi Roti (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) dan Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol Nira Siwalan (<i>Borassus flabellifer</i> L.)	47
Tabel 4.2 Pengaruh Konsentrasi Ragi Roti (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) terhadap Kadar Bioetanol Nira Siwalan (<i>Borassus flabellifer</i> L.) dengan Fermentasi Selama 5 hari	52
Tabel 4.3 Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol Nira Siwalan (<i>Borassus flabellifer</i> L.)	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Pohon Siwalan	12
Gambar 2.2. Bunga dan Buah Siwalan	14
Gambar 2.3. Reaksi Penguraian Sukrosa menjadi Glukosa dan Fruktosa (Gula Invert).....	17
Gambar 2.4. Kurva Pertumbuhan <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	30
Gambar 2.5. Reaksi Glikolisis Jalur EMP	31
Gambar 2.6. Reaksi Perubahan Asam Piruvat menjadi Etanol	32
Gambar 3.1. Rangkaian Alat Fermentasi	44
Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Interaksi Konsentrasi Ragi Roti (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) dan Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol Nira Siwalan (<i>Borassus flabellifer</i> L.)	49
Gambar 4.2 Diagram Pengaruh Konsentrasi Ragi Roti (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) terhadap Kadar Bioetanol Nira Siwalan (<i>Borassus flabellifer</i> L.) dengan Fermentasi Selama 5 hari.....	52
Gambar 4.3 Diagram Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol Nira Siwalan (<i>Borassus flabellifer</i> L.)	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Nira Siwalan dan Ragi Roti	69
Lampiran 2. Sterilisasi Fermentor dan Pasteurisasi Nira Siwalan	70
Lampiran 3. Proses Pemberian Perlakuan	71
Lampiran 4. Proses Distilasi dan Analisis Kadar Bioetanol	72
Lampiran 5. Perhitungan Kadar Bioetanol Berdasarkan Gravitasi Jenis Sampel Menggunakan Piknometer	73
Lampiran 6. Data Kadar Bioetanol Hasil Pengukuran Menggunakan Piknometer	74
Lampiran 7. Nilai Rata-rata dan Standar Deviasi Kadar Bioetanol	75
Lampiran 8. Hasil Uji ANOVA.....	76
Lampiran 9. Hasil Uji <i>Duncan Multiple Range Test (DMRT)</i>	77

ABSTRAK

Umam, Muzid Syauqil. 2018. **Pengaruh Konsentrasi Ragi Roti (*Saccharomyces cerevisiae*) dan Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol Nira Siwalan (*Borassus flabellifer* L.)**. Skripsi. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing (I): Dr. Hj. Ulfah Utami, M.Si (II) Mujahidin Ahmad, M.Sc.

Kata kunci: konsentrasi ragi roti, waktu fermentasi, kadar bioetanol, dan nira siwalan.

Bioetanol adalah salah satu *biofuel* yang hadir sebagai bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan dan sifatnya terbarukan. Bioetanol dapat dibuat dari bahan yang mengandung gula sederhana, pati, maupun bahan berserat melalui proses fermentasi. Salah satu tanaman yang bisa dijadikan sebagai bahan baku bioetanol adalah siwalan (*Borassus flabellifer* L.), tepatnya nira hasil dari penyadapan bunga siwalan. Nira siwalan mengandung gula dengan kadar 15%.

Tujuan penelitian ini adalah mengkaji pemanfaat nira siwalan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol dengan membuktikan pengaruh konsentrasi ragi roti dan waktu fermentasi terhadap kadar etanol nira siwalan. Variabel konsentrasi ragi roti yang digunakan adalah 0%, 2%, 4%, dan 6%. Sedangkan variabel waktu fermentasi yang digunakan adalah 2 hari, 3 hari, 4 hari, dan 5 hari. Uji statistik dilakukan menggunakan ANOVA kemudian dilanjutkan dengan Uji Duncan 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi antara konsentrasi ragi roti dan waktu fermentasi berpengaruh terhadap kadar bioetanol nira siwalan dengan rata-rata kadar bioetanol tertinggi (34,9%) dihasilkan oleh kombinasi antara konsentrasi ragi roti 6% dan waktu fermentasi 2 hari. Selanjutnya konsentrasi ragi roti berpengaruh terhadap kadar bioetanol nira siwalan dengan rata-rata kadar bioetanol tertinggi (26,475%) dihasilkan oleh konsentrasi ragi roti 6%. Sedangkan waktu fermentasi tidak berpengaruh terhadap kadar bioetanol nira siwalan dengan rata-rata kadar bioetanol tertinggi (23,175%) dihasilkan oleh waktu fermentasi 2 hari.

ABSTRACT

Umam, Muzid Syauqil. 2018. **The Influence of Bread Yeast Concentration (*Saccharomyces cerevisiae*) and Fermentation Time on Bioethanol Content of Siwalan Sap (*Borassus flabellifer* L.)**. Thesis. Biology Department, Faculty of Science and Technology, Islamic State University of Maulana Malik Ibrahim (UIN) Malang. Supervisors (I): Dr. Hj. Ulfah Utami, M.Si (II) Mujahidin Ahmad, M.Sc.

Keyword: Bread yeast concentration, fermentation time, bioethanol content, and siwalan sap.

Bioethanol is one of biofuel that can be used as an alternative fuel which is eco-friendly and renewable. Bioethanol is derived from sources containing simple sugars, starches, or fibrous through fermentation. One of plants that can be used as the source of bioethanol is siwalan (*Borassus flabellifer* L.), precisely the sap from the tapping of siwalan flowers. In which siwalan sap contains sugar up to 15%.

The purpose of this study is to analyze the use of siwalan sap as a source to derive bioethanol by proving the influence of bread yeast concentration and fermentation time on ethanol content of siwalan sap. The bread yeast concentration variables used were 0%, 2%, 4%, and 6%. While the fermentation time variables used were 2 days, 3 days, 4 days, and 5 days. Statistic test that applied were ANOVA and Duncan Test 5%.

The results showed that the interaction between bread yeast concentration and fermentation time influenced the content of siwalan sap bioethanol in which the highest rate of bioethanol content (34.9%) derived from 6% bread yeast concentration during 2 days of fermentation. Furthermore, bread yeast concentration influenced the content of the siwalan sap bioethanol in which the highest rate of bioethanol (26.475%) derived from 6% bread yeast concentration. While the fermentation time did not influence the content of siwalan sap bioethanol where the highest rate of bioethanol (23.175%) derived from 2 days of fermentation.

ملخص البحث

أمم، موزيد شوقيل. 8201. تأثير تركيز خميرة الخبز (*Saccharomyces cerevisiae*) و وقت التخمر على قدر الإيثانول الحيوي لعصير سيوالان (*Borassus flabellifer* L.). البحث العلمي ليكلوريوس. البيولوجيا، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. (I): أولفا أوتامي، الماجستير (II) مجاهدين أحمد، الماجستير.

الكلمات الرئيسية: تركيز خميرة الخبز، وقت التخمر، الإيثانول الحيوي، عصير سيوالان.

الإيثانول الحيوي هو من الوقود الحيوي (*biofuel*) الذي يأتي كوقود بديل أكثر صديقة للبيئة . ويمكن صنع الإيثانول الحيوي من مواد تحتوي على سكريات بسيطة أو نشويات أو مواد ليفية من خلال عملية التخمر. و من النباتات التي يمكن استخدامها كمادة خام لإيثانول "سيوالان" (*Borassus flabellifer* L.)، يعني العصير منسغ زهور سيوالان. و عصير سيوالان يحتوي على السكر مع قدر 15 .

و الغرض من هذه الدراسة هو تقييم استفادة عصير سيوالان كمادة خام لإنتاج الإيثانول الحيوي بإثبات تأثير تركيز خميرة الخبز ووقت التخمر على قدر الإيثانول لعصير سيوالان. و كانت متغيرات تركيز خميرة الخ 0 2 4 6 . و أما متغير الوقت للتخمر المستخدمة فهو 2 أيام، 3 أيام، 4 أيام، و 5 أيام. (ANOVA) (Duncan) 5 .

و أظهرت النتائج أن التفاعل بين تركيز الخميرة ووقت التخمر يؤثر على قدر الإيثانول الحيوي لعصير سيوالان مع متوسط قدر الإيثانول من أعلى (34.9) الذي تم إنشاؤه من قبل مجموعة بين تركيز خميرة الخبز 6% و وقت التخمر 2 أيام. وعلاوة على ذلك، فإن تركيز الخميرة يؤثر على قدر الإيثانول الحيوي من عصير سيوالان بمعدل قدر الإيثانول الحيوي أعلى (26.475) الذي تم إنشاؤه بواسطة تركيز 6% من خميرة الخبز. و أما وقت التخمر فليس له التأثير على قدر الإيثانول الحيوي لعصير سيوالان مع قدر الإيثانول الحيوي من أعلى (23.175) الذي ينتجه وقت التخمر من 2 يوما.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Peningkatan laju konsumsi energi di Indonesia adalah sekitar 8% per-tahun, sedangkan di dunia hanya 2%. Konsumsi energi meningkat pesat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan penduduk. Akan tetapi, sumber energi Indonesia sangat tergantung pada bahan bakar fosil (Gozan, 2014). Di sisi lain, data cadangan energi fosil pada tahun 2014 menunjukkan bahwa cadangan minyak bumi sebesar 3,6 miliar barel, gas bumi sebesar 100,3 *Trillion Cubic Feet* (TCF) dan cadangan batubara sebesar 32,27 miliar ton. Bila diasumsikan tidak ada penemuan cadangan baru, berdasarkan rasio *R/P* (*Reserve/Production*) tahun 2014, maka minyak bumi akan habis dalam 12 tahun, gas bumi 37 tahun, dan batubara 70 tahun (Sugiyono, 2016).

Saat ini mulai dilakukan konversi penggunaan BBM beralih ke Bahan Bakar Gas (BBG). BPS mencatat bahwa sampai tahun 2014 penggunaan bahan bakar jenis minyak tanah untuk kebutuhan memasak hanya sebesar 5,12% dibanding dengan tahun-tahun sebelumnya yakni pada tahun 2004 penggunaan minyak tanah untuk kebutuhan memasak mencapai 88,95%. Penurunan yang sangat signifikan tersebut menunjukkan bahwa ketersediaan BBM jenis minyak tanah semakin terbatas. Mayoritas penduduk Indonesia beralih menggunakan bahan bakar jenis gas untuk kebutuhan memasak dengan persentase sebesar 58,42% pada tahun 2014 (BPS, 2015). Meskipun demikian, BBG merupakan jenis

bahan bakar fosil seperti BBM yang sifatnya tidak bisa diperbarui (*unrenewable*). Oleh karena itu, dibutuhkan energi alternatif sebagai pengganti BBM yang sifatnya dapat diperbarui (*renewable*).

Upaya untuk mengurangi konsumsi dan ketergantungan penggunaan bahan bakar fosil adalah dengan membuat dan menggunakan Bahan Bakar Nabati (BBN). Menurut Lubad dan Widiastuti (2010), Bahan Bakar Nabati (BBN) atau *biofuel* adalah bahan bakar yang dapat diperbarui (*renewable*) dan dapat diproduksi dari berbagai jenis tumbuhan seperti singkong, tebu, sawit, jarak pagar, dan lain-lain. BBN sendiri terbagi menjadi jenis bioetanol dan biodiesel. Bioetanol adalah jenis BBN yang mengandung etanol dalam tingkatan tertentu dan dapat dicampur dengan bahan bakar yang berasal dari minyak bumi sedangkan Biodiesel adalah bahan bakar motor diesel yang berupa ester alkil atau alkil asam-asam lemak (biasanya ester metil) yang dibuat dari minyak nabati melalui proses transesterifikasi atau esterifikasi. Gozan (2014) menyatakan bahwa pemerintah telah mengeluarkan kebijakan peningkatan penggunaan bahan bakar nabati dan juga berbagai jenis energi baru dan terbarukan. Target persentase penggunaan bahan bakar nabati (*biofuel*) sesuai dengan Peraturan Presiden Nomor 5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional yang dicanangkan pada tahun 2025 adalah lebih dari 5% terhadap konsumsi energi nasional.

Bioetanol adalah salah satu *biofuel* yang hadir sebagai bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan dan sifatnya terbarukan. Bioetanol merupakan bahan bakar alternatif yang diolah dari tumbuhan yang memiliki keunggulan karena mampu menurunkan emisi CO₂ hingga 18%, dibandingkan

dengan emisi bahan bakar fosil seperti minyak tanah (Komarayati dan Gusmailina, 2010). Bioetanol dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar minyak (BBM) tergantung dari tingkat kemurniannya. Bioetanol dengan kadar 95%-99% dapat dipakai sebagai bahan substitusi premium (bensin), sedangkan kadar 40% dipakai sebagai bahan substitusi minyak tanah (Komaryati dkk., 2014).

Selain bisa dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif yang terbarukan, etanol dari bioetanol juga bisa dimanfaatkan untuk berbagai macam produk dan kebutuhan yang lainnya. Hanum dkk. (2013) menyatakan bahwa etanol dengan kadar 95-96% disebut “etanol hidrat” terbagi dalam: *technical/raw spit grade*, digunakan sebagai minuman, desinfektan dan pelarut; *industrial grade*, digunakan untuk bahan baku industri pelarut; dan *potable grade*, digunakan untuk minuman berkualitas tinggi. Selanjutnya menurut Chairul dan Yenti (2013), etanol banyak digunakan di bidang kesehatan sebagai zat antiseptik.

Bioetanol dapat dibuat dari bahan yang mengandung gula sederhana, pati, maupun bahan berserat melalui proses fermentasi (Azizah dkk., 2012). Fermentasi alkohol adalah proses penguraian karbohidrat menjadi etanol dan CO₂ yang dihasilkan oleh aktivitas suatu jenis mikroba yang disebut khamir dalam keadaan anaerob (Jhonprimen dkk., 2012). Biasanya dalam proses fermentasi alkohol digunakan khamir murni dari strain *Saccharomyces cerevisiae* (Hidayat, 2006). Berkaitan dengan bahan baku dalam pembuatan bioetanol, ada beberapa sumber yang dapat digunakan antara lain: nira bergula (nira tebu, nira nipah, nira sorgum manis, nira kelapa, nira aren, nira siwalan), bahan berpati (antara lain sagu,

singkong/gaplek, ubi jalar, ganyong dan garut), lignoselulosa (kayu, jerami, batang pisang dan bagas) (Komaryati dkk., 2014).

Salah satu tanaman yang bisa dijadikan sebagai bahan baku bioetanol adalah siwalan (*Borassus flabellifer* L.), tepatnya nira hasil dari penyadapan bunga siwalan. Nira siwalan mengandung gula dengan kadar 15% (Sholikhah, 2010). Kadar gula nira siwalan tersebut tidak jauh dengan kadar gula yang terkandung dalam nira tanaman lain. Nira kelapa memiliki kadar gula total sekitar 12-18%, nira sorgum memiliki kadar gula total 11-16%, nira tebu memiliki kadar gula total 9-17% (Komarayati dan Gusmailina, 2010), dan nira nipah memiliki kadar gula total 15-20% (Chairul dan Yenti, 2013). Haisya (2011) menyatakan bahwa kadar gula optimal yang dibutuhkan mikroba dalam proses fermentasi sebesar 10%. Hal ini menunjukkan bahwa nira siwalan berpotensi sebagai bahan baku bioetanol.

Proses pembuatan bioetanol dari nira siwalan yang mengandung gula lebih mudah dibandingkan bahan lain yang mengandung pati, selulosa, hemiselulosa, ataupun lignin. Gozan (2014) menyatakan bahwa proses pembuatan bioetanol yang berasal dari bahan baku bukan gula (pati, selulosa, hemiselulosa, dan lignin) terdiri dari dua tahap yaitu hidrolisis dan fermentasi, sedangkan bahan baku bioetanol yang mengandung gula dapat langsung difermentasi.

Selain mengandung gula, nira siwalan juga mengandung beberapa nutrisi yang penting bagi mikroorganisme untuk melakukan metabolisme dalam proses fermentasi. Suseno dkk. (2000) menyatakan bahwa nira siwalan mengandung beberapa nutrisi yang penting seperti gula, protein, lemak maupun mineral, dan

merupakan media yang baik untuk pertumbuhan mikroorganisme seperti bakteri, kapang dan khamir. Oleh karena itu, proses fermentasi nira siwalan bisa berlangsung dengan cepat. Hal ini dibuktikan dengan pernyataan Sholikhah (2010) bahwa dalam waktu fermentasi 34 jam, nira siwalan telah mengandung 3,243% etanol. Hasil tersebut terus meningkat pada waktu fermentasi 58 jam, 82 jam, 106 jam, dan 130 jam dengan kadar etanol masing-masing mencapai 7,88%, 8,01%, 8,088%, dan 8,658%.

Bioetanol dari nira siwalan dapat digunakan dan dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai alternatif energi terbarukan (*renewable energy*) sehingga mampu mendongkrak harga pasar nira siwalan yang relatif murah. Menurut Tambunan (2010), peluang lain nira siwalan yang dilirik oleh pasar dan memiliki prospek yang sangat baik adalah etanol. Etanol pada tingkat kemurnian sekitar 80% dapat digunakan sebagai bahan desinfektan untuk kebutuhan klinik dan rumah sakit. Selanjutnya, pada tingkat kemurnian etanol 99,5% sampai 100% digunakan sebagai campuran bahan bakar. Akan tetapi, keberhasilan produksi etanol tersebut bergantung pada pasar. Oleh karena kebutuhan etanol belum sepenuhnya diketahui, maka upaya pembuatan etanol dari nira siwalan belum maksimal dilakukan.

