



**TUGAS AKHIR (SB- 0141501)**

**EFEKTIVITAS PENGGUNAAN BIOETANOL DARI  
LIMBAH PULP KAKAO (*Theobroma cacao* L.)  
TERHADAP LAMA PEMBAKARAN KOMPOR  
BIOETANOL**

**LISMA SHOFARINA PURWATI  
151210009**

**Dosen Pembimbing :  
Ir. Sri Nurhatika, M.P.**

**Jurusan Biologi  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016**



**FINAL PROJECT (SB- 0141501)**

**THE EFFECTIVENESS OF BIOETHANOL USAGE  
FROM PULP COCOA (*Theobroma cacao* L.) WASTE ON  
THE BURNING PROCESS OF BIOETHANOL STOVE**

**LISMA SHOFARINA PURWATI  
1512100009**

**Advisor Lecturer :  
Ir. Sri Nurhatika, M.P.**

**Departement of Biology  
Faculty of Mathematics and Sains  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016**

**HALAMAN PENGESAHAN**

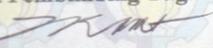
**EFEKTIVITAS PENGGUNAAN BIOETANOL DARI  
LIMBAH PULP KAKAO (*Theobroma cacao L.*) TERHADAP  
LAMA PEMBAKARAN KOMPOR BIOETANOL**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
Pada  
Jurusan S-1 Jurusan Biologi  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh  
**LISMA SHOFARINA PURWATI**  
NRP. 1512100009

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Ir. Sri Nurhatika, M.P.  Pembimbing

Surabaya, Januari 2016

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Biologi

  
Dr. Dewi Hidayati, M.Si  
NIP. 19691121 199802 2 001

# EFEKTIVITAS PENGGUNAAN BIOETANOL DARI LIMBAH PULP KAKAO (*Theobroma cacao L.*) TERHADAP LAMA PEMBAKARAN KOMPOR BIOETANOL

**Nama Mahasiswa** : Lisma Shofarina P.  
**NRP** : 1512100009  
**Jurusan** : Biologi2  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Sri Nurhatika, M.P

## Abstrak

*Biomassa tanaman yang mengandung pati dan gula berpotensi sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Pulp kakao (*Theobroma cacao L.*) memiliki kadar glukosa sekitar 8-13 % dan sukrosa sebesar 0,4-1,0%. Pulp kakao merupakan limbah pertanian yang tidak dimanfaatkan secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh bioetanol yang efektif dari pulp kakao (*Theobroma cacao L.*) terhadap lama pembakaran kompor bioetanol.*

*Metode penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Parameter yang diamati yaitu lama waktu nyala kompor bioetanol, volume etanol, dan kadar etanol. Data yang diperoleh akan dianalisa kadar etanol yang dihasilkan, kadar gula reduksi serta uji lama pembakaran dan titik didih pada kompor bioetanol generasi ke-4.*

*Hasil dari penelitian ini yaitu etanol dengan kadar 80% paling efektif digunakan sebagai bahan bakar karena memiliki lama pembakaran yang terbaik dengan waktu rata-rata lama pembakaran sebesar 3 menit 3,5 detik dan membutuhkan waktu 1 menit 9 detik. Proses fermentasi menghasilkan kadar gula reduksi sebesar 10% dan proses destilasi 10 liter limbah pulp kakao menghasilkan 100 ml etanol 83% dan 200 ml etanol 30%.*

*Kata kunci : Bioetanol, Kakao, Kompor Bioetanol, Pulp*

**THE EFFECTIVENESS OF COCOA PULP WASTE  
(*Theobroma cacao* L.) ON THE BURNING PROCESS OF  
BIOETHANOL STOVE**

**Name** : Lisma Shofarina P.  
**NRP** : 1512100009  
**Departement** : Biologi  
**Advisor Lecturer** : Ir. Sri Nurhatika, M.P

**Abstract**

Bioethanol is one solution to overcome the dependence on fuel migas. Bioethanol can be made through biomass containing carbohydrates, starch or cellulose. One of the raw materials that have the potential for bioethanol is cocoa pulp. Cocoa pulp are abundant and not used so often the agricultural waste. Cocoa pulp (*Theobroma cacao* L.) have glucose content of ab-13 %. This study aims to gain effective bioethanol from cocoa pulp (*Theobroma cacao* L.) against burning stove bioethanol.

Method of this research is randomized complete design (RAL). Parameters observed that bioethanol stove flame long time, volume of ethanol , and ethanol content. The data obtained were analyzed for levels of ethanol produced, reducing sugar and a long test on the stove burning bioethanol 4th generation..

Results from this research is ethanol 80% most effectively be used as a fuel because it has the best long burning with an average time of 3 minutes 3.5 seconds and takes 1 minute 9 seconds for water boiling test. The fermentation process produces reduced sugar levels by 10% and 10 liters of waste distillation process cocoa pulp produced 100 ml of 83% ethanol and 200 ml of ethanol 30%.

**Keywords** : *Bioethanol, Bioethanol Stove, Cocoa, Pulp*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“EFEKTIVITAS PENGGUNAAN BIOETANOL DARI LIMBAH PULP KAKAO (*Theobroma cacao* L.) TERHADAP LAMA PEMBAKARAN KOMPOR BIOETANOL”**. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains di Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulisan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan berbagai pihak. Saya mengucapkan terima kasih kepada Ir. Sri Nurhatika, M.P selaku dosen pembimbing, dan Dr. Awik Puji Dyah Nurhayati, M.Si beserta Kristanti Indah Purwani selaku dosen penguji. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada M.Ma'sum dan Sulis Stiowati selaku kedua orang tua yang senantiasa mendukung, membimbing dan mendoakan yang terbaik dalam penulisan Tugas Akhir ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Tria, Niki, Eni, Nuvi, Indah, Alan, Rizki yang selalu memberikan dukungan dan motivasi serta teman-teman angkatan 2012 dan seluruh pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak dan dapat digunakan sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya.

Surabaya, Januari 2016

Lisma Shofarina Purwati

## DAFTAR ISI

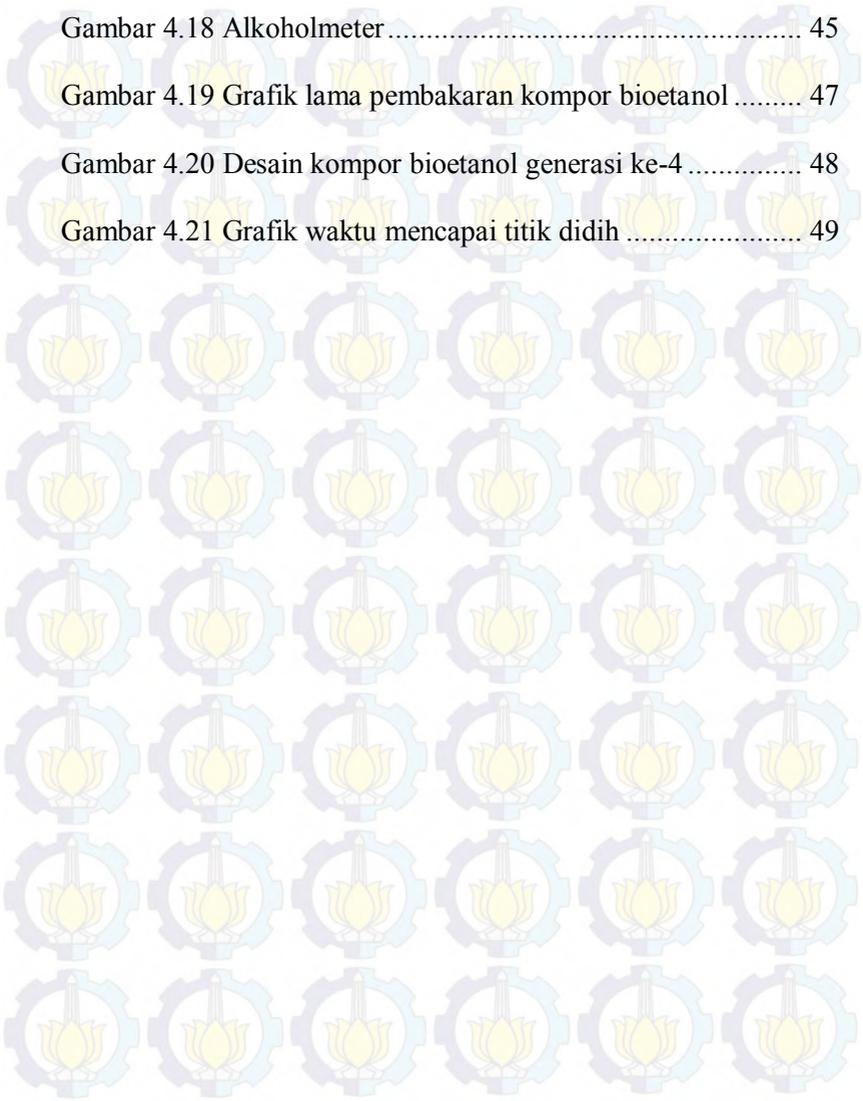
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
Abstrak.....	iv
Abstract.....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	2
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Manfaat .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Morfologi Tanaman Kakao .....	5
2.1.1 Klasifikasi Tanaman Kakao.....	7
2.2.2 Pulp Kakao ( <i>Theobroma cacao</i> L.).....	8
2.2.3 Potensi Pulp Kakao ( <i>Theobroma cacao</i> L.) Sebagai Bioetanol .....	10
2.3 Etanol .....	12
2.3.1 Bioethanol .....	14
2.3.2 Proses Produksi Bioethanol .....	15
2.4 Gula Reduksi .....	23
2.5 <i>Saccharomyces cerevisae</i> .....	24
2.6 Kompok Bioethanol.....	26
BAB III METODOLOGI .....	31
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	31
3.2 Alat dan Bahan .....	31
3.3 Metode penelitian .....	31