Di daerah pesisir pantai utara (Pantura) Jawa Timur khususnya di daerah Lamongan dan Gresik, terdapat banyak tanaman siwalan. Tanaman siwalan dimanfaatkan oleh penduduk sebagai makanan (buahnya) dan sebagai minuman (niranya) (Arifah, 2007). Nira siwalan (*Legen*) dianggap masyarakat setempat sebagai minuman yang menyegarkan dan diyakini berkhasiat untuk

menyembuhkan berbagai macam penyakit. Akan tetapi, *legen* tidak mampu bertahan lama. Setelah dibiarkan beberapa hari, *legen* akan berubah menjadi minuman keras yang memabukkan (*tuak*) karena terfermentasi oleh mikroorganisme. Hal ini membuat resah masyarakat karena *tuak* merupakan minuman yang memabukkan dan tidak jarang disalahgunakan oleh masyarakat untuk berpesta minuman keras atau dioplos dengan bahan minuman keras yang lain.

Sesuai hasil penelitian yang dilakukan Sholikhah (2010) bahwasanya hasil fermentasi nira siwalan dalam waktu 34 jam (sehari lebih 10 jam) menghasilkan kadar etanol sebesar 3,243%. Besar kandungan etanol nira siwalan tersebut menurut Majelis Ulama' Indonesia (MUI) telah melebihi standar minuman yang halal untuk diminum. Hasil ijtihad fatwa MUI yang ditetapkan pada bulan Mei tahun 2003 menyatakan bahwa batas kadar alkohol maksimal yang diperbolehkan untuk dikonsumsi kurang dari 1% (MUI, 2014).

Allah berfirman dalam surat Al-Baqarah [1]: 219 yang berbunyi:

يَسْأَلُونَكَ عَنِ الْخَمْرِ وَالْمَيْسِرِ قُلْ فِيهِمَا إِثْمٌ كَبِيرٌ وَمَنْفَعٌ لِلنَّاسِ
وَإِثْمُهُمَا أَكْبَرُ مِنْ نَفْعِهِمَا

"Mereka bertanya kepadamu tentang khamar [minuman yang memabukkan] dan judi. Katakanlah: "Pada keduanya terdapat dosa yang besar dan beberapa manfaat bagi manusia, tetapi dosa keduanya lebih besar dari manfaatnya".

Meskipun *tuak* yang disebutkan dalam ayat di atas dengan istilah khamar terkandung dosa yang besar, namun di dalamnya juga terkandung kebaikan. Hal ini menjadi peluang bagi peneliti untuk melakukan suatu penelitian yang

bertujuan untuk mengubah *tuak* menjadi sesuatu yang mengandung kebaikan lebih besar dari dosanya dengan memanfaatkannya sebagai bahan baku pembuatan bioetanol.

Pemanfaatan nira siwalan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol dalam penelitian ini dilakukan dengan menambahkan ragi roti ke dalam nira siwalan yang akan difermentasi. Pelczar dan Chan (2013) menyatakan bahwa ragi roti mengandung *Saccharomyces cerevisiae* yang telah mengalami seleksi, mutasi atau hibridasi untuk meningkatkan kemampuannya dalam memfermentasi gula dengan baik dalam adonan dan mampu tumbuh dengan cepat. Menurut Salsabila dkk. (2013), *Saccharomyces cerevisiae* dalam bentuk ragi dapat langsung digunakan sebagai inokulum pada produksi etanol sehingga tidak diperlukan penyiapan inokulum secara khusus.

Konsentrasi ragi roti dan waktu fermentasi merupakan satu dari beberapa faktor yang mempengaruhi fermentasi etanol. Hal ini dikarenakan Jika konsentrasi ragi yang diberikan terlalu sedikit akan menurunkan kecepatan fermentasi karena sedikitnya massa yang akan menguraikan glukosa menjadi etanol, sedangkan jika terlalu banyak maka akan dibutuhkan substrat yang lebih banyak karena substrat yang ada tidak cukup. Hal tersebut menyebabkan menurunnya kecepatan proses fermentasi (Judoamidjojo, 1990 dalam Moeksin dan Francisca, 2010). Begitu juga dengan waktu fermentasi, jika terlalu lama maka etanol yang sudah dihasilkan akan diubah oleh bakteri menjadi asam asetat (Sholikhah, 2010). Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai pengaruh konsentrasi ragi roti dan

waktu fermentasi untuk mengetahui berapa kombinasi yang tepat dari keduanya sehingga mampu dihasilkan etanol dengan kadar tertinggi.

Penelitian tentang pengaruh penambahan ragi roti dan waktu fermentasi terhadap glukosa hasil hidrolisis selulosa ampas tebu (*Saccharum officinarum*) dengan HCl 30% dalam pembuatan bioetanol menggunakan variasi konsentrasi ragi roti dan lama waktu fermentasi diperoleh bahwa kadar etanol tertinggi (5,12%) pada perlakuan konsentrasi ragi roti sebanyak 2% (m/v) dengan lama waktu fermentasi 6 hari (Susanto dkk., 2012). Selain itu, pada pembuatan bioetanol menggunakan biji durian diperoleh kadar etanol tertinggi (18,99%) dengan konsentrasi ragi 6% (m/v) dan lama waktu fermentasi 2 hari (Hanum, 2013) atau menurut sumber yang lain diperoleh kadar etanol tertinggi (20,37%) dengan konsentrasi ragi 8% (m/v) dan lama fermentasi 2 hari (Johnprimen dkk., 2012). Selanjutnya pada pembuatan bioetanol dengan bengkuang diperoleh kadar etanol tertinggi (22%) dengan konsentrasi ragi 2% (m/v) dan lama waktu fermentasi 5 hari (Moeksin dan Francisca, 2010).

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan nira siwalan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Judul penelitian ini adalah “Pengaruh Konsentrasi Ragi Roti (*Saccharomyces cerevisiae*) dan Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol Nira Siwalan (*Borassus flabellifer* L.)”.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah.

1. Apakah interaksi antara konsentrasi ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) dan waktu fermentasi berpengaruh terhadap kadar bioetanol nira siwalan (*Borassus flabellifer* L.)?
2. Apakah konsentrasi ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) berpengaruh terhadap kadar bioetanol nira siwalan (*Borassus flabellifer* L.)?
3. Apakah waktu fermentasi berpengaruh terhadap kadar bioetanol nira siwalan (*Borassus flabellifer* L.)?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah.

1. Membuktikan adanya pengaruh interaksi antara konsentrasi ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) dan waktu fermentasi terhadap bioetanol nira siwalan (*Borassus flabellifer* L.).
2. Membuktikan adanya pengaruh konsentrasi ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) terhadap kadar bioetanol nira siwalan (*Borassus flabellifer* L.).
3. Membuktikan adanya pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol nira siwalan (*Borassus flabellifer* L.).

1.4 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah.

1. Interaksi antara konsentrasi ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) dan waktu fermentasi berpengaruh terhadap kadar bioetanol nira siwalan (*Borassus flabellifer* L.).
2. Konsentrasi ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) berpengaruh terhadap kadar bioetanol nira siwalan (*Borassus flabellifer* L.).
3. Waktu fermentasi berpengaruh terhadap kadar bioetanol nira siwalan (*Borassus flabellifer* L.).

1.5 Manfaat

Manfaat penelitian ini adalah.

1. Memberikan alternatif bahan baku pembuatan bioetanol.
2. Peningkatan potensi sumberdaya alam di daerah Pantura Jawa Timur (Kabupaten Lamongan khususnya).
3. Pengembangan dan inovasi sumber energi terbarukan (*renewabale*).
4. Mencegah dan mengurangi penyalahgunaan nira siwalan sebagai minuman keras (khamar).
5. Berpartisipasi dalam pengembangan dan kemajuan di bidang Ilmu Pengatahuan dan Teknologi khususnya di bidang Ilmu Biologi.

1.6 Batasan masalah

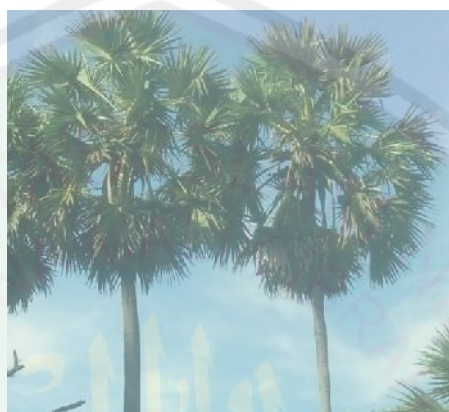
Batasan masalah penelitian ini adalah.

1. Sampel nira siwalan diambil dari petani nira siwalan Dusun Padek, Desa Paciran, Kecamatan Paciran, Kabupaten Lamongan.
2. Sampel nira yang dipakai sebanyak 200 ml pada masing-masing satuan perlakuan.
3. Jenis ragi yang digunakan adalah ragi roti instan dengan merk “saf-instant” yang didapatkan dari toko sembako dan bahan-bahan masakan di Kelurahan Merjosari Kecamatan Lowokwaru Kota Malang.
4. Proses fermentasi dilakukan pada suhu ruangan (27°C) dengan pH 5.
5. Parameter yang diukur atau diamati adalah kadar bioetanol hasil fermentasi nira siwalan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2. 1 Siwalan (*Borassus falbellifer* L.)



Gambar 2.1 Pohon Siwalan
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2015)

Tanaman siwalan mempunyai gambaran ciri-ciri sebagai berikut (Tambunan, 2010):

a. Akar dan Batang

Siwalan memiliki akar serabut panjang dan besar, berperawakan tinggi dan tegak, berbatang tunggal dan berbentuk silindris, tingginya mencapai 25 sampai 30 meter dan diameter batang setinggi dada antara 40 sampai 50 cm. Dasar batang penuh dengan akar samping, batang muda hitam dan terbungkus oleh dasar tangkai daun yang telah mengering. Pada tanaman muda batang siwalan mempunyai empulur yang masih lunak dan dapat dijadikan sagu untuk pangan. Batang tua lebih halus, permukaan batang berlekuk pada bagian bekas menempelnya tangkai daun. Pada ujung batang terdapat umbut (*palm heart*), rasanya manis dan dapat dimakan. Kayu siwalan mirip dengan kayu kelapa, namun kayu siwalan tampak lebih gelap. Kayu siwalan betina lebih keras dari

yang jantan. Pohon siwalan jantan harus cukup tua bila akan dimanfaatkan kayunya. Lebih jelasnya lihat Gambar 2.1.

b. Daun

Daun siwalan termasuk daun menyirip yang terdapat pada ujung batang dan tersusun melingkar 25 sampai 40 helai berbentuk kipas. Setiap tangkai daun tumbuh dalam kurun waktu sebulan. Helaian daun berwarna hijau agak kelabu, lebar 1 sampai 1,5 m yang dibentuk oleh 6 sampai 8 lipatan. Setiap anak daun ditunjang oleh tulang daun sepanjang 40 sampai 80 cm yang berada di bawah helaian anak daun, ujung anak daun bercangap. Panjang tangkai daun tampak berkayu dengan warna cokelat atau hitam. Selain itu, sepanjang tepian tangkai daun berduri.

c. Bunga

Siwalan pertama kali berbunga pada umur 12 tahun dan dapat berbunga sampai 20 tahun, kemudian hidup mampu sampai 100 tahun. Berdasarkan pada keberadaan bunga, maka ada pohon siwalan jantan dan betina. Bunga pohon jantan tumbuh dari ketiak daun, umumnya tunggal dan sangat jarang bertangkai kembar. Pada bunga jantan menempel beberapa bulir atau mayang berbentuk bulat yang disebut satu tandan, panjang bulir antara 30 sampai 60 cm dengan diameter antara 2 sampai 5 cm. Dalam satu tandan terdiri dari 4 sampai 15 mayang. Pada bunga betina dalam satu tandan terdapat 4 sampai 10 mayang, bunga berukuran kecil dan berpenutup daun pelindung (*bractea*) yang akan menjadi buah. Setiap bakal buah memiliki tiga buah kotak/bakal biji, tergantung dari proses pembuahan

atau penyerbukannya, maka jumlah biji dalam satu buah siwalan dapat tiga, dua atau satu. Lebih jelasnya lihat Gambar 2.2.

d. Buah

Setiap pohon siwalan menghasilkan 6 sampai 12 tandan buah atau sekitar 200 sampai 300 buah setiap tahun. Buah siwalan berbentuk bulat dengan diameter antara 10 sampai 15 cm, berwarna hijau ketika masih muda dan menjadi ungu hingga hitam setelah tua. Daging buah (*endosperm*) muda terasa manis, tekstur seperti agar dan berair, dan mengeras setelah tua. Satu buah siwalan berisi tiga biji dengan tempurung yang tebal dan keras. Lebih jelasnya lihat Gambar 2.2.



Gambar 2.2 (a) Bunga dan (b) Buah Siwalan
(Sumber: Tambunan, 2010)

Daerah penyebaran tanaman siwalan adalah yang paling luas dari kelompok Palma, mulai dari Arab Saudi sampai Irian, atau $\frac{1}{4}$ garis keliling bumi, dengan lebar wilayah 11°LS (Pulau Rote, Indonesia) sampai India pada 30°LU . Di Indonesia, siwalan dijumpai pada wilayah pantai di daerah yang beriklim kering, misalnya di Jawa Tengah (Brebes, Pekalongan, dan Semarang), Jawa Timur (Tuban, Gresik, dan Lamongan), Madura, Bali (Karangasem dan Buleleng), Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Selatan, dan Maluku bagian Tenggara (Tambunan, 2010).

Sistematika tanaman siwalan adalah sebagai berikut (Cronquist, 1981) :

Kingdom : Plantae
 Divisi : Magnoliophyta
 Kelas : Liliopsida
 Ordo : Arcales
 Famili : Arecaceae
 Genus : Borassus
 Spesies : *Borassus flabellifer* L.

Masyarakat di daerah Jawa Timur khususnya di Kabupaten Lamongan dan Gresik memanfaatkan tanaman siwalan untuk dijadikan berbagai macam produk, makanan, minuman, dan lain-lain. Beberapa kegunaan dari tanaman siwalan yang dimanfaatkan oleh masyarakat antara lain (Arifah, 2007):

1. Bunga (getah/nira) siwalan dimanfaatkan dan diolah menjadi gula jawa padat, gula jawa cair, *legen*, dan *tuak*.
2. Daun siwalan dimanfaatkan sebagai pembungkus makanan, ketupat, tas, tumbu, patung, mainan anak-anak, tempat pisau, gayung, kalung ternak, dan atap gubuk.
3. Buah siwalan dimanfaatkan sebagai makanan, dan diolah menjadi selai atau campuran makanan.
4. Batang siwalan dimanfaatkan sebagai kayu bakar, bahan bangunan, dan bahan kerajinan.
5. Sabut siwalan dimanfaatkan untuk pakan ternak dan kayu bakar.
6. Akar siwalan dimanfaatkan sebagai kayu bakar.

2. 2 Nira Siwalan (*Borassus flabellifer* L.)

Nira siwalan adalah bagian cairan manis yang terkandung dalam bunga; dapat diperoleh dengan memotong kelopak dan menghisap bagian cair. Orang-orang lokal menggunakannya sebagai bahan pokok untuk membuat minuman bernama *legen* dan *tuak*. Nira siwalan banyak tersedia di Tuban (Jawa Timur) (Haisya, 2011), serta di daerah pesisir pantai utara Kabupaten Lamongan dan Gresik (Arifah, 2007).

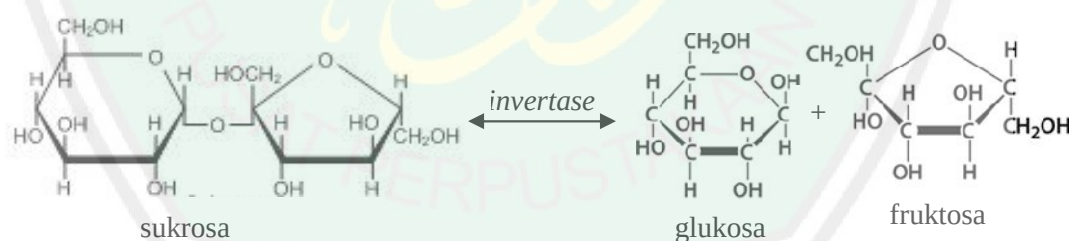
Nira adalah produk utama dari siwalan yang dimanfaatkan oleh petani atau masyarakat. Nira dapat dikonsumsi langsung sebagai minuman segar atau dibiarkan terfermentasi oleh mikroba secara alamiah mengandung alkohol dan menjadi minuman tradisional masyarakat yang disebut *sopi* atau *tuak*. Hasil fermentasi nira ini dapat menghasilkan bahan bernilai pasar tinggi seperti etanol, asam asetat dan gliserin ataupun berupa bahan pangan seperti *nata de nira*. Etanol dan asam asetat merupakan senyawa organik. Secara tradisional masyarakat setempat mengolah nira dengan proses pemanasan untuk menghasilkan gula air (*palm syrup*) atau gula merah/*ballo* (Tambunan, 2010).

Nira yang diambil dari sumber-sumber nira seperti aren (*Arenga pinnata*), siwalan (*Borassus flabellifer* L.), Kelapa (*Cocos nucifera*), dan Nipah (*Nypa fruticans*) mengandung gula sekitar 10-20%. (Haisya dkk., 2011). Adapun kadar gula yang terkandung dalam nira dari beberapa tanaman tertera dalam tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Kadar Gula Nira dari Berbagai Tanaman Palmae

Jenis Tanaman	Kadar Gula yang Terkandung dalam Nira (%)	Sumber
Siwalan	10-15	Halim, 2008; Sholikhah, 2010
Kelapa	12-18	Komaryati dan Gusmailina, 2010
Sorgum	11-16	Komaryati dan Gusmailina, 2010
Tebu	9-17	Komaryati dan Gusmailina, 2010
Nipah	13-17	Dahlan, 2009
Aren	10-12	Halim, 2008

Nira siwalan mengandung gula dalam bentuk gula invert (Sholikhah, 2010). Gula invert merupakan hasil proses hidrolisis sukrosa berupa campuran glukosa dan fruktosa. Proses ini juga disebut inversi. Perubahan sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa dilakukan oleh enzim sukrase atau invertase (Poedjiadi, 2012). Adapun proses inversi tertera pada gambar 2.3. Enzim invertase mampu diproduksi oleh bakteri, fungi, tumbuhan tingkat tinggi, dan beberapa sel hewan. Salah satunya adalah *Saccharomyces cerevisiae* (Prabawa dkk., 2012).



Gambar 2.3. Reaksi Penguraian Sukrosa Menjadi Glukosa dan Fruktosa (Gula Invert)
(Sumber: Wirahadikusumah, 1985)

Nira siwalan yang telah disadap memerlukan penanganan, karena nira mengandung nutrisi yang lengkap seperti gula, protein, lemak maupun mineral (lihat Tabel 2.2 dan Tabel 2.3), dan merupakan media yang baik untuk pertumbuhan mikroorganisme seperti bakteri, kapang dan khamir (Suseno dkk., 2000). Nira siwalan segar tidak tahan disimpan, hanya beberapa jam ($\pm 24-36$ jam)

sejak disadap akan mengalami perubahan yang ditandai dengan timbulnya gelembung dan rasanya asam. Nira siwalan mengalami fermentasi dengan adanya mikroorganisme yang merubah sukrosa menjadi alkohol dan berlanjut menjadi asam (Imron dkk., 2015).

Tabel 2.2. Komposisi Nutrisi dalam Nira Siwalan

Komposisi Nira	Kadar (%)
Air	86,1
Protein	0,3
Lemak	0,02
Karbohidrat	13,54
Mineral sebagai Abu	0,04

Sumber: Suseno dkk. (2000)

Mikroorganisme yang terdapat dalam nira siwalan adalah *Saccharomyces cerevisiae* dan *Lactobacillus plantarum*. Mikroorganisme ini dapat menyebabkan kerusakan pada nira siwalan (Reichelt, 2009 dalam Fauziah, 2015). *Saccharomyces cerevisiae* merupakan jenis khamir yang memiliki kemampuan mengubah karbohidrat sederhana menjadi etanol (Hidayat, 2006) sedangkan *Lactobacillus plantarum* merupakan jenis bakteri asam laktat (BAL) yang memiliki kemampuan mengubah karbohidrat sederhana menjadi asam laktat dalam proses fermentasi (Purwoko, 2007).

Dalam rangka pengembangan hasil bioetanol, diperlukan gula yang terkandung seperti singkong, ubi jalar, sagu, sorgum, nira aren, nira nipah, dan nira siwalan. Nira siwalan dapat dianggap sebagai pilihan yang menonjol, karena pemanfaatan nira siwalan telah populer sebagai minuman beralkohol bernama *tuak* (Haisya dkk., 2011). Kandungan etanol nira siwalan yang difermentasi

selama 130 jam atau 5 hari lebih 10 jam mencapai kadar tertinggi yakni sebesar 8,658% dengan suhu distilasi sebesar 100°C (Sholikhah, 2010).

Tabel 2.3 Kandungan Nira Siwalan

Komponen	Jumlah
Total gula (g/100cc)	10,9
Gula reduksi (g/100cc)	0,96
Protein (g/100cc)	0,35
Nitrogen (g/100cc)	0,056
pH (g/100cc)	6,7-6,9
Mineral sebagai abu (g/100cc)	0,54
Kalsium (g/100cc)	Sedikit
Fosfor (g/100cc)	0,14
Besi (g/100cc)	0,4
Vitamin C (mg/100cc)	13,25

Sumber: Davis dan Johnson (1987) dalam Sholikhah (2010)

2. 3 Hukum Khamar dan Alkohol dalam Prespektif Islam.

2.3.1 Pengertian Khamr

Istilah khamar telah disebutkan dalam Al-Qur'an surat Al-Ma'idah [5]: 90 yang berbunyi:

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا إِنَّمَا الْخَمْرُ وَالْمَيْسِرُ وَالْأَنْصَابُ وَالْأَزْلَمُ
رِجْسٌ مِّنْ عَمَلِ الشَّيْطَانِ فَاجْتَنِبُوهُ لَعَلَّكُمْ تُفْلِحُونَ ﴿٩٠﴾

“Hai orang-orang yang beriman, Sesungguhnya (meminum) khamar, berjudi, (berkorban untuk) berhala, mengundi nasib dengan panah adalah termasuk perbuatan syaitan. Maka jauhilah perbuatan-perbuatan itu agar kamu mendapat keberuntungan”.

Ayat tersebut secara jelas menyebutkan perintah untuk menjauhi khamar karena termasuk perbuatan keji (*rijs*). Syekh Mohammad Ali Al-Shabouni (1999) menjelaskan dalam Kitab Tafsir Ayat Al Ahkam bahwasanya kata *rijs* menunjukkan pada kenajisan. Kata *rijs* dalam bahasa berarti kotor dan najis.

Makna khamar dan perselisihan ulama' tentang bahan mentahnya telah dijelaskan dalam Al-Qur'an. Berdasarkan Tafsir Al-Misbah dijelaskan bahwa Abu Hanifah membatasinya pada air anggur yang diolah dengan memasaknya sampai mendidih dan mengeluarkan busa, kemudian dibiarkan hingga menjernih, yang ini hukumnya haram untuk diteguk sedikit atau banyak, memabukkan atau tidak. Namun perasan aneka buah-buahan yang berpotensi memabukkan dalam pandangan Abu Hanifah boleh diminum. Pendapat Abu Hanifah ditolak oleh ulama'-ulama' madzhab lainnya. Mayoritas ulama' berpendapat bahwa apapun yang diminum atau digunakan dalam kadar normal oleh seseorang yang normal lalu memabukkannya, maka disebut khamar dan hukumnya haram, baik sedikit apalagi banyak. Hal ini berdasarkan sabda Rasulullah SAW (Shihab, 2001):

كُلُّ مُسْكِرٍ خَمْرٌ وَكُلُّ مُسْكِرٍ حَرَامٌ

“Setiap yang memabukkan adalah khamar, dan setiap yang memabukkan adalah haram” (H.R. Muslim dan Abu Dawud)

Jumhur ulama' dari kalangan Malikiyah, Syafi'iyah, dan Hanbaliyah berpendapat bahwa khamar tidak hanya terbatas pada anggur saja, melainkan setiap minuman yang memabukkan masuk dalam kategori khamar. Meminumnya dapat dikenai *had* (sanksi hukum secara syariah) (Yaqub, 2009). Allah SWT berfirman dalam Q.S. An-Nahl [16]: 67 yang berbunyi:

وَمِنْ ثَمَرَاتِ النَّخِيلِ وَالْأَعْنَابِ تَتَّخِذُونَ مِنْهُ سَكَرًا

وَرِزْقًا حَسَنًا إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴿٦٧﴾

“Dan dari buah korma dan anggur, kamu buat minuman yang memabukkan dan rezki yang baik. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang memikirkan”

Ayat di atas menjelaskan tentang buah-buahan yakni kurma dan anggur yang dapat dimakan, sekaligus dapat menghasilkan minuman. Hanya saja minuman itu dapat beralih menjadi sesuatu yang buruk (khamar) karena memabukkan (Shihab, 2001). Rosulullah SAW bersabda:

إِنَّ مِنَ الْخَنِظَةِ خَمْرًا وَإِنَّ مِنَ الشَّعِيرِ خَمْرًا وَمِنَ الزَّيْبِ خَمْرًا
وَمِنَ الْعَسَلِ خَمْرًا

“Sesungguhnya dari gandum terdapat khamar, dari jewawut terdapat khamar, dari kismis terdapat khamar, dan dari madu terdapat khamar” (H.R. Abu Dawud dan Tirmidzi)

Hadis di atas menisbatkan nama khamar untuk gandum, jewawut (tumbuhan keluarga padi-padian, bijinya kecil dan lembut), kismis, dan madu pengertiannya bersifat konotatif. Jumhur ulama’ tersebut juga menambahi bahan-bahan yang termasuk khamar dapat berasal dari buah tin, jagung, padi, madu, susu, dan lain sebagainya, baik mentah maupun matang (dimasak) (Yaqub, 2009).

Adapun nira siwalan juga termasuk bahan yang bisa dijadikan khamar. Hal ini menurut Q.S. An-Nahl [16]: 67 yang menerangkan bahwa kurma dan anggur merupakan buah-buahan yang bisa dibuat minuman yang memabukkan. Secara taksonomi, kurma termasuk dalam famili *Arecaceae*. Seperti halnya kurma, siwalan juga termasuk famili *Arecaceae*. Oleh karena itu, Siwalan dan kurma masih dalam dalam satu famili, sehingga siwalan bisa dianalogikan dengan kurma yang terkandung dalam Q.S. An-Nahl [16]: 67.

2.3.2 Perbedaan Pendapat tentang Kesucian dan Kenajisan Khamar

Hal lain yang menarik dari khamar adalah adanya perdebatan tentang kesucian dan kenajisannya. Imam Al-Qurtubi berkata, jumhur ulama memahami

bahwa khamar adalah sesuatu yang kotor yang disebutkan dalam Al-Qur'an Surat Al-Ma'idah [4]: 90 dengan kata "*rijs*". Perintah menjauhinya adalah ketentuan tentang kenajisannya. Namun ini dibantah oleh Rabiah, Al-Laits bin Saad, Al-Muzanni salah seorang sahabat Asy-Syafi'i dan beberapa kalangan ulama mutaakhirin dari Baghdad dan Qrawiyin. Mereka memandang bahwa khamar itu suci, sedangkan yang diharamkan adalah meminumnya (Al-Qaradhawi, 2006).

Saad bin Al-Haddad Al-Qarawi memberikan alasan kesuciannya dengan mengatakan bahwa khamar itu pernah ditumpahkan di jalanan kota Madinah. Maka andai kata khamar itu najis, pastilah para sahabat tidak akan melakukan itu dan Rosulullah SAW akan melarangnya sebagaimana beliau akan melarang membiarkannya di jalanan. Sedangkan yang mengharamkan membantah dalil ini dengan mengatakan bahwa mereka melakukan itu karena terpaksa dan masih sangat mungkin untuk berjalan di pinggir jalan karena khamar yang ditumpahkan tersebut tidak banyak, sehingga tidak memenuhi seluruh ruas jalan (Al-Qaradhawi, 2006).

Imam Al-Qurthubi berkata bahwa jika dikatakan kenajisan khamar merupakan hukum syara' yang tidak berdasarkan *nash* (teks Al-Qur'an dan Hadis), begitu pula bukan suatu keladziman bahwa sesuatu yang haram itu pasti najis, karena betapa banyak sesuatu yang diharamkan oleh syara tetapi tidak dihukumi najis. Allamah Asy-Syaukani juga mengungkapkan bahwa tidak ada dalil yang menunjukkan najisnya benda-benda yang memabukkan yang pantas dijadikan pegangan. Kata "*rijs*" dalam surat Al-Ma'idah [5]: 90 itu bukanlah najis, namun maknanya haram. Ini ditunjukkan pada ayat tersebut tidak

memungkinkan diartikannya *rijs* itu sebagai najis. Ini disebabkan karena digabungkan dengan minumam khamar, berjudi, berkorban untuk berhala, mengundi nasib dengan panah, yang kesemuanya adalah suci sesuai dengan *ijma'*.

Prof. Dr. K.H. Ali Mustafa Yaqub menjawab bahwa firman Allah, "*rijs*" menunjukkan bahwa khamar itu najis karena "*al-rijs*" dalam arti kebahasaan adalah najis. Kemudian, seandainya kita tidak memutuskan sebuah hukum syara kecuali kita menemukan *nash*-nya, maka syariat akan banyak yang terbuang, karena *nash-nash* tentang syariat dibanding permasalahan yang ada sedikit jumlahnya. Beliau juga menambahkan bahwa pendapat tentang kesucian khamar itu datang belakangan dan lemah. Sebab faktanya, para sahabat telah lebih dulu bersepakat (*ijma'*), begitu pula para imam madzhab yang empat, bahwa khamar itu najis. Oleh karena itu, pendapat seseorang tidak dapat dijadikan sebagai hujjah jika berlawanan dengan *ijma'* sahabat dan para imam (Yaqub, 2009).

2.3.3 Hubungan antara Khamar dan Alkohol

Khamar mengandung alkohol yang membuat khamar itu bisa memabukkan ketika diminum. Menurut Prof. Dr. Muhammad Sa'id Al-Suyuthi, alkohol merupakan istilah yang diarabkan dari sebuah kata berbahasa Perancis, yaitu *alcool*, dengan kara *cohol*, tanpa mempertimbangkan bahwa kata *alcool* pada dasarnya diambil dari kata *ghaul* yang terdapat di dalam Q.S. Ash-Shaffat [37]: 47 (Yaqub, 2009).

لَا فِيهَا غَوْلٌ وَلَا هُمْ عَنْهَا يُنْزَفُونَ ﴿٤٧﴾

"Tidak ada dalam khamar itu alkohol dan mereka tiada mabuk karenanya"

Khamar yang dijelaskan pada ayat di atas adalah suci karena penyifatan terhadap minuman ahli surga, dapat dipahami darinya bahwa khamar dunia tidaklah demikian. Ayat tersebut digunakan oleh Allah SWT untuk memuji khamar di akhirat tidak terdapat dalam khamar di dunia. Khamar di dunia terkandung di dalamnya zat berbahaya (alkohol) yang merusak akal dan membuat pusing peminumnya (Asy-Syanqithi, 2007).

Alkohol dalam kadar yang sedikit, rata-rata dapat ditemukan dalam komposisi sayur-mayur dan buah-buahan sehingga masih aman dan bermanfaat untuk dikonsumsi. Alkohol juga terkandung dalam khamar yang dapat membahayakan kesehatan dan masyarakat. Dinamakan *al-ghaul* (alkohol) karena dapat merusak akal (*yagtal al-‘aql*) (Yaqub, 2009).

Minuman khamar tidak dinamakan khamar kecuali minuman tersebut dapat menutupi akal sehat (*khamarat al-‘aql*). Minuman tersebut tidak dapat menutupi akal kecuali setelah adanya zat yang memabukkan di dalamnya. Zat yang memabukkan ini yang menjadikan khamar menjadi haram adalah alkohol. Jika najisnya khamar karena adanya zat tersebut, maka keputusan untuk menghukumi alkohol najis itu lebih tepat (Yaqub, 2009).

Sebagian ulama kontemporer berpendapat bahwa alkohol itu suci. Prof. Al-Suyuthi berpendapat bahwa alkohol itu suci. Beliau berpendapat bahwa mengqiyaskan alkohol kepada khamar adalah bentuk qiyas yang tidak relevan dan tidak benar karena susunan partikel di dalamnya berbeda. Penetapan hukum tentang najisnya khamar tidak menjadikan setiap partikel di dalamnya dihukumi najis, kadar memabukkan yang ada di dalam khamar dan rasanya yang tajam

secara terpisah adalah suci. Demikian pula alkohol, jika terpisah dengan khamar maka hukumnya adalah suci. Sehari-hari kita sering mengonsumsinya dari buah-buahan tanpa batas dan perhitungan (Yaqub, 2009).

Prof. Al-Suyuti menambahkan bahwa minyak bumi, bensin, *chloroform* (obat bius), *chloral* (cairan minyak tanpa warna terbuat dari *chlorine* dan alkohol), apabila diminum atau dihisap, maka semua itu akan memabukkan. Tetapi, apakah semuanya dihukumi najis? Kenapa hanya menghukumi najis pada alkohol saja, tidak pada zat-zat yang lainnya? Orang yang mengaitkan najis pada alkohol saja tidak mengetahui persis zat-zat telah disebutkan di atas, padahal semua itu memiliki dampak memabukkan juga. Sebagaimana dia juga tidak memahami produk yang dihasilkan dari alkohol. Dia telah menggunakan qiyas yang salah karena memberatkan dan membahayakan (Yaqub, 2009).

Najisnya alkohol ini ditetapkan bukan berdasarkan qiyas, yaitu dengan menganalogikannya kepada khamar, melainkan karena alkohol itu sendiri yang menjadikan khamar itu dihukumi haram dan najis. Seandainya tidak ada alkohol, tentu khamar tidak diharamkan. Adapun memakan buah-buahan yang mengandung alkohol, jika memang alkohol itu ada di dalamnya, maka alkohol tersebut termasuk kategori najis yang *ma'fu* (ditoleransi keberadaanya), karena tidak mungkin dapat menghindarinya. Kemudian, minyak bumi dan bensin yang mengandung alkohol tidak termasuk bahan minuman, serta menggunakan minyak dan bensin bagi yang berpendapat bahwa keduanya adalah najis termasuk kategori *rukhsah* (kondisi dispensasi yang menjadikan tidak boleh menjadi boleh). Itu pun jika benar apabila minyak bumi dan bensin adalah najis. Demikian pula

menggunakan alkohol untuk membersihkan alat-alat kesehatan atau untuk membunuh kuman-kuman, dan lain sebagainya. Semuanya termasuk dalam ketogori *rukshshah* karena kita memerlukannya (Yaqub, 2009).