3.3.2 Proses Fermentasi .....	31
3.3.3 Proses Destilasi.....	32
3.3.5 Pengujian Kadar Ethanol.....	32
3.3.6 Analisis Kadar Gula.....	32
3.3.7 Pengujian Bioethanol Sebagai Bahan Bakar .....	32
3.3.8 Pengamatan Waktu yang Dibutuhkan untuk Mencapai Titik Didih .....	32
3.4 Rancangan Penelitian.....	33
3.5 Analisis Data.....	33
<b>BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>35</b>
4.1 Teknik pengambilan limbah .....	35
4.2 Hasil fermentasi .....	36
4.3 Hasil destilasi.....	39
4.4 Analisis gula reduksi.....	43
4.5 Pengujian kadar etanol .....	45
4.6 Pengujian lama pembakaran kompor bioetanol.....	46
4.7 Uji waktu mencapai titik didih .....	48
<b>BAB V KESIMPULAN .....</b>	<b>53</b>
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran .....	53
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>55</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>67</b>
<b>BIODATA PENULIS .....</b>	<b>87</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Morfologi Kakao .....	5
Gambar 2.2 Morfologi bunga, buah dan dau kakao.....	7
Gambar 3.2 Buah Kakao.....	9
Gambar 2.4. Bagian-bagian Kakao.....	10
Gambar 2.5 Skema tahapan proses bioetanol.....	16
Gambar 2.6 Jalur EMP.....	21
Gambar 2.7 <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	25
Gambar 2.8 Kompor Etanol Bertekanan.....	27
Gambar 2.9 Kompor Generasi 1 .....	28
Gambar 2.10 Kompor Generasi 2.....	28
Gambar 2.11 Kompor Generasi 3 .....	29
Gambar 2.12 Kompor Generasi 4.....	30
Gambar 4.13 Bentuk morfologi Kakao.....	35
Gambar 4.14 Fermentor sederhana.....	38
Gambar 4.16 Reaksi fermentasi etanol .....	39

Gambar 4.17 Destilasi sederhana .....	41
Gambar 4.18 Alkoholmeter .....	45
Gambar 4.19 Grafik lama pembakaran kompor bioetanol .....	47
Gambar 4.20 Desain kompor bioetanol generasi ke-4 .....	48
Gambar 4.21 Grafik waktu mencapai titik didih .....	49



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Komposisi buah kakao.....	8
Tabel 2.2 Produksi Limbah Cair Pulp kakao di Indonesia.....	11
Tabel 2.3 Komposisi Kimia Pulp Kakao.....	12
Tabel 2.4 Komposisi Kimia Cairan Pulp Kakao.....	12
Tabel 3.5 Analisis kadar gula .....	33
Tabel 3.6 Uji Lama Pembakaran kompor bioetanol .....	34
Tabel 3.7 Uji Waktu Mencapai Titik Didih kompor bioetanol....	34
Tabel 4.8 Analisis kadar etanol .....	40
Tabel 4.9. Hasil etanol yang didapatkan dari berbagai bahan ....	42
Tabel 4.10. Analisis kadar gula .....	43
Tabel 4.11. Hasil pengamatan untuk lama pembakaran.....	46
Tabel 4.12. Hasil uji Tukey.....	46
Tabel 4.13. Hasil pengamatan untuk titik didih.....	49

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Skema kerja penelitian .....	67
Lampiran 2. Persiapan bahan dan perlakuan awal ( <i>pretreatment</i> ) .....	68
Lampiran 3. Proses fermentasi .....	69
Lampiran 4. Proses destilasi .....	70
Lampiran 5. Pengujian kadar etanol .....	71
Lampiran 6. Analisis gula reduksi .....	72
Lampiran 7. Pengujian bioetanol sebagai bahan bakar .....	73
Lampiran 8. Pengamatan waktu mencapai titik didih .....	74
Lampiran 9. Analisi data .....	75
Lampiran 10. Komposisi etanol 70% (kontrol) .....	78
Lampiran 11. Komposisi instan dry yeast (fermipan) .....	79
Lampiran 12. Dokumentasi kegiatan .....	80

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Minyak bumi merupakan salah satu sumber energi yang tidak dapat diperbaharui atau *non-renewable*. Keberadaannya hingga saat ini menempati urutan pertama sebagai sumber energi. Salah satu turunan minyak bumi yang banyak digunakan pada industri kecil dan rumah tangga adalah minyak tanah. (Agustinadkk, 2015).

Upaya pemerintah untuk mengalihkan penggunaan minyak tanah ke bahan bakar lain perlu didukung. Konversi atau pengalihan penggunaan minyak tanah ke bahan bakar gas banyak menemui kendala antara lain banyaknya kasus kebakaran yang disebabkan oleh bahan bakar gas, karena sifat gas yang selalu memenuhi ruangan sehingga apabila terjadi percikan api dalam kompor akan memicu kebakaran di sekitarnya (Agustina dkk, 2015).

Pengalihan atau konversi minyak tanah tidak harus ke bahan bakar gas tetapi juga dapat ke bioetanol yang bersifat lebih ramah lingkungan dan tidak membahayakan lingkungan. Bioetanol mempunyai kelebihan selain ramah lingkungan, penggunaannya sebagai bahan bakar kompor terbukti lebih ekonomis dan efisien proses pembakarannya (Agustina dkk, 2015).

Bioetanol merupakan cairan hasil proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat (pati) menggunakan bantuan mikroorganisme. Produksi bioetanol dari tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat, dilakukan melalui proses konversi karbohidrat menjadi gula (glukosa) (Marques,2007).

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas pemanfaatan limbah pertanian seperti limbah buah semu jambu mete serta limbah sayuran dipasar yang kemudian diuji coba sebagai bahan bakar kompor bioetanol. Buah semu jambu mete memiliki 15,8 gram karbohidrat per 100 gram buah semu jambu

mete sehingga dapat dijadikan bahan baku pembuatan bioetanol. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dihasilkan kadar etanol sebesar 90% dari bahan baku buah semu jambu mete. Bioetanol dengan kadar sebesar 90% habis digunakan selama 3 jam 35 menit dan mencapai titik didih dalam waktu 17 menit 5 detik (Rasyendi, 2015). Selain limbah buah semu jambu mete, terdapat limbah pertanian lainnya yang belum dimanfaatkan yaitu limbah pulp kakao.