Majelis Ulama' Indonesia (MUI) pada tahun 2003 menetapkan bahwasanya bahwa batas kadar alkohol maksimal yang diperbolehkan untuk dikonsumsi kurang dari 1%. Jika dalam suatu benda memiliki kadar alkohol sebesar 1% atau lebih, maka benda tersebut termasuk khamar, hukumnya haram dikonsumsi dan najis. Selanjutnya MUI pada tahun 2009 menetapkan bahwa alkohol yang berasal dari khamar adalah najis. Sedangkan alkohol yang tidak bersal dari khamar adalah tidak najis.

2. 4 Bioetanol

Istilah bioetanol dalam industri digunakan untuk senyawa etanol atau etil-alkohol dengan rumus kimia C_2H_5OH . Etanol termasuk alkohol primer yaitu alkohol yang gugus hidroksinya terikat pada atom karbon primer (Retno dan Nuri 2011). Pada suhu kamar, etanol berupa zat cair bening, mudah menguap, dan berbau khas. Sifat fisika-kimia etanol lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2.4. Dalam kehidupan sehari-hari, alkohol dapat ditemukan dalam minuman beralkohol atau dalam air tape, dan lain-lain sebagai hasil dari proses fermentasi. Selain itu etanol juga bisa ditemukan dalam spiritus dan alkohol rumah tangga (alkohol 70% yang digunakan sebagai pembersih luka) (Jhonprimen dkk., 2012). Etanol yang digunakan untuk aplikasi industri (bukan minuman) dibuat dengan cara hidrasi etilena (adisi air ke dalam etilena) (Bloch, 2013).

Tabel 2.4 Sifat Fisika-Kimia Etanol

Sifat Fisika dan Sifat Kimia	Nilai
Berat molekul g/mol	46,1
Titik beku, °C	-114,1
Titik didih normal, °C	78,32
Densitas, g/ml	0,7983
Viskositas pada 20°C, mPa.s (CP)	1,17
Panas penguapan normal, J/g	839,31
Panas pembakaran pada 25°C, J/g	29676,6
Panas jenis pada 25°C, J (g°C)	2,42
Nilai oktan	106-111
Wujud pada suhu kamar	Cair
Dicampur dengan natrium	Bereaksi
Kelarutan dalam air	Larut sempurna
Dapat terbakar	Ya

Sumber: Jhonprimen (2012)

Etanol dikategorikan dalam dua kelompok utama (Hanum dkk., 2013):

1. Etanol 95-96 % v/v, disebut “etanol hidrat” yang dibagi dalam :
 - a. *Technical/raw spit grade*, digunakan untuk bahan bakar spiritus, minuman, desinfektan, dan pelarut.
 - b. *Industrial grade*, digunakan untuk bahan baku industri pelarut.
 - c. *Potable grade*, untuk minuman berkualitas tinggi.
2. Etanol >99.5 % v/v, digunakan untuk bahan bakar. Jika dimurnikan lebih lanjut dapat digunakan untuk keperluan farmasi dan pelarut di laboratorium analisis.

Etanol ini disebut *fuel grade thanol (FGE)* atau *anhydrous ethanol* (etanol anhidrat) atau etanol kering, yakni etanol yang bebas air atau hanya mengandung air minimal.

Bioetanol adalah jenis Bahan Bakar Nabati (BBN) yang mengandung etanol dalam tingkatan tertentu dan dapat dicampur dengan bahan bakar yang berasal

dari minyak bumi. Bahan baku untuk produksi bioetanol dapat berupa (Lubad dan Widiastuti, 2010):

1. Bahan berpati (*starch based*): ubi kayu, ubi jalar, jagung, biji sorgum, sagu, ubi jalar, ganyong, garut, umbi dahlia dan lain-lain.
2. Bahan bergula (*sugar based*): nira & tetes tebu, nira nipah, nira sorgum manis, nira siwalan, nira aren, dan lain-lain.
3. Bahan berserat (*cellulose based*): kayu, jerami, sekam padi, tandan kosong sawit, bagas, dan lain-lain.

Proses pembuatan bioetanol dari bahan baku berpati seperti ubi kayu, jagung, dan sebagainya terbagi dalam beberapa tahap, yaitu (Lubad dan Widiastuti, 2010):

1. Proses Hidrolisis: proses konversi pati menjadi glukosa.
2. Proses Fermentasi: proses konversi glukosa (gula) menjadi etanol dan CO₂.
3. Proses Distilasi: proses pemurnian etanol hasil fermentasi menjadi etanol dengan kadar 95%-96%.
4. Proses Dehidrasi: proses penghilangan air dari 96% menjadi 99,5%.

Bioetanol merupakan salah satu *biofuel* yang hadir sebagai bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan dan sifatnya terbarukan. Bahan bakar alternatif yang diolah dari tumbuhan. Bioetanol memiliki keunggulan karena mampu menurunkan emisi CO₂ hingga 18%, dibandingkan dengan emisi bahan bakar fosil seperti minyak tanah (Komarayati & Gusmailina, 2010).

Saat ini sudah banyak ditemukan pemanfaatan bioetanol sebagai bahan campuran (aditif) dari bensin yang sering disebut dengan gasohol. Gasohol

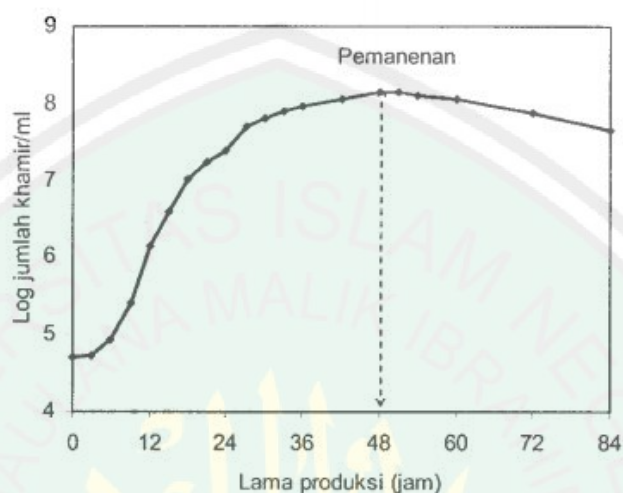
merupakan campuran antara bensin dengan 10% bioetanol murni. Gasohol memiliki angka oktan 92 yang hampir setara dengan pertamax yang memiliki nilai oktan 92-95 (Azizah dkk., 2012). Gasohol sudah digunakan di beberapa daerah di Amerika Serikat dan tengah, diproduksi dalam skala besar lagi di Brazil.

2. 5 Fermentasi Alkohol

Fermentasi adalah suatu proses oksidasi karbohidrat anaerob jenuh atau anaerob sebagian. Dalam suatu proses fermentasi, bahan pangan seperti natrium klorida bermanfaat untuk membatasi pertumbuhan organisme pembusuk dan mencegah pertumbuhan sebagian besar organisme yang lain. Suatu fermentasi yang busuk biasanya adalah fermentasi yang mengalami kontaminasi, sedangkan fermentasi yang normal adalah perubahan karbohidrat menjadi alkohol (Retno dan Nuri, 2011). Fermentasi dapat didefinisikan sebagai perubahan gradual oleh enzim beberapa bakteri, khamir, dan jamur. Contoh perubahan kimia dari fermentasi meliputi pengasaman susu, dekomposisi pati dan gula menjadi alkohol dan karbondioksida, serta oksidasi senyawa nitrogen organik (Hidayat dkk., 2006).

Mikroba mampu menghasilkan metabolit (hasil metabolisme) selama proses fermentasi. Metabolit primer diproduksi selama fase pertumbuhan keseluruhan, sedangkan metabolit sekunder diproduksi selama fase akhir log dan selama fase stasioner. Produk metabolit sekunder merupakan senyawa kimia dalam organisme yang tidak secara langsung berhubungan dengan pertumbuhan normal, pengembangan dan reproduksi mikroorganisme. Salah satu contoh produk

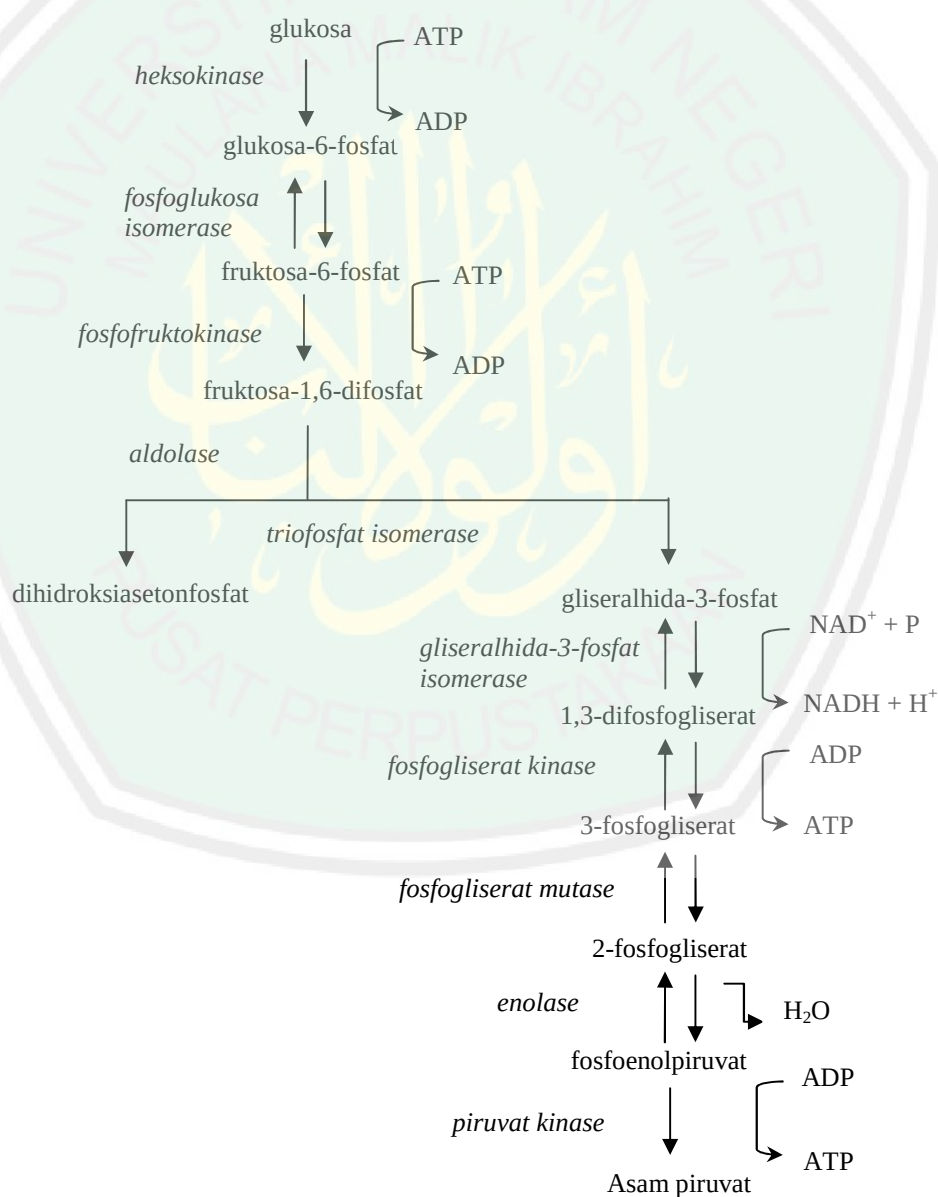
metabolit sekunder adalah etanol (Riadi, 2007). Adapun kurva pertumbuhan mikroba penghasil etanol (*Saccharomyces cerevisiae*) disajikan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.4. Kurva Pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*
(Sumber: Novelina dkk., 2005)

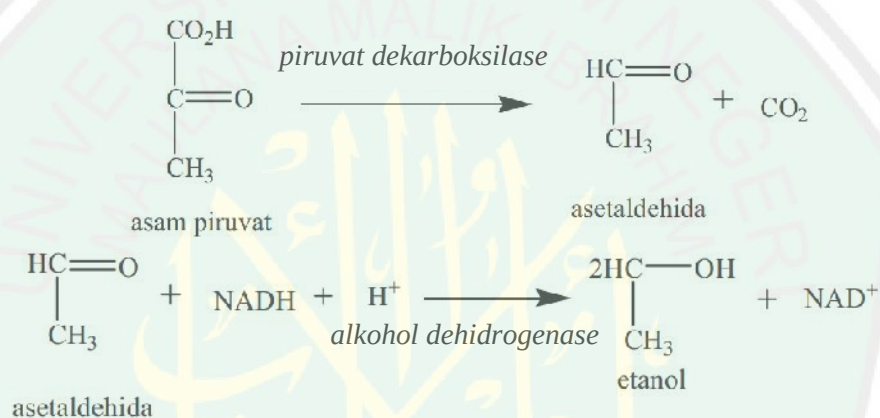
Biasanya dalam proses fermentasi alkohol digunakan khamir murni dari strain *Saccharomyces cerevisiae*. Khamir ini mempunyai kelompok enzim (*zymase*) yang berperan pada fermentasi senyawa gula, seperti glukosa dan fruktosa menjadi etanol dan karbondioksida (Hasanah dkk., 2012). Perubahan ini dicapai bukan oleh satu enzim tunggal tetapi oleh sekelompok enzim, yaitu suatu sistem enzim, lebih dari selusin enzim bekerja berurutan, masing-masing menyebabkan terjadinya suatu reaksi kimiawi yang menghasilkan suatu perubahan spesifik pada produk yang dibentuk oleh reaksi enzim yang tepat mendahuluinya. Reaksi terakhir sekian banyak enzim dalam sistem tersebut menghasilkan produk akhir dalam fermentasi alkohol berupa etanol dan CO₂. (Pelczar dan Chan, 2013)

Jalur metabolisme proses ini sama dengan glikolisis sampai dengan terbentuknya piruvat. Proses glikolisis juga disebut jalur metabolisme *Embden-Meyernhoff* (lihat Gambar 2.5). Setelah proses glikolisis, dua tahap reaksi enzim berikutnya adalah reaksi perubahan asam piruvat menjadi asetaldehida oleh enzim piruvat dekarboksilase, dan reaksi reduksi asetaldehida oleh enzim alkohol dehidrogenase menjadi etanol (Wirahadikusumah, 1985).



Gambar 2.5 Reaksi Glikolisis Jalur EMP
(Sumber: Poedjiadi, 2012)

Selain dimulai dari glukosa, proses glikolisis juga bisa dimulai dari fruktosa. Fruktosa diubah menjadi fruktosa-1-fosfat oleh enzim fruktokinase. Selanjutnya fruktosa-1-fosfat dipecah oleh enzim aldolase menjadi dua molekul triosa yakni gliseralhida dan dihidroksiaseton fosfat. proses selanjutnya sama seperti proses glikolisis yang dimulai dari glukosa hingga terbentuknya asam piruvat (Wirahadikusumah, 1985).



Gambar 2.6 Reaksi Perubahan Asam Piruvat menjadi Etanol
(Lanjutan Reaksi Glikolisis)
(Sumber: Wirahadikusumah, 1985)

Proses fermentasi alkohol dari glukosa dan fruktosa di atas merupakan gambaran proses fermentasi nira siwalan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sholikhah (2010) bahwa nira siwalan mengandung gula invert yakni berupa glukosa dan fruktosa yang akan diubah oleh *Saccharomyces cerevisiae* menjadi etanol.

Aspek-aspek mikrobiologis dalam proses pembuatan etanol dapat dirangkumkan sebagai berikut (Pelczar dan Chan, 2012):

1. **Substrat.** Etanol dapat dibuat dari karbohidrat apa saja yang dapat difermentasi oleh khamir. Apabila pati-patian seperti jagung dan karbohidrat

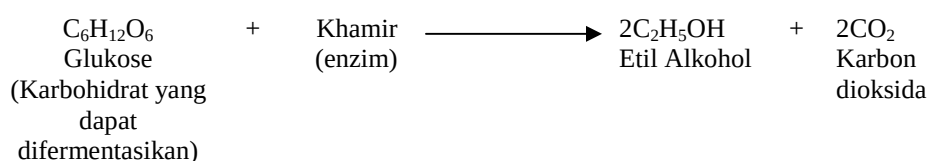
kompleks yang lain digunakan sebagai bahan mentah, maka pertama-tama bahan-bahan tersebut perlu dihidrolisis menjadi gula sederhana yang dapat difermentasikan.

Jika kadar gula substrat di bawah 10%, fermentasi dapat berjalan, tetapi etanol yang dihasilkan terlalu encer sehingga tidak efisien untuk didistilasi dan biayanya mahal. Jika kadar gula di atas 18% fermentasi akan menurun dan alkohol yang terbentuk akan menghambat aktivitas ragi, sehingga waktu fermentasi bertambah lama dan ada sebagian gula yang tidak terfermentasi (Judoamidjojo, 1990 dalam Moeksin dan Francisca, 2010).

2. **Organisme.** Galur-galur terpilih *Saccharomyces cerevisiae* (biasanya digunakan untuk fermentasi alkohol). Kultur yang dipilih harus dapat tumbuh dengan baik dan mempunyai toleransi yang tinggi terhadap alkohol serta mampu menghasilkan alkohol dalam jumlah banyak.

Jika konsentrasi organisme yang diberikan terlalu sedikit akan menurunkan kecepatan fermentasi karena sedikitnya massa yang akan menguraikan glukosa menjadi etanol, sedangkan jika terlalu banyak maka akan dibutuhkan substrat yang lebih banyak karena substrat yang ada tidak cukup. Hal tersebut menyebabkan menurunnya kecepatan proses fermentasi (Judoamidjojo, 1990 dalam Moeksin dan Francisca, 2010).

3. **Reaksi.** Perubahan biokimiawi yang dilakukan oleh khamir ialah sebagai berikut:



Kadar etanol yang dihasilkan dari fermentasi glukosa ini hanya berkisar 15%-18% karena pada kadar yang lebih tinggi sel ragi tidak dapat hidup. Kadar etanol yang lebih tinggi dapat diperoleh melalui pemekatan dengan cara destilasi. Melalui destilasi dapat diperoleh alkohol sampai 95,5%. Alkohol yang lebih pekat dari itu tidak dapat diperoleh melalui destilasi karena campuran yang mengandung 95,5% alkohol dengan 4,5% air mempunyai titik didih yang tetap (campuran azeotrop) (Jhonprimen dkk., 2012).

2. 6 Ragi Roti

Penggunaan khamir untuk meragi atau membuat adonan mengembang dalam pembuatan roti telah tercatat dalam sejarah zaman dahulu di antara bangsa Yahudi, Mesir, Yunani, dan Romawi. Pada masa itu roti yang diragi dibuat dengan cara mencampurkan sisa adonan roti sebelumnya (yang mengandung khamir) dengan adonan roti baru. Kebiasaan lain yang telah digunakan sejak abad pertengahan ialah menggunakan kelebihan khamir dari pembuatan bir dan anggur. Tetapi karena produk-produk semacam itu mempunyai mutu yang beragam, maka kebiasaan ini tidak memuaskan untuk dipakai dalam produksi komersial secara besar-besaran (Pelczar dan Chan, 2013).

Saccharomyces cerevisiae dapat diperoleh dari ragi roti. Ragi roti mengandung *Saccharomyces cerevisiae* yang telah mengalami seleksi, mutasi atau hibridasi untuk meningkatkan kemampuannya dalam memfermentasi gula dengan baik dalam adonan dan mampu tumbuh dengan cepat (Pelczar dan Chan, 2013). *Saccharomyces cerevisiae* dalam bentuk ragi dapat langsung digunakan

sebagai inokulum pada produksi etanol sehingga tidak diperlukan penyiapan inokulum secara khusus (Salsabila, 2015).

Secara umum *Saccharomyces cerevisiae* di Indonesia digunakan untuk pembuatan tape dan roti. Oleh karena itu, isolat *Saccharomyces cerevisiae* dapat dijumpai pada ragi tape dan ragi roti. Ragi roti dapat menjadi salah satu alternatif pengganti penggunaan isolat *Saccharomyces cerevisiae* dalam proses fermentasi produksi etanol. Hal ini disebabkan ragi roti mudah diperoleh di pasaran dan tidak memerlukan perlakuan yang spesifik (Reed, 1991 dalam Jayanti, 2011).

Salah satu contoh ragi roti instan yang bisa diperoleh di pasaran adalah “saf-instant”. Ragi ini memiliki komposisi sebagai berikut: *yeast Saccharomyces cerevisiae*, pengemulsi (*sorbitan monoestearate-E491*), antioksidan: asam askorbat. Ragi ini berbentuk butiran halus yang kering sehingga termasuk dalam kategori ragi instan. Arindhani (2015) menyatakan bahan ragi instan mempunyai kadar kelembaban 4% dapat secara langsung digunakan tanpa perlu direhidrasi terlebih dahulu.

Ada berbagai faktor yang mempengaruhi kehidupan ragi, yaitu sebagai berikut (Hidayat dkk, 2006):

1. Nutrisi (zat Gizi)

Dalam kegiatannya, khamir memerlukan penambahan nutrisi untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan, yaitu:

- a. Unsur C, ada faktor karbohidrat.
- b. Unsur N, dengan penambahan pupuk yang mengandung nitrogen, mizal ZA, urea, amonia, dan sebagainya.

- c. Unsur P, dengan penambahan pupuk fosfat, misal NPK, TSP, DSP, dan sebagainya.
 - d. Mineral-mineral.
 - e. Vitamin-vitamin.
2. Keasaman (pH)
- Untuk fermentasi alkohol, khamir memerlukan media dengan suasana asam, yaitu antara pH 4,8-5,0. Pengaturan pH dapat dilakukan dengan penambahan asam sulfat jika substratnya alkalis atau dengan natrium bikarbonat jika substratnya asam.
3. Suhu
- Suhu optimum untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan adalah 26°C-30°C. Pada waktu fermentasi terjadi kenaikan panas, karena reaksinya eksoterm. Untuk mencegah agar suhu fermentasi tidak naik, perlu pendinginan agar dipertahankan tetap 26°C-30°C.
4. Udara
- Fermentasi alkohol berlangsung secara anaerobik (tanpa udara). Namun demikian udara diperlukan pada proses pembibitan sebelum fermentasi untuk perkembangbiakan khamir.

2. 7 Distilasi

Distilasi atau penyulingan adalah suatu metode pemisahan larutan berdasarkan perbedaan titik didih. 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 (Seftian dkk., 2012). Wonorahardjo (2013) menyatakan bahwa prinsip utama metode distilasi bekerja berdasarkan perbedaan titik didih dari masing-masing senyawa komponen campuran pada tekanan tetap. Perbedaan titik didih ini menyebabkan perbedaan volatilitas pada komponen campuran dan merupakan sifat intrinsik dari senyawa penyusun campuran. Perbedaan ini sangat potensial untuk dijadikan sarana pemisahan asalkan tekanan dibuat tetap.

Distilasi berarti memisahkan komponen-komponen yang mudah menguap dari suatu campuran cair dengan cara menguapkannya, uap yang dikeluarkan dari campuran tersebut disebut uap bebas yang mengalir melalui kondensor, cairan yang keluar dari kondensor disebut destilat sedangkan cairan tidak menguap disebut residu (Jhonprimen dkk., 2012). Proses distilasi berlangsung jika campuran dipanaskan dan sebagian komponen volatil menguap naik dan didinginkan sampai mengembun di dinding kondensor. Destilat ini ditampung di sebuah tempat baru. Pada distilasi sederhana tidak digunakan refluks sebagai kolom fraksionasi. Destilat akan diembunkan dan dialirkan turun ke tempat penampungan. Dalam distilasi sederhana memang tidak terjadi fraksionasi pada saat kondensasi karena komponen campuran tidak banyak. Jika campuran terdiri dari banyak komponen maka cara sederhana ini tidak dapat digunakan karena kondensat atau destilat yang didapat masih merupakan campuran juga (Wonorahardjo, 2013).

Proses distilasi dijalankan dengan bantuan beberapa peralatan yang khusus dirancang untuk itu. Pada prinsipnya campuran yang akan didistilasi atau

dimurnikan berada di labu distilasi. Adapun labu distilasi dipanaskan dengan pemanas elektrik yang mempunyai pengatur suhu secara otomatis. Adapun uap yang dihasilkan pada pemanasan akan dialirkan langsung ke kondensor yang merupakan unit pendingin uap sehingga terjadi kondensasi. Kondensor terdiri dari dua buah pipa, di antaranya pipa dalam dan pipa luar terdapat air yang selalu berganti secara kontinu sehingga temperatur stabil. Kondensor didinginkan dengan air yang masuk dari kran air melalui pipa dan dikeluarkan lagi lewat lubang ke bak penampungan. Sebelum melalui kondensor kadang-kadang diperlukan kolom distilasi yang panjang dan bentuknya bisa diatur. Kolom distilasi ini pada skala laboratorium dilengkapi termometer untuk menjaga kestabilan temperatur supaya arus uap tidak terlalu deras dan dapat dikondensasikan semua di kondensor. Jika tekanan uap terlalu tinggi ada kemungkinan uap menerobos keluar dan hilang dari sistem. Uap yang mengembun pada kondensor (posisi miring, supaya tetesan embun dapat turun dengan bebas) akan ditampung di labu melalui adaptor, bisa juga dilengkapi kran (Wonorahardjo, 2013).

2.8 Analisis Kadar Etanol Berdasarkan Nilai Gravitasi Jenis (*Specific Gravity/SG*)

Gravitasi jenis (*specific gravity/SG*) suatu zat cair didefinisikan sebagai perbandingan kerapatan zat cair tersebut dengan kerapatan air pada sebuah temperatur tertentu. Biasanya temperatur tersebut adalah 4°C, dan pada temperatur ini kerapatan air adalah 1000 kg/m³. Dalam bentuk persamaan, gravitasi jenis dinyatakan sebagai (Munson dkk., 2003).

$$SG = \frac{\rho_{\text{larutan}}}{\rho_{\text{air @ 4 derajat celcius}}}$$

Kerapatan (*density*) dilambangkan sebagai ρ suatu zat cair adalah ukuran untuk konsentrasi zat cair tersebut dan dinyatakan dalam massa per satuan volume. Sifat ini ditentukan dengan cara menghitung nisbah (*ratio*) massa zat yang terkandung dalam suatu bagian tertentu terhadap volume bagian tersebut (Olson dan Wright, 1993). Nilai kerapatan dapat bervariasi cukup besar di antara zat cair yang berbeda, namun untuk zat-zat cair, variasi tekanan dan temperatur umumnya hanya memberikan pengaruh kecil terhadap nilai ρ (Munson dkk., 2003). Kerapatan semua zat cair bergantung pada temperatur serta tekanan sehingga temperatur zat cair serta temperatur air yang dijadikan acuan harus dinyatakan untuk mendapatkan harga-harga gravitasi jenis yang tepat (Olson dan Wright, 1993)

Kadar etanol yang ada dalam sampel larutan yang mengandung etanol dapat ditetapkan nilainya berdasarkan nilai gravitasi jenis. Namun sebelum ditetapkan, sampel tersebut telah mengandung partikel yang bebas dari semua zat-zat lain yang terlarut maupun tidak terlarut kecuali air. Untuk itu, dilakukan proses distilasi sederhana terlebih dahulu sebelum menetapkan kadar etanol (Bhavan dan Marg, 2005).

Gravitasi jenis suatu zat cair dapat ditentukan dengan menggunakan metode piknometer. Metode ini dapat mengetahui kadar etanol suatu cairan secara tepat. Dalam metode ini, dibutuhkan alat piknometer. Piknometer yang dipakai biasanya

mempunya kapasitas volume 50 ml. Gravitasi jenis suatu zat cair dihitung menggunakan rumus (Bhavan dan Marg, 2005):

$$\text{SG sampel} = \frac{\text{Massa sampel pada piknometer 50 ml dengan suhu ruangan } t^{\circ}\text{C}}{\text{Massa air pada piknometer 50 ml dengan suhu ruangan } t^{\circ}\text{C}}$$



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan penelitian ini adalah rancangan acak lengkap (RAL) pola faktorial yang terdiri dari 2 faktor. Faktor pertama adalah variasi konsentrasi ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) yang terdiri dari 4 taraf perlakuan yaitu 0%, 2%, 4%, dan 6%. Faktor kedua adalah variasi waktu fermentasi yang terdiri dari 4 taraf perlakuan yaitu 2 hari, 3 hari, 4 hari dan 5 hari. Dari variasi masing-masing faktor tersebut, didapatkan 12 kombinasi perlakuan.

Tabel 3.1 Kombinasi Perlakuan Konsentrasi Ragi Roti dan Waktu Fermentasi

Konsentrasi Ragi Roti (%)	Waktu Fermentasi (hari)			
	2 (W1)	3 (W2)	4 (W3)	5 (W4)
0 (K0)	K0W1 (P1)	K0W2 (P5)	K0W3 (P9)	K0W4 (P13)
2 (K1)	K1W1 (P2)	K1W2 (P6)	K1W3 (P10)	K1W4 (P14)
4 (K2)	K2W1 (P3)	K2W2 (P7)	K2W3 (P11)	K2W4 (P15)
6 (K3)	K3W1 (P4)	K3W2 (P8)	K3W3 (P12)	K3W4 (16)

Keterangan:

K : Konsentrasi Ragi

W : Waktu Fermentasi

P : Perlakuan

Setelah didapatkan jumlah perlakuan dari kombinasi variasi dua faktor, selanjutnya menentukan banyaknya ulangan dengan rumus (Hanafiah, 2014):

$$(t - 1) (r - 1) \geq 15$$

Sehingga berdasarkan rumus tersebut, dari 16 perlakuan didapatkan minimal 2 kali ulangan.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang ada pada penelitian ini terdiri dari dua variabel yaitu variabel bebas dan variabel terikat.

3.5.1 Variabel bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah perlakuan konsentrasi ragi roti (0%, 2%, 4%, dan 6%) dan perlakuan waktu fermentasi (2 hari, 3 hari, 4 hari, dan 5 hari).

3.5.2 Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kadar bioetanol hasil fermentasi.

3.3 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 15-21 Juli 2017. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Biokimia dan Pangan Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang untuk melakukan proses fermentasi dan analisis kadar bioetanol. Selanjutnya, proses distilasi dilakukan di Laboratorium Kimia Organik Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: autoklaf, kompor, panci, distilator, botol selai 300 ml, botol plastik 50 ml, selang, botol plastik 1500 ml, kotak sterofoam, neraca analitik, spatula, gelas arloji, solder, erlenmeyer 250 ml, pipet tetes, *hot plate*, *stirer*, erlenmeyer 100 ml, gelas ukur 100 ml, gelas beker 500 ml, corong, pH meter digital, termometer ruangan dan piknometer.

3.4.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: nira siwalan (Lampiran 1.A), aquades, ragi roti merk “saf-instant” (Lampiran 1.B), plastisin, larutan buffer pH 10, larutan buffer pH 4, karet gelang, kantong plastik, dan es batu.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Sterilisasi

Botol selai 300 ml dimasukkan ke dalam plastik (Lampiran 2.A) sebelum dilakukan sterilisasi. Sterilisasi dilakukan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit dengan tekanan 1 atm.

3.5.2 Pengambilan Nira Siwalan

Sampel nira siwalan didapatkan dari petani nira siwalan di Desa Paciran, Kecamatan Paciran, Kabupaten Lamongan. Selanjutnya air nira siwalan dimasukkan ke dalam botol aqua 1500 ml (Lampiran 1.A). Kemudian botol berisi nira siwalan dimasukkan ke dalam kotak sterofoam yang telah diisi bongkahan es

dan di atas botolnya diberi bongkahan es. Selanjutnya sampel nira dibawa ke laboratorium untuk diberi perlakuan.

3.5.3 Pemberian Perlakuan Konsentrasi Ragi Roti dan Waktu Fermentasi

Sampel nira siwalan dipasteurisasi dengan suhu 62°C selama 30 menit (Pelczar dan Chan, 2013) (Lampiran 2.B) kemudian didinginkan sampai suhu normal kembali. Selanjutnya nira siwalan sebanyak 200 ml dimasukkan ke dalam botol selai 300 ml (lihat Lampiran 3.A) dan diatur pHnya menjadi 5. Setelah itu, ditambahkan ragi roti dengan variasi konsentrasi 0%, 2%, 4%, dan 6% (m/v). Selanjutnya botol selai ditutup dengan rapat dan dirangkai seperti Gambar 3.1. Sampel nira siwalan yang telah diberi perlakuan konsentrasi ragi roti difermentasi dengan variasi waktu 2 hari, 3 hari, 4 hari dan 5 hari.



Gambar 3.1. Rangkaian Alat Fermentasi (Lampiran 3.B)

3.5.4 Distilasi Hasil Fermentasi

Nira siwalan hasil fermentasi dipipet sebanyak 100 ml. Kemudian ditampung dalam labu alas bulat kemudian labu destilat dipasang pada alat distilasi. Selanjutnya didistilasi pada suhu 100°C sampai didapatkan distilat sebanyak 30 ml (Lampiran 4.A). Distilat ditampung dalam botol plastik.

3.5.5 Analisis Kadar Bioetanol

Kadar etanol sampel nira siwalan hasil distilasi dianalisis menggunakan piknometer (lihat Lampiran 4.B). Piknometer dikeringkan ke dalam oven pada temperatur 100°C selama 10 menit kemudian didinginkan sampai suhu kamar. Setelah itu, piknometer ditimbang dengan neraca analitik. Selanjutnya distilat dimasukkan ke dalam piknometer yang telah ditimbang sebelumnya. Distilat dimasukkan hingga memenuhi piknometer. Kelebihan destilat pada puncak pipa kapiler dibersihkan. Piknometer yang berisi sampel distilat ditimbang dan beratnya dicatat. Prosedur yang sama dilakukan pada aquades sebagai pembandingan (Jhonprimen dkk., 2012). Setelah itu, dicatat suhu ruangan pada saat melakukan penimbangan. Gravitasi jenis (*specific gravity/SG*) etanol dihitung dengan rumus di bawah ini (Azizah dkk., 2012):

$$SG \text{ sampel} = \frac{(\text{berat piknometer berisi distilat}) - \text{berat piknometer kosong}}{(\text{berat piknometer berisi aquades}) - \text{berat piknometer kosong}}$$

Hasil penghitungan gravitasi jenis sampel kemudian dikonversikan dengan menggunakan tabel gravitasi jenis dari *International Organization of Legal Metrology (IOML)* (Bhavan dan Marg, 2005).

3.6 Analisis Data Menggunakan SPSS

Data hasil penelitian dimasukkan ke dalam SPSS 16.0. Selanjutnya dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas. Apabila semua data terdistribusi normal dan homogen ($\alpha=0,05$), kemudian data tersebut dianalisis menggunakan uji *two-way ANOVA (Analysis of Variance)* $\alpha=0,05$ untuk mencari pengaruh

konsentrasi ragi roti dan waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol nira siwalan. Dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test (DMRT)* 5% apabila terdapat pengaruh untuk mengetahui kombinasi konsentrasi ragi roti dan waktu fermentasi yang menghasilkan kadar bioetanol tertinggi.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Interaksi Konsentrasi Ragi Roti (*Saccharomyces cerevisiae*) dan Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol Nira Siwalan (*Borassus flabellifer* L.)

Hasil penelitian diperoleh data pengaruh interaksi konsentrasi ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) dan waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol nira siwalan (*Borassus flabellifer* L.). Adanya pengaruh tersebut diketahui dengan analisis statistik menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA).