Saat ini jumlah industri pengolahan kakao di Indonesia cukup banyak yaitu kurang lebih 50 produsen. Pengolahan kakao mempunyai hasil samping yang pemanfaatannya belum optimal. Pemanfaatan pulp kakao yang selama ini hanya sebagai limbah organik ke lingkungan juga dapat dimanfaatkan sebagai substrat produksi alkohol dan asam asetat dengan cara pulp tersebut harus diinokulasikan dengan khamir. Maka dari itu perlu dilakukan dan perlu dicari teknologi pengolahan limbah kakao yang dapat menangani limbah dalam jumlah yang besar (Pairunan, 2009).

Pulp kakao merupakan limbah pertanian yang mengandung glukosa dan sukrosa. Bahan bergula pada limbah dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbon untuk produksi etanol ( $C_2H_5OH$ ). Oleh karena itu dilakukan penelitian efektivitas penggunaan bioetanol dari limbah pulp kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap lama pembakaran kompor bioetanol.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Permasalahan yang timbul dari penelitian ini yaitu bagaimana efektivitas dari limbah pulp kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap lama pembakaran kompor bioetanol?

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah dari penelitian ini yaitu menggunakan limbah pulp kakao (*Theobroma cacao* L.) dari kabupaten Blitar, proses fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* komersial, alat destilasi menggunakan destilator skala penelitian

dan kompor yang digunakan untuk uji merupakan kompor bioetanol generasi ke-4.

#### **1.4 Tujuan**

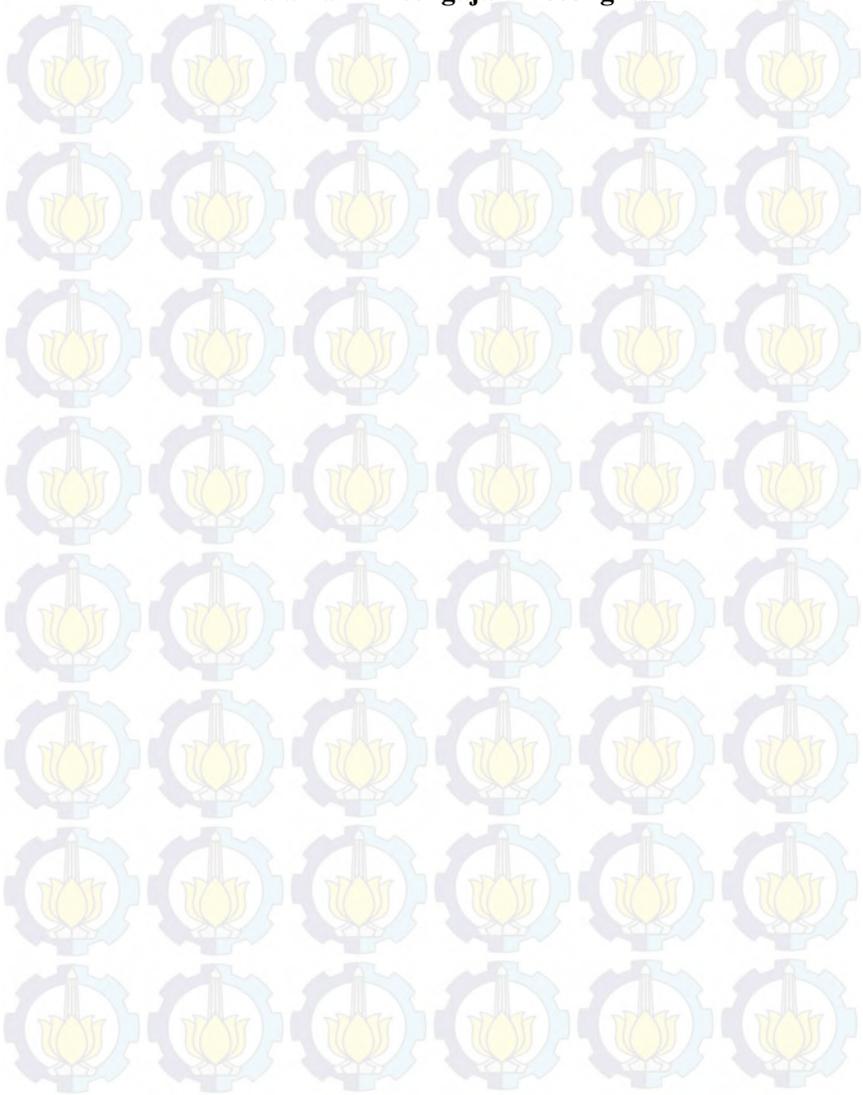
Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh bioetanol yang efektif terhadap lama pembakaran kompor bioetanol serta mengetahui efektivitas bioetanol yang berasal dari limbah pulp kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap lama pembakaran kompor bioetanol.

#### **1.5 Manfaat**

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Membikan informasi dan nilai tambah terhadap limbah pulp kakao sebagai bioetanol yang nantinya dapat dijadikan sebagai bahan bakar alternatif
2. Menyelesaikan masalah ketergantungan terhadap minyak bumi atau bahan bakar *non renewable* yang hampir habis.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Morfologi Tanaman Kakao**

Tanaman kakao menjadi salah satu komoditas perkebunan yang peranannya cukup penting bagi perekonomian nasional, khususnya sebagai penyedia lapangan kerja, sumber pendapatan dan devisa negara. Kakao juga berperan dalam mendorong pengembangan wilayah dan pengembangan agroindustri. Tahun 2002, perkebunan kakao telah menyediakan lapangan kerja dan sumber pendapatan bagi sekitar 900 ribu kepala keluarga petani yang sebagian besar berada di Kawasan Timur Indonesia (KTI) serta memberikan sumbangan devisa terbesar ke tiga sub sektor perkebunan setelah karet dan kelapa sawit dengan nilai sebesar US \$ 701 juta.



Gambar 2.1. Morfologi Kakao (Poedjiwidodo, 1996)

Kakao merupakan tanaman kecil di bagian bawah hutan hujan tropis di Amerika Selatan (Purseglove, 1968), yang tumbuhnya selalu terlindung pohon besar lainnya (Sunaryo, 1978). Daerah hutan hujan tropis merupakan daerah yang paling cocok untuk tanaman kakao (Purseglove, 1968)

Tinggi tanaman kakao jika dibudidayakan di kebun berkisar antara 1,8 - 7 meter. Tinggi tanaman kakao beragam, dipengaruhi

oleh intensitas naungan dan faktor-faktor tumbuh yang tersedia (Hulupi dan Martini, 2013).

Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia (2010) menyatakan bahwa tanaman kakao bersifat dimorfisme, artinya mempunyai dua bentuk tunas vegetatif. Tunas yang arah pertumbuhannya ke atas disebut dengan tunas ortotrop atau tunas air (wiwilan atau chupon), sedangkan tunas yang arah pertumbuhannya ke samping disebut dengan plagiotrop (cabang kipas atau fan).

Daun kakao bersifat dimorfisme. Tangkai daun kakao sekitar 7,5-10 cm. Bentuk tangkai daunnya silinder dan bersisik halus, bergantung pada tipenya (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2010). Daun kakao yang matang berwarna hijau gelap, memiliki panjang sekitar 37 cm dan lebar 7,5 cm, bentuk daunnya oval lonjong atau oval elips, tangkai daunnya pendek dengan dua artikulasi (Kochhar, 1986).

Hulupi dan Martini (2013), juga menjelaskan bahwa kakao memiliki bentuk helai daun bulat memanjang, ujung daun meruncing dan pangkal daun runcing. Susunan tulang daun menyirip dan tulang daun menonjol ke permukaan bawah helai daun. Tepi daun rata, daging daun tipis tetapi kuat seperti perkamen. Warna daun dewasa hijau tua bergantung pada kultivarnya. Panjang daun dewasa 30 cm dan lebarnya 10 cm. Permukaan daun licin dan mengkilap.