Hasil analisis statistik menggunakan ANOVA (Lampiran 8) menunjukkan bahwa nilai signifikansi 0,01 ($p < 0,05$) yang berarti terdapat pengaruh dari interaksi konsentrasi ragi roti dan waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol nira siwalan. Selanjutnya dilakukan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dengan taraf 5% (0,05) untuk mengetahui perlakuan terbaik dari beberapa perlakuan. adapun data pengaruh interaksi antara konsentrasi ragi roti dan waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol nira siwalan disajikan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Pengaruh Interaksi Konsentrasi Ragi Roti (*Saccharomyces cerevisiae*) dan Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol Nira Siwalan (*Borassus flabellifer* L.).

Konsentrasi Ragi Roti	Kadar Bioetanol			
	Waktu Fermentasi			
	2 hari	3 hari	4 hari	5 hari
0%	14,6 % a	16,0 % abc	17,0 % abcd	15,6 % ab
2%	22,6 % def	23,9 % ef	22,8 % ef	22,2 % def
4%	20,6 % bcde	23,6 % ef	22,2 % def	21,4 % cdef
6%	34,9 % g	26,7 % f	22,7 % def	21,6 % def

Keterangan: notasi huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata kadar etanol yang dihasilkan.

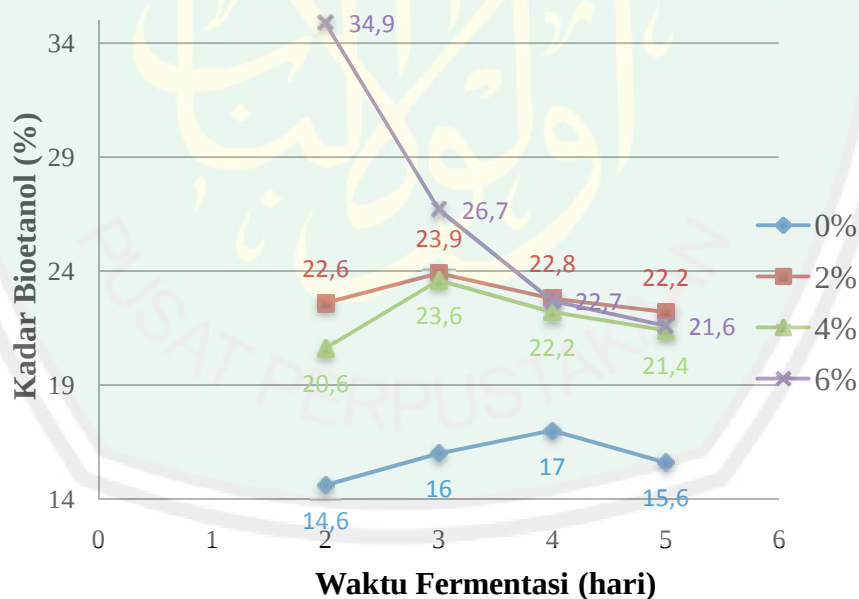
Tabel 3.3 menunjukkan bahwa rata-rata kadar bioetanol tertinggi dihasilkan dari interaksi antara konsentrasi roti 6% dan waktu fermentasi 2 hari dengan rata-rata kadar bioetanol sebesar 34,9%. Perlakuan tersebut berbeda nyata terhadap perlakuan yang lainnya. Hal ini dapat dilihat perlakuan tersebut memiliki notasi berbeda. Sedangkan rata-rata kadar bioetanol terendah dihasilkan dari interaksi antara konsentrasi ragi roti 0% dan waktu fermentasi 2 hari dengan rata-rata kadar bioetanol sebesar 14,6%. Perlakuan ini juga memiliki notasi yang berbeda yang menandakan perlakuan ini berbeda nyata terhadap perlakuan yang lain.

Interaksi antara konsentrasi ragi roti dan waktu fermentasi menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi yang diberikan, maka semakin tinggi kadar bioetanol nira siwalan serta proses fermentasi akan lebih cepat untuk menghasilkan kadar bioetanol tertinggi. Hal tersebut ditunjukkan pada perlakuan konsentrasi ragi 0%, kadar bioetanol tertinggi (17%) dicapai dalam waktu fermentasi 4 hari. Pada perlakuan konsentrasi ragi roti 2% kadar bioetanol tertinggi (23,9%) dicapai dalam waktu fermentasi 3 hari. Pada perlakuan konsentrasi ragi roti 4% kadar bioetanol tertinggi (23,6%) dicapai dalam waktu fermentasi 3 hari. Pada perlakuan konsentrasi ragi roti 6% kadar bioetanol tertinggi (34,9%) dicapai dalam waktu fermentasi 2 hari.

Konsentrasi ragi roti dan waktu fermentasi merupakan satu dari beberapa faktor yang mempengaruhi fermentasi etanol. Hal ini dikarenakan jika konsentrasi ragi yang diberikan terlalu sedikit akan menurunkan kecepatan fermentasi karena

sedikitnya massa yang akan menguraikan glukosa menjadi etanol (Judoamidjojo, 1990 dalam Moeksin dan Francisca, 2010).

Gambar 3.3 menunjukkan bahwa terdapat grafik naik kemudian turun pada konsentrasi ragi roti 0%, 2%, dan 3%. Pada konsentrasi ragi roti 2% dan 4%, kondisi puncak terjadi pada waktu fermentasi 3 hari yakni dengan rata-rata kadar bioetanol berturut-turut sebesar 23,9% dan 23,6%, sedangkan pada konsentrasi ragi roti 0%, puncak terjadi pada waktu fermentasi 4 hari dengan rata-rata kadar bioetanol sebesar 17% dan pada konsentrasi ragi roti 6%, puncak terjadi pada waktu fermentasi 2 hari dengan rata-rata kadar bioetanol tertinggi dari perlakuan yang lain yakni sebesar 34,9%.



Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Inetraksi Konsentrasi Ragi Roti (*Saccharomyces cerevisiae*) dan Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol Nira Siwalan (*Borassus flabellifer* L.).

Kondisi puncak dalam grafik menandakan mikroba penghasil etanol dalam nira siwalan telah mencapai fase akhir log dan memasuki fase stasioner. Menurut Riadi (2007), metabolit sekunder diproduksi selama fase akhir log dan selama fase

stasioner. Produk metabolit sekunder merupakan senyawa kimia dalam organisme yang tidak secara langsung berhubungan dengan pertumbuhan normal, pengembangan dan reproduksi mikroorganisme. Salah satu contoh produk metabolit sekunder adalah etanol.

Selain itu, setelah terjadi kondisi puncak, selanjutnya terdapat grafik yang menurun yang menunjukkan adanya penurunan kadar etanol. Pada konsentrasi ragi roti 6%, penurunan rata-rata kadar etanol sudah terjadi pada waktu fermentasi 3 hari (26,7%). Penurunan terus terjadi pada waktu fermentasi 4 hari (22,7%) sampai 5 hari (21,6%). Pada konsentrasi ragi roti 2% dan 4%, penurunan rata-rata kadar etanol terjadi pada waktu fermentasi 4 hari (22,8% dan 22,2%) sampai 5 hari (22,2% dan 21,4%). Sedangkan pada konsentrasi 0% penurunan rata-rata kadar etanol baru terjadi pada waktu fermentasi 5 hari (15,6%).

Penurunan rata-rata kadar etanol pada nira siwlan terjadi karena mikroba dalam suatu media telah mencapai fase kematian. Sholikhah (2010) menyatakan bahwa fase kematian mikroba penghasil etanol dalam nira siwlan ditandai dengan adanya penurunan produksi etanol. Selain itu, jika terlalu lama maka etanol yang sudah dihasilkan akan diubah oleh bakteri menjadi asam asetat.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar etanol tertinggi didapatkan pada perlakuan konsentrasi ragi roti yang terbanyak sebesar 6% dengan waktu fermentasi tercepat selama 2 hari. Hasil tersebut membuat peneliti mengasumsikan terdapat kemungkinan kadar etanol bisa mencapai kadar tertinggi jika konsentrasi ragi roti diperbanyak (lebih dari 6%) dan atau waktu fermentasi dipercepat (kurang dari 2 hari). Hal ini dikarenakan grafik di atas menunjukkan

bahwa pada perlakuan tersebut kadar bioetanol dalam dua hari fermentasi telah mencapai puncak kemudian menurun pada hari berikutnya, tidak ada grafik yang menunjukkan kenaikan.

Ada beberapa hal lain yang mempengaruhi produksi etanol dalam proses fermentasi nira siwalan selain konsentrasi ragi roti dan waktu fermentasi. Salah satunya adalah nutrisi dalam substrat yang menunjang kehidupan mikroorganisme penghasil etanol. Nutrisi tersebut meliputi unsur karbon (C), Nitrogen (N), fosfor (P), mineral-mineral, dan vitamin-vitamin (Hidayat dkk., 2006). Oleh karena itu perlu adanya penelitian lebih dengan menambahkan nutrisi dalam nira siwalan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh nutrisi terhadap produksi etanol serta untuk mengetahui jumlah nutrisi yang tepat agar didapatkan kadar etanol tertinggi dalam proses fermentasi nira siwalan.

4.2 Pengaruh Konsentrasi Ragi Roti (*Saccharomyces cerevisiae*) terhadap Kadar Bioetanol Nira Siwalan (*Borassus flabellifer* L.)

Hasil penelitian diperoleh data pengaruh konsentrasi ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) terhadap kadar bioetanol nira siwalan (*Borassus flabellifer* L.). Adanya pengaruh tersebut diketahui dengan analisis statistik menggunakan ANOVA (*Analysis of Variance*).

Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan ANOVA (Lampiran 8) dapat diketahui bahwa nilai signifikansi 0,00 ($p < 0,05$) yang berarti ada pengaruh dari konsentrasi ragi roti terhadap kadar bioetanol nira siwalan. Selanjutnya dilakukan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test (DMRT)* dengan taraf 5% (0,05)

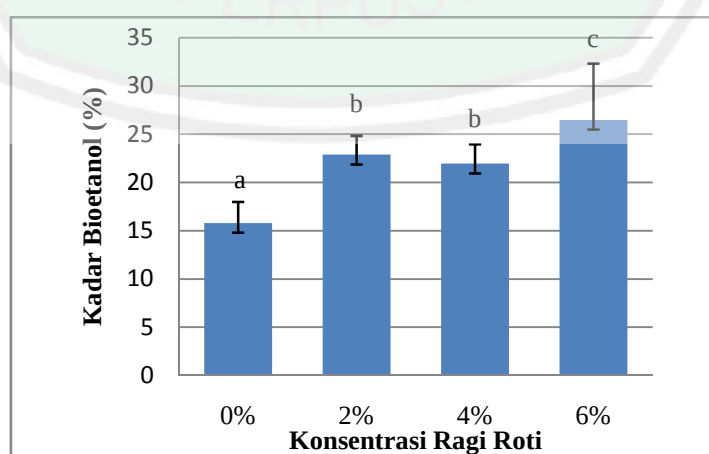
untuk mengetahui perlakuan terbaik dari beberapa perlakuan. Adapun hasil uji lanjut disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Pengaruh Konsentrasi Ragi Roti (*Saccharomyces cerevisiae*) terhadap Kadar Bioetanol Nira Siwalan (*Borassus flabellifer* L.) dengan Fermentasi Selama 5 hari.

Konsentrasi Ragi Roti (%)	Rata-rata Kadar Bioetanol (%)	Standar Deviasi	Notasi
0	15,800	2,1987	a
2	22,875	1,9594	b
4	21,950	2,005	b
6	26,475	5,8485	c

Keterangan: Notasi huruf yang berbeda menandakan adanya perbedaan yang nyata dari kadar etanol yang dihasilkan.

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa kadar bioetanol tertinggi dihasilkan dari konsentrasi ragi roti sebesar 6% dengan rata-rata kadar bioetanol sebesar 26,475%. Sedangkan kadar bioetanol terendah dihasilkan dari konsentrasi ragi roti 0% dengan rata-rata kadar bioetanol sebesar 15,8%. Adapun kadar bioetanol yang dihasilkan dari konsentrasi ragi roti 2% dan 4% masing-masing sebesar 21,95% dan 22,875%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa adanya penambahan ragi roti dapat meningkatkan kadar bioetanol dari fermentasi nira siwalan.



Gambar 4.2 Diagram Pengaruh Konsentrasi Ragi Roti (*Saccharomyces cerevisiae*) terhadap Kadar Bioetanol Nira Siwalan (*Borassus flabellifer* L.) dengan Fermentasi Selama 5 hari.

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa rata-rata kadar bioetanol yang dihasilkan dari konsentrasi ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) 0% (15,8%) dengan 2% (22,875%), konsentrasi ragi roti 0% (15,8%) dengan 4% (21,95%), dan konsentrasi ragi roti 0% (15,8%) dengan 6% (26,475%) hasilnya berbeda nyata. Begitu juga rata-rata kadar bioetanol yang dihasilkan dari konsentrasi ragi roti 6% (26,475%) dengan 2% (22,875%), dan konsentrasi ragi roti 6% (26,475%) dengan 4% (21,95%) hasilnya berbeda nyata. Sedangkan pada konsentrasi ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) 2% (21,95%) dengan 4% (22,875%) tidak berbeda nyata.

Berdasarkan hasil uji statistik dapat diketahui bahwa ragi roti yang ditambahkan dalam nira siwalan mampu meningkatkan kadar bioetanol nira siwalan. Hal ini dikarenakan ragi roti mengandung kultur murni *Saccharomyces cerevisiae* yang mampu mengubah gula menjadi etanol dalam proses fermentasi. Pelczar dan Chan (2013) menyatakan bahwa Ragi roti mengandung *Saccharomyces cerevisiae* yang telah mengalami seleksi, mutasi atau hibridasi untuk meningkatkan kemampuannya dalam memfermentasi gula dengan baik dalam adonan dan mampu tumbuh dengan cepat.

Saccharomyces cerevisiae mempunyai kelompok enzim (*zymase*) yang berperan pada fermentasi senyawa gula, seperti glukosa dan fruktosa menjadi etanol dan karbondioksida (Hasanah dkk., 2012). Perubahan glukosa menjadi etanol diawali dengan proses glikolisis lewat jalur *Embden-Meyernhoff* sampai terbentuk asam piruvat (lihat gambar 2.5). Proses glikolisis juga bisa dimulai dari

fruktosa. Fruktosa diubah menjadi fruktosa-1-fosfat oleh enzim fruktokinase. Selanjutnya fruktosa-1-fosfat dipecah oleh enzim aldolase menjadi dua molekul triosa yakni gliseralhida dan dihidroksiaseton fosfat. Proses selanjutnya sama seperti proses glikolisis yang dimulai dari glukosa hingga terbentuknya asam piruvat. Selanjutnya, asam piruvat diubah oleh enzim piruvat dekarboksilase menjadi asetalhida kemudian terjadi reaksi reduksi asetaldehida oleh enzim alkohol dehidrogenase menjadi etanol (Wirahadikusumah, 1985). Dengan kemampuan tersebut, *Saccharomyces cerevisiae* mampu mengubah gula invert (glukosa dan fruktosa) yang terkandung dalam nira siwalan menjadi etanol dan karbondioksida.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ragi roti yang diberikan dalam nira siwalan maka semakin tinggi kadar bioetanol yang dihasilkan. Walaupun rata-rata kadar etanol yang dihasilkan dari konsentrasi ragi roti 2% (22,875%) lebih besar daripada 4% (21,95%), namun hasil uji statistik menunjukkan bahwa rata-rata kadar bioetanol yang dihasilkan tersebut tidak berbeda nyata. Penulis mengasumsikan hasil tersebut akibat dari penguapan etanol yang tidak bisa dikendalikan pada saat proses fermentasi, sehingga etanol yang menguap ikut keluar bersama karbondioksida. Oleh karena itu, kadar etanol bisa berkurang saat proses fermentasi berlangsung karena adanya penguapan. Jhonprimen dkk (2012) menyatakan bahwa pada suhu kamar, etanol berupa zat cair bening mudah menguap.

Besar konsentrasi ragi roti di dalam media fermentasi sangat berpengaruh terhadap etanol yang dihasilkan. Konsentrasi ragi roti yang tinggi menunjukkan

jumlah *Saccharomyces cerevisiae* yang diberikan untuk mengubah gula menjadi etanol semakin banyak sehingga semakin tinggi pula kadar bioetanol yang dihasilkan. Hasil penelitian tersebut didukung oleh pernyataan Schlegel (1994), bahwa semakin tinggi jumlah ragi roti yang diberikan maka semakin tinggi pula kadar etanol yang dihasilkan. Hal tersebut dapat disebabkan produsen utama etanol adalah *Saccharomyces cerevisiae*.

4.3 Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol Nira Siwalan (*Borassus flabellifer* L.)

Hasil penelitian diperoleh data pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol nira siwalan (*Borassus flabellifer* L.). Adanya pengaruh tersebut diketahui dengan analisis statistik menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA).