Kakao memiliki bunga berwarna putih, ungu atau kemerahan. Warna yang kuat terdapat pada benang sari dan daun mahkota. Warna bunga ini khas untuk setiap kultivar. Tangkai bunga kecil tetapi panjang (1-1,5 cm). Daun mahkota panjangnya 6-8 mm, terdiri atas dua bagian. Bagian pangkal berbentuk seperti kuku binatang (claw) dan biasanya terdapat dua garis merah. Bagian ujungnya berupa lembaran tipis, fleksibel, dan berwarna putih (PPKKI, 2010 dalam Hulupi dan Martini 2013).

Warna buah kakao sangat beragam, tetapi pada dasarnya hanya ada dua macam warna. Buah muda berwarna hijau atau hijau agak putih dan berwarna kuning jika sudah masak. Buah

yang ketika muda berwarna merah, setelah masak akan berwarna jingga (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2010).

Kulit buah memiliki 10 alur dalam dan dangkal yang letaknya berselang-seling. Pada tipe kakao criollo dan trinitario kulit buahnya tebal tetapi lunak dan permukaannya kasar. Pada tipe forasero, permukaan kulit buahnya halus dan tipis. Buah akan masak setelah berumur enam bulan. Pada saat itu ukurannya beragam, dari panjang 10 hingga 30 cm, pada kultivar dan faktor-faktor lingkungan selama perkembangan buah (PPKKI, 2010 dalam Hulupi dan Martini, 2013).



Buah

Bunga

Daun

Gambar 2.2 Morfologi bunga, buah dan dau kakao  
(cybex.pertanian.go.id)

### 2. 2.1 Klasifikasi Tanaman Kakao

Tanaman kakao termasuk golongan tanaman tahunan yang tergolong dalam kelompok tanaman caulifloris, yaitu tanaman yang berbunga dan berbuah pada batang dan cabang. Tanaman ini pada garis besarnya dapat dibagi atas dua bagian, yaitu bagian vegetatif yang meliputi akar, batang serta daun dan bagian generatif yang meliputi bunga dan buah (Siregar *et al.*, 1989)

Tanaman kakao (*Theobroma cacao L*) merupakan salah satu tanaman perkebunan yang dikembangkan dalam rangka peningkatan sumber devisa negara dari sektor non migas. Tanaman kakao tersebut merupakan salah satu anggota genus

*Theobroma* dari familia Sterculiaceae yang banyak dibudidayakan.

Sistematika tanaman kakao secara lengkap adalah sebagai berikut.

Regnum	: Plantae
Divisio	: Spermatophyta
Sub divisio	: Angiospermae
Classis	: Dicotyledoneae
Ordo	: Malvales
Familia	: Sterculiaceae
Genus	: <i>Theobroma</i>
Spesies	: <i>Theobroma cacao</i> L.

(Poedjiwidodo, 1996).

### 2.2.2 Pulp Kakao (*Theobroma cacao* L.)

Buah kakao yang masak mempunyai kulit yang tebal dan berisi 30-40 biji yang dikelilingi oleh pulp yang berlendir. Pulp yang melingkungi biji kakao sebagian besar terdiri dari air dan gula yang merupakan substrat yang baik bagi mikroba. Selama proses fermentasi biji kakao, sebagian cairan pulp kakao akan keluar dari kotak fermentasi dan menjadi limbah yang mencemari lingkungan. Jumlah cairan pulp kakao yang menetes selama proses fermentasi sekitar 10 persen dari berat basah biji kakao. Komposisi buah kakao dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Komposisi buah kakao

Komponen	Presentase (%)
Pod (kulit buah)	75.70
Biji dan pulp	21.68
Plasenta	2.62

Sumber : Ashadi, 1988

Pulp kakao merupakan lapisan berlendir yang menyelimuti keping biji yang sebagian terdiri atas air dan komponen gizi yang cukup tinggi, diantaranya sukrosa, glukosa

dan sedikit pati (Sulistyowati dkk, 1998), sehingga sangat potensial untuk diolah menjadi bioenergi yaitu bioetanol.

Pulp merupakan jaringan halus yang berlendir yang membungkus biji kakao, keadaan zat yang menyusun pulp terdiri dari 80-90% air dan 8-14% gula sangat baik untuk pertumbuhan mikroorganisme yang berperan dalam proses fermentasi (Bintoro, 1977).

Menurut Agyeman dan Oldham (1986) cairan pulp kakao mempunyai pH 3,4-7,0 dan menurut Hidayat (1995) cairan pulp kakao segar mengandung gula 12-15%, 5-7% pektin, 0,8-1,5% asam tidak menguap dan 0,1-0,5% protein. Cairan pulp kakao dengan kandungan gula 12-15% berpotensi digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol.



Gambar 3. 2 Buah Kakao : a. Kulit, b. Plasenta, c. Biji dan pulp (Ashadi, 1988)



Gambar 2.4. Bagian-bagian Kakao : a.Kulit, b.Pulp, c.Biji (Pairunan, 2009)

### 2.2.3 Potensi Pulp Kakao (*Theobroma cacao* L.) Sebagai Bioetanol

Berdasarkan data produksi biji kakao pada tahun 1990, maka diperkirakan potensi cairan pulp kakao yang terbuang sebagai limbah di Indonesia cukup besar, yaitu sekitar 13.920 ton pertahun (Biro Pusat Statistik, 1990).

Kakao merupakan tanaman industri dengan produk utama berupa biji yang memiliki nilai ekonomi tinggi, yang dalam proses penanganannya juga menghasilkan limbah berupa cangkang atau kulit buah kakao dan limbah cair pulp kakao.

Semakin meningkatnya produksi kakao akan meningkatkan jumlah limbah buah kakao. Ketersediaan limbah cair pulp kakao hasil fermentasi biji kakao cukup melimpah dan belum dimanfaatkan secara optimal. Selain itu, dibandingkan bahan baku lain yang dapat digunakan sebagai bioetanol, limbah cair pulp kakao memiliki nilai ekonomis yang lebih baik mengingat selama ini sebagian besar limbah cair pulp kakao hanya dibuang begitu saja di sungai oleh industri pengolah kakao.

Produksi limbah cair pulp kakao (*Theobroma cacao* L.) diprovinsi Jawa Timur cukup banyak yaitu sekitar 148 ton/hari. Limbah cair pulp kakao tersebut disuplai dari beberapa industri besar pengolahan kakao di beberapa kota di provinsi Jawa Timur

(Departemen Perindustrian, 2007). Berikut tabel produksi limbah cair pulp kakao di Indonesia :

Tabel 2.2 Produksi Limbah Cair Pulp kakao di Indonesia

<b>Kota</b>	<b>Jumlah Industri</b>	<b>Produksi Limbah Cair Pulp Kakao (ton/hari)</b>
Tangerang	10	400
Bandung	6	150
Makassar	7	110
Medan	3	80
Jawa timur	7	148

Sumber : Departemen Perindustrian (2007)

Saat ini jumlah industri pengolahan kakao di Indonesia cukup banyak yaitu kurang lebih 50 produsen. Dari pengolahan kakao tersebut mempunyai hasil samping yang pemanfaatannya belum optimal. Pemanfaatan pulp kakao yang selama ini hanya sebagai limbah organik ke lingkungan juga dapat dimanfaatkan sebagai substrat produksi alkohol dan asam asetat dengan cara pulp tersebut harus diinokulasikan dengan khamir. Maka dari itu perlu dilakukan dan perlu dicari teknologi pengolahan limbah kakao yang dapat menangani limbah dalam jumlah yang besar (Pairunan, 2009).

Pulp kakao sangat berpotensi digunakan sebagai bahan baku pembuatan Bahan Bakar Nabati (BBN) yang berupa bioetanol. Pulp buah kakao memiliki komponen bahan yang dapat digunakan sebagai bioetanol seperti berikut ini:

Tabel 2.3. Komposisi Kimia Pulp Kakao

<b>Komponen</b>	<b>Kandungan Rata-rata (%)</b>
Air	80-90
Albuminoid, bahaan-bahan yang pahit	0,5-0,7
Glukosa	8-13
Sukrosa	0,4-1,0
Pati	-
Asam non-volatil	0,2-0,4
Besi oksida	0,03
Garam-garam	0,4-0,45

Sumber: Haryadi dan Supriyanto (2001)

Tabel 2.4. Komposisi Kimia Cairan Pulp Kakao

<b>Komponen</b>	<b>Konsentrasi (%)</b>
Air	79,61
Gula Pereduksi	15,50
Nitrogen	0,63
Abu	0,50
Bahan-bahan lain	4,26

Sumber : Direktorat Jendral Perkebunan (1989)

Pulp kakao merupakan limbah cair yang mengandung gula. Pulp merupakan jaringan halus yang berlendir yang membungkus biji kakao. Pulp kakao ini terdiri atas 8-14% gula. Bahan bergula pada limbah ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbon untuk produksi etanol ( $C_2H_5OH$ ) (Bintoro, 1977).

### 2.3 Etanol

Etanol memiliki satu molekul OH dalam susunan molekulnya. Oksigen yang berikatan di dalam molekul etanol tersebut membantu penyempurnaan pembakaran antara campuran udara dan bahan bakar di dalam silinder. Etanol memiliki panas penguapan yang tinggi, yakni 842 kJ/kg (Giancoli, 1998). Tingginya panas penguapan ini menyebabkan energi yang dipergunakan untuk menguapkan ethanol lebih besar dibandingkan bensin. Konsekuensi lanjut dari hal tersebut adalah

temperatur puncak di dalam silinder akan lebih rendah pada pembakaran etanol dibandingkan dengan bensin.

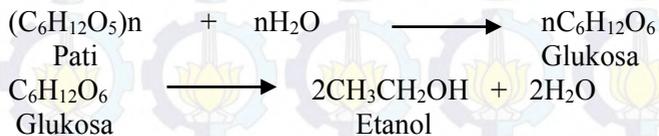
Etanol bisa digunakan dalam bentuk murni atau sebagai campuran untuk bahan bakar bensin maupun hidrogen. Interaksi etanol dengan hidrogen bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi sel bahan bakar ataupun dalam mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) konvensional.

Etanol merupakan alternatif bahan bakar yang ramah lingkungan yang berfungsi juga sebagai disinfektan, pelarut dan bahan baku industri kimia. Etanol memiliki rumus molekul  $C_2H_5OH$ , memiliki titik didih  $79^\circ C$ , titik leleh  $-117^\circ C$ , densitas 0,7893, mudah terbakar, merupakan cairan yang tidak berwarna, dan memiliki bau yang spesifik (Triptchkul, 1992).

Penggunaan etanol sebagai bahan bakar mulai diteliti dan diimplementasikan di AS dan Brazil sejak terjadinya krisis bahan bakar fosil di kedua negara tersebut pada tahun 1970-an. Brazil tercatat sebagai salah satu negara yang memiliki keseriusan tinggi dalam implementasi bahan bakar etanol untuk keperluan kendaraan bermotor dengan tingkat penggunaan bahan bakar ethanol saat ini mencapai 40% secara nasional. Di AS, bahan bakar relatif murah, E85, yang mengandung etanol 85% semakin populer di masyarakat dunia.

Proses fermentasi etanol dimaksudkan untuk mengubah glukosa menjadi etanol dengan menggunakan *yeast*. Alkohol yang diperoleh dari proses fermentasi ini biasanya alkohol dengan kadar 8-10% volume. Bahan baku untuk pembuatan etanol secara fermentasi ini dapat berasal dari pati, selulosa dan juga bahan-bahan lain yang mengandung gula (Simanjuntak, 2009)

Reaksi pembuatan etanol dengan fermentasi sebagai berikut :



(Hermawan, 2005)

### 2.3.1 Bioethanol

Salah satu alternatif pengganti bahan bakar fosil adalah dengan bioenergi seperti bioetanol. Bioetanol merupakan bahan bakar nabati yang tak pernah habis dan termasuk bahan bakar yang dapat diperbaharui (*renewable*). Sumber bioetanol dapat berupa singkong, ubi jalar, tebu, jagung, sorgum biji, sorgum manis, sagu, aren, nipah, lontar, kelapa dan padi. Sumber bioetanol dapat berasal dari tanaman yang banyak mengandung karbohidrat, selulosa dan pati.

Bioetanol adalah etanol yang dibuat dari biomassa yang mengandung komponen pati atau selulosa melalui proses biologi. Etanol dapat dibuat secara sintesis kimia dengan proses hidrasi zat etilen, sedangkan secara biologi atau fermentasi dengan merekayasa produk dari biomassa (tanaman). Biomassa yang dapat digunakan sebagai bahan baku bioetanol antara lain bahan berpati, bergula dan berselulosa (Prihandana, dkk, 2007).

Bioetanol ( $C_2H_5OH$ ) merupakan salah satu minyak bakar nabati yang memiliki sifat menyerupai minyak premium. Bioetanol merupakan hasil fermentasi biomassa dari sumber karbohidrat dengan bantuan mikroorganisme dan ramah lingkungan karena bersih dari emisi bahan pencemar. Penggunaan bioetanol sebagai sumber energi memiliki kelebihan dalam hal kepraktisan karena mudah dikemas dan didistribusikan. Sumber hayati yang saat ini sering digunakan untuk memproduksi bioetanol adalah tanaman yang mengandung nira bergula, bahan berpati, dan selulosa.

Bioetanol diproduksi dengan teknologi biokimia, melalui proses fermentasi bahan baku, kemudian etanol yang diproduksi dipisahkan dari air menggunakan proses destilasi. Proses destilasi ini hanya menghasilkan etanol dengan kadar kemurnian 96%. Maka dari itu dilakukan proses dehidrasi *molecular sieve* karena proses ini dapat menghilangkan air hingga kadar etanol menjadi 99,5% dan dihasilkan etanol absolute (Ullman's, 2003)

Bahan bakar berbasis produk menggunakan proses biologi seperti bioetanol dapat dihasilkan dari hasil pertanian yang tidak

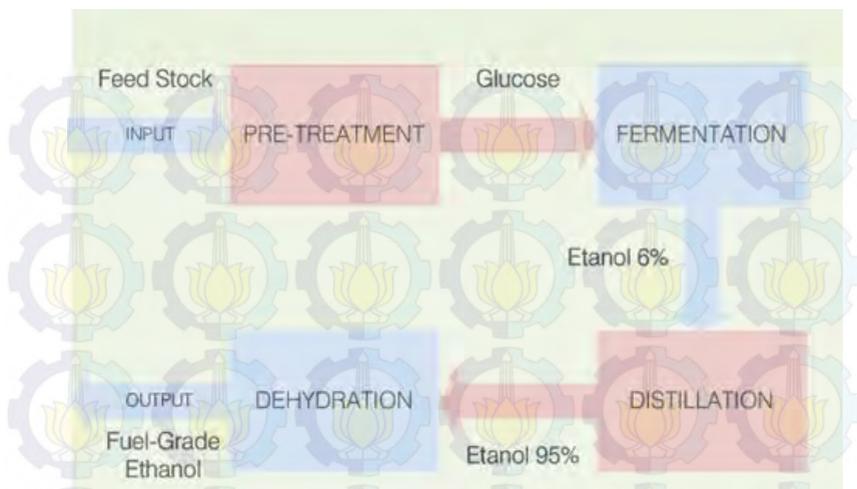
layak/tidak dapat dikonsumsi, seperti dari sampah/limbah pasar, limbah pabrik gula (tetes/mollases). Bahan apapun dapat diproses menjadi bioetanol selama bahan tersebut mengandung karbohidrat (gula, pati, selulosa, dan hemiselulosa). Melalui proses sakarifikasi (pemecahan gula kompleks menjadi gula sederhana), fermentasi, dan distilasi, bahan-bahan tersebut dapat dikonversi menjadi bahan bakar bioetanol. Untuk menjaga kestabilan pasokan bahan pangan sebaiknya bioetanol diproduksi dari bahan-bahan yang tidak layak/tidak dapat dikonsumsi, seperti singkong gajah yang beracun, sampah atau limbah apapun yang mengandung karbohidrat, melalui proses sakarifikasi dan seterusnya (pemecahan gula seperti tersebut di atas), bahan-bahan tersebut dapat dikonversi pula menjadi bioetanol (Edi *et al.*, 2009).