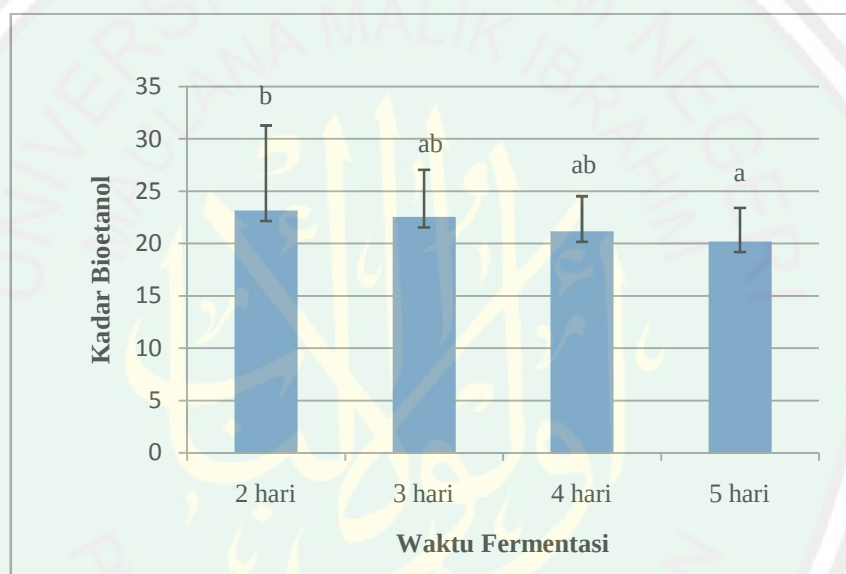
Hasil analisis statistik menggunakan ANOVA (Lampiran 8) menunjukkan bahwa nilai signifikansi 0,094 ($p > 0,05$) yang berarti tidak ada pengaruh dari waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol nira siwalan. Hal tersebut ditunjukkan dalam hasil uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dengan taraf 5% (0,05). Adapun hasil uji lanjut disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol Nira Siwalan (*Borassus flabellifer* L.).

Waktu Fermentasi (Hari)	Rata-rata Kadar Bioetanol (%)	Standar Deviasi	Notasi
2	23,175	8,1314	b
3	22,550	4,5062	ab
4	21,175	3,3678	ab
5	20,200	3,2284	a

Keterangan: notasi huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata kadar etanol yang dihasilkan.

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa kadar bioetanol tertinggi dihasilkan dari waktu fermentasi 2 hari dengan rata-rata kadar bioetanol sebesar 23,175%. Sedangkan kadar bioetanol terendah dihasilkan dari waktu fermentasi 5 hari dengan rata-rata kadar bioetanol sebesar 20,2%. Adapun kadar bioetanol yang dihasilkan dari waktu fermentasi 3 hari dan 4 hari masing-masing sebesar 22,55% dan 21,175%.



Gambar 4.3 Diagram Pengaruh Konsentrasi Ragi Roti (*Saccharomyces cerevisiae*) terhadap Kadar Bioetanol Nira Siwalan (*Borassus flabellifer* L.).

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa rata-rata kadar bioetanol yang dihasilkan dari waktu fermentasi 2 hari (23,175%) dengan 3 hari (22,55%), waktu fermentasi 2 hari (23,175%) dengan 4 hari (21,175%), dan waktu fermentasi 3 hari (22,55%) dengan 4 hari (21,175%) hasilnya tidak berbeda nyata. Begitu juga rata-rata kadar bioetanol yang dihasilkan dari waktu fermentasi 5 hari (20,2%) dengan 3 hari (22,55%) dan waktu fermentasi 5 hari (20,2%) dengan 4 hari (21,175%) hasilnya

tidak berbeda nyata. Sedangkan rata-rata kadar bioetanol yang dihasilkan dari waktu fermentasi 2 hari (23,175%) dengan 5 hari (20,2) hasilnya berbeda nyata.

Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa waktu fermentasi tidak berpengaruh terhadap kadar etanol nira siwalan. Hal ini juga dibuktikan oleh Sholikhah (2010), bahwa pada waktu fermentasi 58 jam (2 hari lebih 10 jam) sampai 130 jam (5 hari lebih 10 jam) produksi etanol dalam fermentasi nira siwalan yang relatif konstan.

Waktu fermentasi merupakan faktor terpenting dalam proses fermentasi etanol yaitu fermentasi biasanya berlangsung secara sempurna dalam 50 jam atau kurang dari itu tergantung temperatur, konsentrasi gula, dan faktor-faktor lain (Prescott dan Dunn, 1959). Hasil penelitian menunjukkan rata-rata kadar etanol tertinggi dihasilkan pada waktu fermentasi 2 hari (48) kemudian rata-rata kadar etanol terus menurun pada waktu fermentasi 3 hari, 4 hari, dan 5 hari. Sholikhah (2010) menyatakan bahwa jika proses fermentasi terlalu lama maka etanol yang sudah dihasilkan akan diubah oleh bakteri menjadi asam asetat.

Proses fermentasi dipengaruhi oleh lama fermentasi yakni semakin lama fermentasi maka akan memberikan kesempatan lebih lama mikroba untuk menguraikan glukosa menjadi etanol, sehingga memungkinkan untuk diperoleh kadar etanol yang tinggi (Suseno dkk. 2012). Namun pernyataan ini berlaku ketika mikroba yang ada di dalam media belum mencapai fase kematian. Ketika kadar etanol terlalu tinggi di dalam media, mikroba tersebut akan mengalami keracunan dan mati. Selain itu, etanol juga akan diubah oleh mikroba lain menjadi asam asetat sehingga akan terjadi penurunan kadar etanol dalam media tersebut.

Menurut Minier dan Goma (1982), produksi etanol yang terakumulasi dalam proses fermentasi akan meracuni secara perlahan-lahan dan bahkan dapat menghentikan pertumbuhan serta produksi dari mikroorganisme.

4.4 Pemanfaatan Nira Siwalan sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol Menurut Pandangan Islam

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nira siwalan yang didapatkan dari pohon siwalan yang memiliki dua kandungan yaitu manfaat dan kerugian. Sebagaimana Allah SWT berfirman dalam Q.S. Asy-Syu'ara [26]: 7, yang berbunyi:

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ﴿٧﴾

“Dan Apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu pelbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?”

Al-Imam Abul Fida Isma'il Ibnu Katsir Ad-Dimasyqi (2004) menjelaskan bahwa kata (كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ) bermakna “berpasangan”, jadi makna dari (كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ) adalah “berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang berpasangan” artinya setiap tumbuhan yang diturunkan di bumi pasti mengandung dua hal yang beda. Siwalan misalnya yang mampu menghasilkan nira, di samping mengandung nilai manfaat sebagai minuman yang menyegarkan, sebagai bahan baku pembuatan gula jawa, sebagai obat panas dalam, dan sebagainya, tetapi nira siwalan ketika terfermentasi akan berbahaya bagi kesehatan manusia karena telah berubah menjadi khamar. Khamar itu mengandung alkohol yang menyebabkan hilangnya atau tertutupnya akal manusia (memabukkan). Allah SWT berfirman dalam Q.S. An-Nahl [16]: 67 yang berbunyi:

وَمِنْ ثَمَرَاتِ النَّخِيلِ وَالْأَعْنَبِ تَتَّخِذُونَ مِنْهُ سَكَرًا

وَرِزْقًا حَسَنًا إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴿٢١٩﴾

“Dan dari buah korma dan anggur, kamu buat minuman yang memabukkan dan rezki yang baik. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang memikirkan”

Ayat di atas menjelaskan tentang buah-buahan yakni kurma dan anggur yang dapat dimakan, sekaligus dapat menghasilkan minuman. Hanya saja minuman itu dapat beralih menjadi sesuatu yang buruk (khamar) karena memabukkan (Shihab, 2001). Kurma dalam ayat tersebut bisa dianalogikan dengan siwalan karena termasuk dalam satu famili yang sama yaitu *Arecaceae*. Oleh karena itu siwalan juga dapat dimakan sekaligus dapat menghasilkan minuman berupa nira. Nira siwalan itulah yang dapat berubah menjadi khamar karena mengandung alkohol yang bisa memabukkan bagi peminumnya. Allah SWT berfirman dalam Q.S. al-Baqarah [2]: 219 yang berbunyi:

يَسْأَلُونَكَ عَنِ الْخَمْرِ وَالْمَيْسِرِ قُلْ فِيهِمَا إِثْمٌ كَبِيرٌ
وَمَنْفَعٌ لِلنَّاسِ وَإِثْمُهُمَا أَكْبَرُ مِنْ نَفْعِهِمَا

“Mereka bertanya kepadamu tentang khamar [minuman yang memabukkan] dan judi. Katakanlah: "Pada keduanya terdapat dosa yang besar dan beberapa manfaat bagi manusia, tetapi dosa keduanya lebih besar dari manfaatnya".

Ayat di atas merupakan jawaban atas pertanyaan tentang larangan meminum khamar. Di sini telah ditemukan penegasan bahwa khamar itu buruk dan seharusnya dihindari karena keburukannya lebih besar dari manfaatnya. Kendati demikian, ayat ini belum tegas melarang (Shihab, 2009).

Adanya kebaikan atau manfaat yang terkandung dalam khamar (meskipun keburukannya lebih besar) menjadi peluang bagi peneliti untuk melakukan suatu penelitian yang bertujuan untuk mengubah khamar menjadi sesuatu yang mengandung kebaikan atau manfaat lebih besar dari dosanya dengan memanfaatkannya sebagai bahan baku pembuatan bioetanol.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bioetanol yang memanfaatkan nira siwalan sebagai bahan baku dengan menggunakan ragi roti mampu menghasilkan etanol dengan kadar rata-rata tertinggi sebesar 34,9% dengan perlakuan konsentrasi ragi roti sebesar 6% dan waktu fermentasi selama 2 hari. Hasil tersebut lebih tinggi dengan konsentrasi ragi roti yang sama yakni sebesar 6% daripada pembuatan bioetanol dari bahan baku tanaman lain yakni biji durian sebesar 18,99% selama 2 hari, serta lebih tinggi dan lebih cepat daripada bahan baku dari bengkuang sebesar 22% selama 5 hari.

Proses fermentasi nira siwalan lebih cepat dari pada biji durian dan bengkuang dikarenakan gula yang terkandung dalam nira siwalan merupakan gula sederhana berupa gula invert, sedangkan biji durian dan bengkuang mengandung pati. Gozan (2014) menyatakan bahwa proses pembuatan bioetanol yang berasal dari bahan baku bukan gula (pati, selulosa, hemiselulosa, dan lignin) terdiri dari dua tahap yaitu hidrolisis dan fermentasi, sedangkan bahan baku bioetanol yang mengandung gula dapat langsung difermentasi. Hal tersebut menunjukkan bahwa nira siwalan sangat berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol.

Pemanfaatan nira siwalan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol merupakan salah satu usaha untuk memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi tentang inovasi energi baru dan terbarukan (*renewable energy*). Usaha tersebut juga bermaksud untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui serta semakin lama semakin berkurang dan langka akibat kegiatan eksploitasi sumberdaya alam oleh manusia. Eksploitasi sumberdaya alam mengakibatkan kerusakan alam yang berdampak buruk bagi manusia dan makhluk hidup yang lainnya. Allah SWT melarang berbuat kerusakan di muka bumi dalam Suarat Al-A'raf [7]: 56 yang berbunyi:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا
وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

“Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah Amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik.”

Ayat di atas menjelaskan bahwa Allah SWT melarang perbuatan yang menimbulkan kerusakan di muka bumi dan hal-hal yang membahayakan kelestariannya sesudah diperbaiki karena sesungguhnya apabila segala sesuatunya berjalan sesuai dengan kelestariannya, kemudian terjadilah pengrusakan padanya, hal tersebut akan membahayakan semua makhluk Allah SWT (Ad-Dimasyqi, 2004). Udaya usaha pengembangan energi terbarukan dalam bentuk bioetanol yang berasal dari nira siwalan merupakan salah satu cara manusia untuk berbuat baik dengan menjaga kelestarian alam.

BAB V

PENUTUP

4.5 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Interaksi antara konsentrasi ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) dan waktu fermentasi berpengaruh terhadap kadar bioetanol nira siwalan (*Borassus flabellifer* L.) dengan rata-rata kadar bioetanol tertinggi (34,9%) dihasilkan oleh kombinasi antara konsentrasi ragi roti 6% dan waktu fermentasi 2 hari.
2. Konsentrasi ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) berpengaruh terhadap kadar bioetanol nira siwalan (*Borassus flabellifer* L.) dengan rata-rata kadar bioetanol tertinggi (26,475%) dihasilkan oleh konsentrasi ragi roti 6%.
3. Waktu fermentasi tidak berpengaruh terhadap kadar bioetanol nira siwalan (*Borassus flabellifer* L.) dengan rata-rata kadar bioetanol tertinggi (23,175%) dihasilkan oleh waktu fermentasi 2 hari.

4.6 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan meningkatkan konsentrasi ragi roti lebih dari 6 % dan atau mempercepat waktu fermentasi kurang dari 2 hari untuk mendapat kadar bioetanol tertinggi.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh nutrisi substrat terhadap kadar etanol dalam bioetanol nira siwalan.

3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menganalisis kadar asam asetat setelah proses fermentasi.
4. Perlu ditelusuri lebih mendalam mengenai masalah penjualan nira siwalan, seberapa besar rasio antara nira siwalan yang laku terjual dan yang tidak terjual dalam sehingga bisa diperkirakan banyaknya nira siwalan yang kemungkinan bisa disalahgunakan sebagai minuman yang memabukkan (*tuak*).



DAFTAR PUSTAKA

- Ad-Dimasyqi, Ibnu K. 2004. *Tafsir Ibnu Katsir*. Jakarta: Pustaka Asy-Safi'i.
- Al-Shabouni, Mohammad A. 1999. *Tafsir Ayat Al-Ahkam*. Jakarta: Darul Kitab Al-Islamiyah.
- Al-Qaradhwai, Yusuf. 2006. *Fikih Thaharah*. Jakarta: Pustaka Al-Kautsar.
- Arifah, Yuyun. 2007. Studi Etnobotani Tumbuhan Arecaceae (Palem-paleman) oleh Masyarakat Pantura Kabupaten Gresik dan Lamongan. *Skripsi*. Jurusan Biologi UIN Maliki Malang.
- Arindhani, Sabrina. 2015. Produksi Bioetanol Menggunakan Ragi Roti Instan dengan dan Tanpa Pemberian Aerasi pada Media Molases. *Skripsi*. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Jember.
- Asy-Syanqithi, Syaikh. 2007. *Tafsir Adwa'ul Bayan*. Jakarta: Pustaka Azzam
- Azizah, N., A. N. Al-Baari, dan S. Mulyani. 2012. Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Kadar Alkohol, pH, dan Produksi Gas pada Proses Fermentasi Bioetanol dari Whey dengan Substitusi Kulit Nanas. *Jurnal aplikasi Teknologi Pangan*. 1(2): 72-77.
- Bhavan, Manak dan Marg, Bahadur S. Z. 2005. *Indian Standard: Table of Alcoholometry (Pycnometer Methode) First Revision*. New Delhi: Bureau of Indian Standards.
- Bloch, Daniel R. 2013. *Menyingkap Tabir Kimia Organik: Panduan Belajar Mandiri*. Jakarta: EGC.
- BPS. 2015. *Kepadatan Penduduk Menurut Provinsi, 2000-2014*. Diakses tanggal 5 Oktober 2016, dari Badan Pusat Statistik: <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/842>.
- BPS. 2015. *Persentase Rumah Tangga Menurut Provinsi dan Bahan Bakar Utama untuk Memasak, 2014*. Diakses tanggal 5 Oktober 2016, dari Badan Pusat Statistik: <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/848>.
- BPS. 2016. *Persentase Rumah Tangga Menurut Provinsi dan Kepemilikan Kendaraan Bermotor, 2013-2014*. Diakses tanggal 5 Oktober 2016, dari Badan Pusat Statistik: <https://www.bps.go.id/index.php/linkTabelStatistis/1359>.

- Chairul dan Yenti, Silvia Reni. 2013. Pembuatan Bioetanol dari Nira Nipah Menggunakan *Sacharomyces cereviceae*. *Jurnal Teknobiologi*. 4(2): 105–108.
- Fauziah, Wenny Nur . 2015. Uji aktivitas antimikroba ekstrak etanol daun, kulit dan biji kelengkeng (*Euphoria longan L.*) terhadap pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* dan *Lactobacillus plantarum* penyebab kerusakan nira siwalan (*Borassus flabellifer L.*). *Skripsi*. Jurusan Biologi UIN Maliki Malang.
- Gozan, M. 2014. *Teknologi Bioetanol Generasi Kedua*. Jakarta: Erlangga.
- Haisya, Nisa Bila Sabrina. 2011. The Potential of Developing Siwalan Palm Sugar (*Borassus flabellifer* Linn.) as One of the Bioethanol Sources to Overcome Energy Crisis Problem in Indonesia. *2nd International Conference on Environmental Engineering and Applications IPCBEE vol. 17*. Singapore: IACSIT Press.
- Hanafiah, Kemas Ali. 2014. *Rancangan Percobaan: Teori dan Aplikasi*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Hanum, Farida, N. Pohan, M. Rambe, R. Primadony, dan M. Ulyana. 2013. Pengaruh Massa Ragi dan Waktu Fermentasi terhadap Bioetanol dari Biji Durian. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 2(4): 49-54.
- Hasanah, H., S. Zaenab, dan A. Rofieq. 2012. Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Kadar Alkohol Tape singkong (*Manihot utilissima* Pohl). *Alchemy*. 2(1): 68-79.
- Hidayat, N., M. C. Padaga, dan S. Suhartini. 2006. *Mikrobiologi Industri*. Yogyakarta: Andi.
- Imron, S., W. A. Nugroho, dan Y. Herdrawan. 2015. Efektivitas Penundaan Proses Fermentasi Pada Nira Siwalan (*Borassus flabellifer L.*) dengan Metode Penyinaran Ultraviolet. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem* 3(3): 259-269.
- Jayanti, Risha Tiara. 2011. Pengaruh pH, Suhu Hidrolisis Enzim α -amilase, dan Konsentrasi Ragi Roti untuk Produksi Etanol Menggunakan Pati Bekatul. *Skripsi*. Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sebelas Maret.
- Johnprimen, H.S., A. Turnip, dan M. H. Dahlan. 2012. Pengaruh Massa Ragi, Jenis Ragi, dan Waktu Fermentasi pada Bioetanol dari Biji Durian. *Jurnal Teknik Kimia*. 18(2): 43-51.
- Komaryati, Sri dan Gusmailina. 2010. *Prospek Bioetanol sebagai Pengganti Minyak Tanah*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan.