Salah satu limbah tanaman yang bisa digunakan sebagai bahan baku bioetanol adalah limbah pulp cacao. Keuntungan menggunakan pulp cacao sebagai sumber bahan baku bioetanol antara lain karena ketersediaan limbah pulp kakao yang sangat melimpah dan menjadi limbah pertanian karena tidak digunakan oleh petani untuk menjadi bahan produksi.

Bioetanol dapat diproduksi melalui proses sakarifikasi. Pada tahap ini pati akan diubah menjadi gula sederhana (glukosa dan sebagian fruktosa). Dilanjutkan dengan proses fermentasi alkohol yaitu mengubah glukosa menjadi etanol. Etanol yang dihasilkan dipisahkan dari air melalui proses distilasi.

### **2.3.2 Proses Produksi Bioethanol**

Proses produksi bioetanol dibagi menjadi empat tahapan umum (gambar 2.5 ). *Pretreatment* atau perlakuan awal yang diperlukan dalam produksi etanol generasi kedua (2<sup>nd</sup> generation ethanol) dibandingkan dengan generasi pertama (1<sup>st</sup> generation ethanol) (Axelsson,2011). Kemudian tahapan selanjutnya adalah hidrolisis, fermentasi dan destilasi.



Gambar 2.5 Skema tahapan proses bioetanol (Axelsson, 2011)

Proses pembuatan bioetanol dengan bahan baku yang mengandung lignoselulosa seperti limbah kulit coklat melalui empat proses utama; yaitu perlakuan awal, hidrolisis, fermentasi, dan pemisahan serta pemurniaan produk etanol (Mosier, *et al.*, 2005), yang masing-masing akan diuraikan di bawah ini :

#### ❖ **Pretreatment (Perlakuan Awal)**

Agar menjadi bahan bakar alternatif, bioetanol harus diproduksi dengan murah, ramah lingkungan serta berkelanjutan (Harun *et al.*, 2010b). Semua bahan yang mengandung karbohidrat mempunyai potensi untuk pembuatan bioetanol. Namun demikian, sumber utama untuk pembuatan bioetanol dapat diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu bahan yang mengandung sukrosa (tebu, gula, bit, sorgum, dan buah), pati (jagung, gandum, padi-padian, kentang, dan ubi kayu) serta biomassa yang mengandung lignoselulosa (kayu, jerami, dan rerumputan) (Balat & Balat, 2009).

Bahan yang mengandung sukrosa dan pati mempunyai kandungan karbohidrat yang mudah untuk diproses menjadi

bioetanol, sedangkan biomassa yang mengandung lignoselulosa memerlukan tahapan yang sulit dan memakan biaya untuk menghilangkan lignin sebelum proses pembuatan bioetanol (Harun *et al.*, 2010b).

Proses perlakuan awal dilakukan untuk mengkondisikan bahan-bahan lignoselulosa baik dari segi struktur dan ukuran dengan menghilangkan kandungan lignin, merusak struktur kristal dari selulosa serta memperluas permukaan substrat (Sun and Cheng, 2002). Delignifikasi dapat dilakukan secara fisik dan kimiawi atau kombinasi dari keduanya.

Menurut Fridia (1989), proses delignifikasi merupakan perlakuan pendahuluan terhadap bahan baku untuk menurunkan kadar lignin sehingga mempermudah pelepasan hemiselulosa. Perlakuan awal yang efisien harus dapat membebaskan struktur kristal dari selulosa dan memperluas daerah amorf serta membebaskan dari kadar lignin. Bahan lignoselulosa yang telah mendapatkan perlakuan awal akan mengalami penyusutan kadar lignin dan meningkatkan kandungan selulosa.

Perlakuan awal dapat dilakukan secara fisik dan kimiawi atau kombinasi dari keduanya. Perlakuan awal lebih efektif dilakukan dengan mengkombinasikan antara perlakuan fisik dan kimia (Foody *et al.*, 1999). Faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan reaksi pelarutan lignin, selulosa dan hemiselulosa yaitu suhu, tekanan, dan konsentrasi larutan pemasak. Selulosa tidak akan rusak saat proses pelarutan lignin jika konsentrasi larutan pemasak yang digunakan rendah dan suhu yang digunakan tidak sesuai.

### ❖ Hidrolisis

Proses hidrolisis dapat dilakukan dengan berbagai macam metode, seperti metode fisik, kimiawi, biologi, dan enzimatik (Harun *et al.*, 2010b). Metode fisik dilakukan dengan cara mengubah biomassa pulp kakao menjadi bentuk bubuk. Metode ini dilakukan untuk meningkatkan area permukaan bahan, mengurangi derajat polimerisasi serta menyebabkan *shearing*

biomassa yang berpotensi untuk meningkatkan hasil akhir bioetanol (Sun & Cheng, 2002). Keunggulan dari metode ini yaitu tidak adanya racun yang berasal dari bahan kimia, namun demikian diperlukan energi yang cukup besar untuk membuat ukuran biomassa menjadi lebih halus dari sebelumnya (Hendriks & Zeeman, 2009).

Metode kimia umumnya dilakukan dengan menggunakan bahan kimia asam atau basa kuat. Penggunaan basa dapat meningkatkan porositas dan luas permukaan bahan serta menurunkan derajat polimerisasi dan kristalisasi selulosa (Galbe & Zacchi, 2007).

Penggunaan asam biasanya dilakukan pada suhu rendah. Hal ini merupakan suatu keuntungan, karena dapat menekan biaya produksi (Girio *et al.*, 2010). Namun demikian, konsentrasi asam yang diberikan dapat menjadi berbahaya, beracun, dan bersifat korosif (Sun & Cheng, 2002). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Girio *et al.* (2010) menunjukkan bahwa penggunaan asam dapat menghasilkan glukosa sekitar 70–95%.

Metode biologi dilakukan dengan menggunakan fungi untuk mendegradasi lignin dan selulosa (Sun & Cheng, 2002). Metode ini merupakan metode yang ramah lingkungan, karena dapat dilakukan pada suhu ruang dan tidak menggunakan bahan kimia. Namun demikian, metode ini menghasilkan rendemen yang sangat rendah. Diduga sebagian biomassa hilang pada saat proses hidrolisis akibat penggunaan fungi (Galbe & Zacchi, 2002).

Metode enzimatik dengan enzim selulase yang menguraikan selulosa menjadi gula sederhana seperti glukosa kurang diminati. Hal ini dikarenakan enzim selulase bekerja spesifik hanya pada pH 4,8 dan suhu 45–50°C, bekerja sangat lambat serta tidak bisa menguraikan hemiselulosa yang terkandung pada biomassa. Enzim amilase mampu bekerja 100 kali lebih cepat, namun demikian enzim ini tidak dapat digunakan, karena bekerja spesifik pada substrat yang mengandung amilum (Harun *et al.*, 2010b)..

## ❖ Fermentasi

Fermentasi adalah proses oksidasi yang meliputi perombakan media organik pada mikroorganisme anaerob atau fakultatif anaerob dengan menggunakan senyawa organik sebagai aseptor elektron terakhir. Fermentasi karbohidrat oleh khamir merupakan proses penghasil etanol dan karbondioksida secara anaerob (Sudarmadji dkk, 1989).

Fermentasi merupakan proses mikrobiologi yang dikendalikan oleh manusia untuk memperoleh produk yang berguna, dimana terjadi pemecahan karbohidrat dan asam amino secara anaerob. Peruraian dari kompleks menjadi sederhana dengan bantuan mikroorganisme sehingga menghasilkan energi. (Perry,1999).

Proses fermentasi dilakukan dengan menggunakan mikroorganisme. Ada banyak jenis mikroorganisme yang telah dimanfaatkan untuk fermentasi bioetanol, termasuk bakteri, kapang, dan fungi. Contoh mikroorganisme yang digunakan yaitu *Zymomonas mobilis* dan *Eschericia coli* (bakteri), dan *Saccharomyces cerevisiae* (kapang). Mikroorganisme ini dipilih karena kemampuannya untuk mengubah gula sederhana menjadi etanol (Lin & Tanaka, 2006).

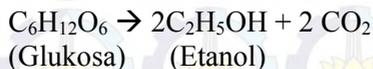
Salah satu contoh mikroorganisme yang digunakan untuk fermentasi adalah *Z. Mobilis*. Bakteri *Z. mobilis* mampu menghasilkan rendemen bioetanol yang tinggi. Namun demikian bakteri ini mempunyai keterbatasan, karena hanya mampu memfermentasi glukosa, fruktosa, dan sukrosa, berbeda dengan *S. cerevisiae* dan *E. coli* yang mampu memfermentasi berbagai jenis gula. Beberapa penelitian dengan memanfaatkan fungi telah dilakukan, namun rendemen yang dihasilkan sangat rendah (Lin & Tanaka, 2006).

Menurut Budiyanto (2003) untuk mendapatkan hasil fermentasi yang optimum perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Kadar gula yang terlalu tinggi akan menghambat aktivitas khamir. Konsentrasi gula yang optimum untuk menghasilkan kadar etanol yang optimum adalah 14-18%.
2. Suhu yang baik untuk fermentasi dibawah 30°C. Semakin rendah suhu fermentasi, maka semakin tinggi kadar etanol yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan pada suhu rendah kadar CO<sub>2</sub> lebih sedikit yang dihasilkan.
3. Derajat keasaman akan mempengaruhi kecepatan fermentasi. pH optimum untuk pertumbuhan khamir adalah 4-4,5. Untuk pengaturan pH dapat digunakan NaOH untuk meningkatkan pH dan asam nitrat untuk menurunkan pH. Pada pH 3,5 atau sedikit lebih rendah fermentasi masih dapat berlangsung dengan baik dan bakteri pembusuk akan terhambat. Menurut Saroso (1998) pH ideal untuk fermentasi etanol adalah pH 4-6.

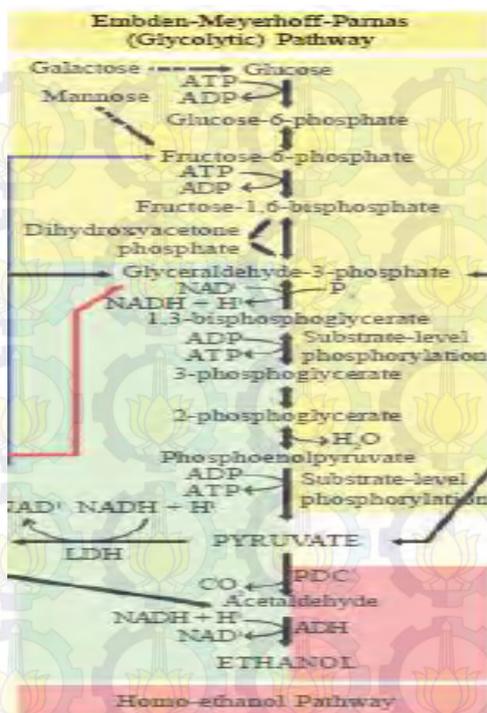
Fermentasi etanol terjadi pada kondisi anaerob dengan menggunakan khamir tertentu yang dapat mengubah glukosa melalui *Embden Mayerhof Parnas Pathway*. Dari satu molekul glukosa akan terbentuk 2 molekul etanol dan CO<sub>2</sub>, sehingga berdasarkan bobotnya secara teoritis 1 gram glukosa akan menghasilkan 0,51 gram etanol (Judoamidjojo, 1990).

Reaksi pembentukan etanol :



(Lin & Tanaka, 2006).

Kecepatan fermentasi etanol dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti susunan substrat, kecepatan pemakaian zat gizi, tingkat inokulasi, keadaan fisiologis khamir, aktivitas enzim-enzim jalur EMP (*Embden Mayerhof Parnas Pathway*), toleransi khamir terhadap alkohol dan gula tinggi serta kondisi selama fermentasi (Watson, 1985 dalam Astuty, 1990).



Gambar 2.6 Jalur EMP (Astuty, 1990)

### ❖ Destilasi

Destilasi merupakan suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan atau volatilitas bahan. Dalam penyulingan, campuran zat dididihkan sehingga menguap, dan uap ini didinginkan kembali kedalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap lebih dulu. Metode ini merupakan unit operasi kimia jenis perpindahan massa. Penerapan proses ini didasarkan pada teori bahwa pada suatu larutan, masing-masing komponen akan menguap pada titik didihnya. Bahan yang akan didestilasikan pada drum pemasakan tidak boleh penuh, melainkan harus menyediakan sedikitnya 10%

ruang kosong dari kapasitas penuh drum pemasakan (Kister, 1922).

Destilasi atau penyulingan merupakan suatu proses penguapan dan pengembunan kembali yaitu memisahkan campuran dua atau lebih zat cair kedalam fraksi-fraksinya berdasarkan perbedaan titik didihnya. Secara sederhana, destilasi adalah proses pemisahan bahan cairan berdasarkan perbedaan titik didihnya (Ardian, 2007)

Titik didih air adalah  $100^{\circ}\text{C}$ , sedangkan titik didih etanol murni  $78,5^{\circ}\text{C}$ . Destilasi dilakukan pada suhu  $78-80^{\circ}\text{C}$ , sehingga pada suhu tersebut etanol akan menguap dan uap etanol ditampung atau disalurkan melalui kondensor. Fase uap hasil destilasi yang mengalir melalui kondensor berubah menjadi fase cair dan ditampung dalam penampung distilat (Herera, 2006).

Destilasi menggunakan alat yang disebut destilator. Destilator ini merupakan salah satu alat yang digunakan pada proses produksi bioetanol. Alat ini bekerja berdasarkan perbedaan titik didih (air dan etanol).

Menurut Winkle (1967) terdapat beberapa macam destilasi :

1. Destilasi sederhana, prinsipnya memisahkan dua atau lebih komponen cairan berdasarkan perbedaan titik didih yang berbeda jauh.
2. Destilasi Fraksional (bertingkat), prinsipnya sama dengan destilasi sederhana, hanya destilasi bertingkat ini memiliki kondensor yang lebih baik, sehingga mampu memisahkan komponen yang memiliki perbedaan titik didih yang berdekatan.
3. Destilasi Azeotrop, memisahkan campuran azeotrop (campuran dua atau lebih komponen yang sulit dipisahkan), biasanya dalam prosesnya digunakan senyawa lain yang dapat memisahkan ikatan azeotrop tersebut, atau dengan tekanan tinggi.

4. Destilasi kering, memanaskan fasa padat untuk mendapatkan fasa uap dan cairnya. Biasanya digunakan untuk mengambil cairan bahan bakar dari kayu atau batu bata.
5. Destilasi vakum, memisahkan dua komponen yang titik didihnya sangat tinggi dengan menggunakan metode menurunkan tekanan permukaan lebih dari 1 atm.

## 2.4 Gula Reduksi

Karbohidrat ada yang bersifat gula pereduksi dan bukan gula pereduksi. Sifat gula pereduksi ini disebabkan adanya gugus aldehyd dan keton yang bebas, sehingga dapat mereduksi ion-ion logam seperti tembaga (Cu) dan perak (Ag) dalam larutan basa. Pada larutan benedict yang terbuat dari campuran  $\text{CuSO}_4$ , NaOH dan Na sitrat, gula tersebut akan mereduksi  $\text{Cu}^{2+}$  yang berupa  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  menjadi  $\text{Cu}^+$  sebagai CuOH selanjutnya menjadi  $\text{Cu}_2\text{O}$  yang tidak larut, berwarna kuning atau merah. Pada saat yang bersamaan gula pereduksi akan teroksidasi, berfragmentasi, dan berpolimerisasi dalam larutan benedict. Gugus aldehyd pada aldoheksosa mudah teroksidasi menjadi asam karboksilat pada pH netral oleh pengoksidasi atau enzim (Girindra, 1986).

Monosakarida merupakan gula pereduksi berbentuk kristal padat yang larut didalam air tetapi tidak larut didalam pelarut non polar. Glukosa merupakan monosakarida yang umum dijumpai dialam (Winarno, 2002). Fermentasi akan mengubah glukosa menjadi etanol dengan bantuan mikroorganisme tertentu seperti *Saccharomyces cerevisiae* secara anaerob melalui jalur *Embden Mayerhof Parnas* (Sudarmadji dkk, 1989).