- Komaryati, Sri, Djarwanto, dan I. Winarni. 2014. *Teknologi Produksi Ragi untuk Pembuatan Bio-Etanol*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan.
- Kurniawan, T. B., S. H. Bintari, dan R. Susanti. 2014. Efek Interaksi Ragi Tape dan Ragi Roti terhadap Kadar Bioetanol Ketela Pohon (*Manihot Utilissima*, Pohl) Varietas Mukibat. *Biosaintifika*. 6 (2): 152-160.
- Kusmiyati dan Shitophyta, Lukhi Mulia. 2014. Produksi Bioetanol Dari Bahan Baku Singkong, Jagung dan Iles-Iles : Pengaruh Suhu Fermentasi Dan Berat *Yeast Saccharomyces cerevisiae*. *Reaktor*. 15(2): 97-103.
- Lehninger, Albert L. 1982. *Dasar-dasar Biokimia Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Lubad, Aziz Masykur dan Widiastuti, Paramita. 2010. Program Nasional Biofeul dan Realitasnya di Indonesia. *Lembaran Publikasi Lemigas*. 44(3): 307-318.
- Minier, M dan Goma, G. 1982. Ethanol Production by Extractive Fermentation. *Journal of Biotechnology and Bioengineering*. 24(7): 1565-1579.
- Moeksin, Rosdiana dan Francisca, Shinta. 2010. Pembuatan Etanol dari Bengkuang dengan Variasi Berat Ragi, Waktu, Dan Jenis Ragi. *Jurnal Teknik Kimia*. 2(17): 25-30.
- MUI. 2003. *Standarisasi Fatwa Halal*. Diakses tanggal 5 Oktober 2016, dari Majelis Ulama Indonesia: <http://mui.or.id/wp-content/uploads/2014/11/23.-Standarisasi-Fatwa-Halal.pdf>
- MUI. 2009. *Hukum Alkohol*. Diakses tanggal 5 Oktober 2016, dari Majelis Ulama Indonesia: <http://mui.or.id/wp-content/uploads/2014/11/23.-Hukum-Alkohol.pdf>
- Munson, Bruce R., Donald F. Young, dan Theodore H. Okiishi. 2003. *Mekanika Fluida Edisi Keempat Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Novelina, Soekarto, S. T., Jenie, Betty S. L., Saono, S., Suhartono, M. T. 2005. Pengeringan Kemoreaksi Kultur *Saccharomyces cerevisiae* dengan CaO serta Pengaruh Sorpsi Kadar Air terhadap Stres dan Kematian Kultur Kering. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 16(1): 71-81.
- Olson, Reuben M. dan Wright, Steve J. 1993. *Dasar-dasar Mekanika Fluida Teknik Edisi Kelima*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Pelczar, Michael J. dan Chan, E.C.S. 2012. *Dasar-dasar Mikrobiologi Jilid 2*. Jakarta: UI Press.

- Pelczar, Michael J. dan Chan, E.C.S. 2013. *Dasar-dasar Mikrobiologi Jilid 1*. Jakarta: UI Press.
- Poedjiadi, Anna. 2012. *Dasar-dasar Biokimia*. Jakarta: UI Press.
- Prabawa, A. A., E. H. Utomo, dan Abdullah. 2012. Produksi Enzim Invertase oleh *Saccharomyces cerevisiae* Menggunakan Substrat Gula dengan Sistem Fermentasi Cair. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 1(1): 139-149.
- Purwoko, T. 2007. *Fisiologi Mikroba*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Retno, D.T., dan Nuri, W. 2011. *Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia.
- Riadi, Lieke. 2007. *Teknologi Fermentasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Salasabila, U., D. Mardiana, dan E. Indahyanti. 2013. Kinetika Reaksi Fermentasi Glukosa Hasil Hidrolisis Pati Biji Durian menjadi Etanol. *Student Journal*. 2(1): 331 -336.
- Schlegel, H. G. 1994. *Mikrobiologi Umum*. Yogyakarta: UGM Press.
- Seftian, D., F. Antonius, dan M. Faizal. 2012. Pembuatan Etanol dari Kulit Pisang Menggunakan Metode Hidrolisis Enzimatik dan Fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*. 18(1): 10-16.
- Shihab, M. Q. 2001. *Tafsir Al-Misbah: Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Qur'an*. Jakarta: Lentera Hati.
- Sholikhah, Siti Mar'atus. 2010. Kajian Kadar Etanol Air Nira Siwalan dan Asam Asetat dalam Cairan Nira Siwalan (*Borassus flebellifer* L.) Menggunakan Metode Kromatografi Gas (GC). *Skripsi*. Jurusan Kimia UIN Maliki Malang.
- Sugiyono, Agus. 2016. *Outlook Energi Indonesia 2016: Pengembangan Energi untuk Mendukung Industri Hijau*. Jakarta: Pusat Teknolgi Sumberdaya Energi dan Industri Kimia Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Susanto, F., Yusak, Y., dan Bulan, R. 2012. Pengaruh Penambahan Ragi Roti dan Waktu Fermentasi Terhadap Glukosa Hasil Hidrolisis Selulosa Ampas Tebu (*Saccharum Officinarum*) Dengan HCl 30% dalam Pembuatan Bioetanol. *Jurnal Saintia Kimia*. 1(1): 1-8.
- Suseno, Thomas. I. P., S. Surjoseputro, dan Anita K. 2000. Minuman Probiotik Nira Siwalan: Kajian Lama Penyimpanan terhadap Daya Anti Mikroba *Lactobacillus casei* pada Beberapa Bakteri Patogen. *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi*. 1(1): 1-13.

- Tambunan, Parlindungan. 2010. Potensi dan Kebijakan Pengembangan Lontar untuk Menambah Pendapatan Penduduk. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*. 7(1): 27-45.
- Wirahadikusumah, Muhamad. 1985. *Biokimia: Metabolisme Energi, Karbohidrat, dan Lipid*. Bandung: ITB.
- Wonorahardjo, Surjani. 2013. *Metode-Metode Pemisahan Kimia*. Jakarta: Akademia Permata.E
- Yaqub, Ali M. 2009. *Kriteria Halal-Haram untuk Pangan, Obat, dan Kosmetika Menurut Al-Qur'an dan Hadis*. Jakarta: Pustaka Firdaus.

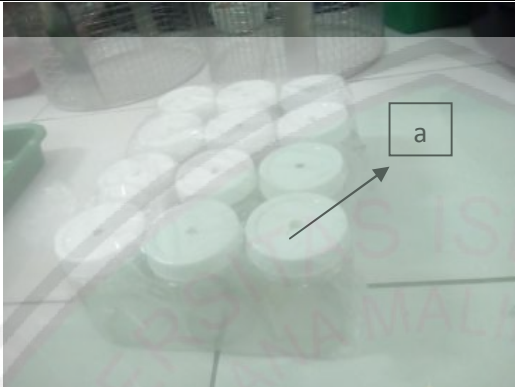


LAMPIRAN

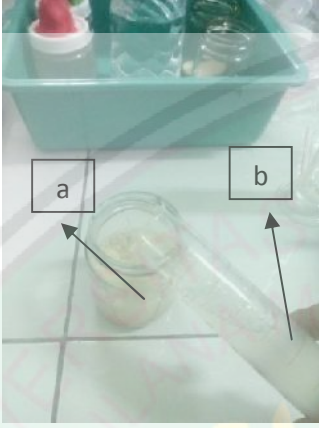
Lampiran 1. Nira Siwalan dan Ragi Roti

A		Keterangan: Nira siwalan dari petani siwalan yang telah dimasukkan botol aqua
B		Keterangan: a. Ragi roti merk “saf-instan” masih dalam kemasan b. Ragi roti Ragi roti merk “saf-instan” sudah diberi label sesuai perlakuan

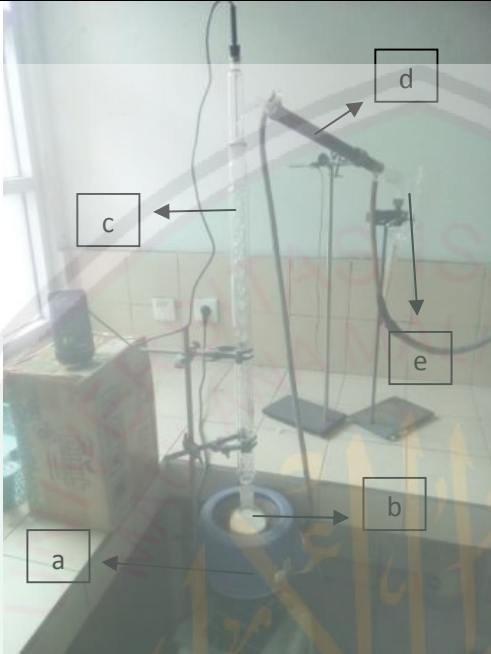
Lampiran 2. Sterilisasi Ferementor dan Pasteurisasi Nira Siwalan

A		Keterangan: a. Botol selai kaca ukuran 300 ml yang digunakan sebagai tempat dalam proses fermentasi nira siwalan yang telah diberi lubang dan siap untuk disterilisasi di autoklaf
B		Keterangan: Pasteurisasi nira siwalan pada suhu $\pm 60^{\circ}\text{C}$

Lampiran 3. Proses Pemberian Perlakuan

A		Keterangan: a. Botol selai kaca berisi ragi roti b. Gelas ukur berisi nira siwalan
B		Keterangan: a. Selang sebagai jalan keluarnya karbondioksida hasil fermentasi b. Plastisis sebagai penutup celah pada lubang agar tidak terjadi kebocoran dalam proses fermentasi c. Wadah berisi air untuk mencegah masuknya oksigen, namun karbondioksida masih bisa keluar

Lampiran 4. Proses Distilasi dan Analisis Kadar Bioetanol

A		Keterangan: a. Pemanas b. Labu bersisi sampel nira siwalan yang akan didistilasi c. Tabung distilator d. Tabung kondensator e. Tabung distilat (penampung hasil distilasi)
B		Keterangan; a. Neraca analitik b. Tabung piknometer

Lampiran 5. Perhitungan Kadar Bioetanol Berdasarkan Gravitasi Jenis Sampel Menggunakan Piknometer

- Kadar Bioetanol sampel dengan perlakuan konsentrasi ragi roti 6% dan waktu fermentasi 2 hari pada ulangan 1

Diketahui:

Massa Piknometer kosong 1 (M_1) : 23,1384 gram

Massa Piknometer berisi aquades (M_{aquades}) : 47,8763 gram

Massa Piknometer kosong 2 (M_2) : 23,2823 gram

Massa Piknometer berisi sampel (M_{sampel}) : 46,8238 gram

Selanjutnya, hasil tersebut dimasukkan dalam rumus Gravitasi Jenis:

$$\begin{aligned}
 \text{Gravitasi Jenis} &= \frac{(M_{\text{sampel}} - M_2)}{(M_{\text{aquades}} - M_1)} \\
 \text{Specific Gravity} &= \frac{(46,8238 \text{ gram} - 23,2823 \text{ gram})}{(47,8763 \text{ gram} - 23,1384 \text{ gram})} \\
 (\text{SG}) &= \frac{23,5415 \text{ gram}}{24,7379 \text{ gram}} \\
 &= 0,951637
 \end{aligned}$$

Nilai gravitasi jenis yang diperoleh kemudian dikonversikan dengan melihat tabel gravitasi jenis dari *International Organization of Legal Metrology*. Gravitasi jenis sampel sebesar 0,951637 mengandung kadar etanol sebesar 36,8% pada suhu ruangan (27°C).

Lampiran 6. Data Kadar Bioetanol Hasil Pengukuran dengan Piknometer

Faktor Perlakuan		Kadar Bioetanol (%)			
Konsentrasi Ragi	Waktu Fermentasi	Ulangan		Jumlah	Rata-rata
		1	2		
0%	2 hari	15,60	13,60	29,2	14,6
	3 hari	17,60	14,40	32	16
	4 hari	19,80	14,20	34	17
	5 hari	17,20	14,00	31,2	15,6
2%	2 hari	24,80	20,40	45,2	22,6
	3 hari	25,80	22,00	47,8	23,9
	4 hari	24,00	21,60	45,6	22,8
	5 hari	23,60	20,80	44,4	22,2
4%	2 hari	22,60	18,60	41,2	20,6
	3 hari	24,40	22,80	47,2	23,6
	4 hari	23,80	20,60	44,4	22,2
	5 hari	22,80	20,00	42,8	21,4
6%	2 hari	36,80	33,00	69,8	34,9
	3 hari	27,80	25,60	53,4	26,7
	4 hari	24,80	20,60	45,4	22,7
	5 hari	22,80	20,40	43,2	21,6

Lampiran 7. Nilai Rata-rata dan Standar Deviasi Kadar Bioetanol

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Kadar Bioetanol

Konsentrasi Ragi	Waktu Fermentasi	Mean	Std. Deviation	N
0%	2 hari	14,600	1,4142	2
	3 hari	16,000	2,2627	2
	4 hari	17,000	3,9598	2
	5 hari	15,600	2,2627	2
	Total	15,800	2,1987	8
2%	2 hari	22,600	3,1113	2
	3 hari	23,900	2,6870	2
	4 hari	22,800	1,6971	2
	5 hari	22,200	1,9799	2
	Total	22,875	1,9594	8
4%	2 hari	20,600	2,8284	2
	3 hari	23,600	1,1314	2
	4 hari	22,200	2,2627	2
	5 hari	21,400	1,9799	2
	Total	21,950	2,0050	8
6%	2 hari	34,900	2,6870	2
	3 hari	26,700	1,5556	2
	4 hari	22,700	2,9698	2
	5 hari	21,600	1,6971	2
	Total	26,475	5,8485	8
Total	2 hari	23,175	8,1314	8
	3 hari	22,550	4,5062	8
	4 hari	21,175	3,3678	8
	5 hari	20,200	3,2284	8
	Total	21,775	5,0817	32

Lampiran 8. Hasil Uji ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Kadar Bioetanol

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	709.260 ^a	15	47.284	8.288	.000
Intercept	15172.820	1	15172.820	2659.565	.000
Konsentrasi Ragi	472.250	3	157.417	27.593	.000
Waktu Fermentasi	43.210	3	14.403	2.525	.094
Konsentrasi Ragi * Waktu Fermentasi	193.800	9	21.533	3.774	.010
Error	91.280	16	5.705		
Total	15973.360	32			
Corrected Total	800.540	31			

a. R Squared = ,886 (Adjusted R Squared = ,779)

Lampiran 9. Hasil Uji *Duncan Multiplr Range Test (DMRT)*

Kadar Bioetanol

Konsentrasi Ragi	N	Subset		
		1	2	3
0%	8	15,800		
4%	8		21,950	
2%	8		22,875	
6%	8			26,475
Sig.		1.000	.450	1.000

Kadar Bioetanol

Waktu Fermentasi	N	Subset	
		1	2
5 hari	8	20,200	
4 hari	8	21,175	21,175
3 hari	8	22,550	22,550
2 hari	8		23,175
Sig.		.079	.131

Kadar Bioetanol

Duncan^a

Interaksi	N	Subset for alpha = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
K1W1	2	14,600						
K1W4	2	15,600	15,600					
K1W2	2	16,000	16,000	16,000				
K1W3	2	17,000	17,000	17,000	17,000			
K3W1	2		20,600	20,600	20,600	20,600		
K3W4	2			21,400	21,400	21,400	21,400	
K4W4	2				21,600	21,600	21,600	
K2W4	2				22,200	22,200	22,200	
K3W3	2				22,200	22,200	22,200	
K2W1	2				22,600	22,600	22,600	
K4W3	2				22,700	22,700	22,700	
K2W3	2					22,800	22,800	
K3W2	2					23,600	23,600	
K2W2	2					23,900	23,900	
K4W2	2						26,700	
K4W1	2							34,900
Sig.		.369	.071	.052	.052	.241	.071	1.000



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
JURUSAN BIOLOGI
Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp./ Faks. (0341) 558933
Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: biologi@uin-malang.ac.id

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Muzid Syauqil Umam
NIM : 13620082
Jurusan/Fakultas : Biologi/ Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Pengaruh Konsentrasi Ragi Roti (*Saccharomyces cerevisiae*) dan Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol Nira Siwalan (*Borassus flabellifer* L.)

No	Tanggal	Uraian Materi Konsultasi	Ttd. Pembimbing
1.	23 Maret 2017	Konsultasi judul skripsi	
2.	28 Maret 2017	Konsultasi Bab 1,2, dan 3	
3.	10 April 2017	Revisi Bab 1,2, dan 3	
4.	11 April 2017	Revisi Bab 1,2 dan 3	
5.	23 April 2017	Revisi Bab 1,2 dan 3	
6.	13 Mei 2017	ACC Bab 1,2 dan 3	
7.	9 November 2017	Konsultasi Bab 4 dan 5	
8.	16 November 2017	Revisi Bab 4 dan 5	
9.	5 Desember 2017	Revisi Bab 4, 5 dan lampiran	
10.	29 Desember 2017	ACC Bab 1, 2, 3, 4, dan 5	

Malang. 5 Januari 2018

Pembimbing Skripsi

Dr. Hj. Ulfah Utami, M.Si.
NIP 19650509 199903 2 002



Ketua Jurusan

Romaidi, M.Si, D.Sc.
NIP. 19810201 200901 1 019