Salah satu contoh dari gula reduksi adalah galaktosa. Galaktosa merupakan gula yang tidak ditemui di alam bebas, tetapi merupakan hasil hidrolisis dari gula susu (laktosa) melalui proses metabolisme akan diolah menjadi glukosa yang dapat memasuki siklus kreb's untuk diproses menjadi energi (Budiyanto, 2002).

Contoh lainnya adalah Sukrosa. Sukrosa merupakan senyawa yang dalam kehidupan sehari-hari dikenal sebagai gula

dan dihasilkan dalam tanaman dengan jalan mengkondensasikan glukosa dan fruktosa. Sukrosa didapatkan dalam sayuran dan buah-buahan, beberapa diantaranya seperti tebu dan bit gula mengandung sukrosa dalam jumlah yang relatif besar. Dari tebu dan bit gula itulah gula diekstraksi secara komersial (Gaman, 1992).

## 2.5 *Saccharomyces cerevisiae*

*Saccharomyces cerevisiae* termasuk famili dari Saccharomycetales dengan gen *Saccharomyces* (Alexopoulos *et al*, 1986). Bentuk sel khamir bundar, lonjong, memanjang seperti benang, dan menghasilkan pseudomiselium. Berkembangbiak secara vegetatif dengan cara penguncupan multilateral. Konjugasi heterogami dan isogami dapat mendahului dan dapat terjadi setelah pembentukan askus. Setiap askus dapat mengandung satu hingga empat sporadengan berbagai bentuk spora yang dapat berkonjugasi (Pelczar and Chan, 1986). Khamir ini dapat tumbuh pada kisaran pH 3-6 dan memiliki interval temperatur untuk metabolismenya cukup lebar. Temperatur maksimumsekitar 40-50°C dengan temperatur minimum 0°C (Sudarmadji dkk, 1989).

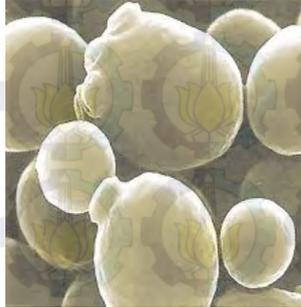
*Saccharomyces cerevisiae* merupakan salah satu khamir yang telah dikenal memiliki daya konversi gula menjadi etanol. Khamir ini memiliki enzim zimase dan invertase. Enzim invertase berfungsi sebagai pemecah sukrosa menjadi monosakarida (glukosa dan fruktosa). Enzim zimase akan mengubah glukosa menjadi etanol (Judoamidjojo *et.al*, 1989).

*Saccharomyces cerevisiae* berkembang biak dengan membelah diri melalui “*budding cell*”. Reproduksiya dapat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan serta jumlah nutrisi yang tersedia bagi pertumbuhan sel.

Klasifikasi *Saccharomyces cerevisiae* menurut (Osunkoya *et al.*, 2011) adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Fungi
Phylum	: Ascomycota
Class	: Saccharomycotina

Order : Saccharomycetes  
 Family : saccharomycetaceae  
 Genus : Saccharomyces  
 Species : *Saccharomyces cerevisiae*



Gambar 2.7 *Saccharomyces cerevisiae*

Menurut Stewart and Russel (1985 dalam Astuty, 1991) penggunaan khamir genus *Saccharomyces* dalam fermentas didasarkan pada :

1. Daya fermentasi yang tinggi
2. Kemudahan dalam menggunakan jasad
3. Selektivitas yang tinggi dalam menghasilkan produk
4. Kemampuan menggunakan berbagai jenis gula seperti glukosa, sukrosa, fruktosa, galaktosa, maltosa dan maltotriosa.

Fermentasi glukosa oleh khamir bersifat anaerob meskipun khamir sendiri bersifat aerob. Pada kondisi anaerob proses fermentasi berjalan lebih aktif sedangkan proses pertumbuhan berjalan lambat. Apabila terdapat aerasi, kecepatan fermentasi menurun dan sebaliknya proses respirasi menjadi lebih aktif. Gejala ini dikenal dengan efek *pasteur* (Sudarmadji dkk, 1989).

*Saccharomyces cerevisiae* merupakan organisme fakultatif anaerob yang dapat menggunakan dengan baik sistem aerob maupun anaerob untuk memperoleh energi dari pemecahan

glukosa. *Saccharomyces cerevisiae* dapat menghasilkan alkohol dalam jumlah besar.

## 2.6 Kompor Bioethanol

Kompor etanol atau alkohol sudah lama digunakan oleh masyarakat. Kebanyakan menggunakan etanol kadar tinggi (diatas 70%). Kompor etanol yang pernah dipatenkan sebagian besar berupa kompor etanol bersumbu atau dengan penampung. Sistem pembakarannya yaitu etanol menguap dan uap etanol dibakar. Sistem lainnya yaitu etanol mengalir melalui sumbu dan kemudian dibakar. Beberapa pengembangan kompor sistem gravitasi dimana etanol diletakkan diatas dan kemudian mengalir ke burner dan kemudian dibakar juga sudah dikembangkan (Suyitno *et al.*, 2009).

Johnston, (1979) menemukan kompor masak (*cooking stove*). Kompor ini terdiri dari luasan pembakaran yang sebagian dilingkupi oleh *screen* angin yang mempunyai bukaan pada bagian sisinya untuk mengarahkan udara pada bahan bakar yang akan dibakar.

Lloyd *et al.* (2011) mengemukakan bahwa kompor bioetanol cocok untuk keperluan rumah tangga karena desain tungku yang dapat memeperkecil pencampuran bahan bakar dengan udara. Ada beberapa kompor bioetanol yang telah dirancang, dibuat dan digunakan di beberapa negara. Diantaranya adalah kompor Super Blue, kompor NARI, kompor cleancook dan kompor milenium gel (Oketch, et al., 2014).

Rajvanshi *et al.*, (2004) mengembangkan kompor berbahan bakar etanol kadar rendah. Etanol kadar rendah dimasukkan kedalam tangki bertekanan kemudian dialirkan menuju nosel dan dibakar dalam burner. Efisiensi dari kompor bertekanan yang diperoleh sekitar 43-45%. Konsumsi energi untuk memasak menggunakan kompor ini adalah sekitar 3,6-4,5 kWh dimana angka ini jauh lebih rendah dibandingkan dengan tungku kayu yang konsumsi energinya sekitar 5-6 kWh.



Gambar 2.8 Kompur Etanol Bertekanan (Rajvanshi *et al.*, 2007)

Robinson (2006) mengembangkan kompor berbahan bakar etanol. Kompor tersebut diuji menggunakan metode pendidihan air (*Water Boiling Test, WBT*). Hasil uji kompor rancangan James Robinson menggunakan kadar etanol 40-43%. Kompor ini mampu mendidihkan air sebanyak 2 liter dalam waktu 18 menit.

Kelebihan kompor bioetanol menurut Nurhatika dan Arifiyanto (2014) yaitu :

1. Perbandingan penggunaan bioetanol dan minyak tanah adalah 1 : 3
2. 100 cc bioetanol dapat digunakan untuk memasak selama 40 menit
3. Api berwarna biru sehingga tidak menghanguskan alat masak
4. Tidak berbau
5. Kompor tidak mudah meledak
6. Mudah dipadamkan dengan air.

Menurut Sumasroh (2013), saat ini telah hadir empat generasi kompor bioetanol dengan melakukan perbaikan dari generasi sebelumnya. Adapun spesifikasi masing-masing kompor tersebut adalah :

1. **Kompur Generasi I**, kompor ini memiliki kapasitas tangki 250 ml dan habis digunakan untuk memasak selama 1 jam. Kelemahan dari kompor generasi I ini yaitu apabila bioetanol habis ditengah kegiatan memasak, saat diisi ulang uap bioetanol

yang diisikan akan naik dan ketika dinyalakan akan terjadi letupan yang memberikan efek traumatis bagi pengguna.



Gambar 2.9 Kompor Generasi 1 (Dokumentasi Pribadi, 2015)

2. **Kompor Generasi II**, kompor ini memiliki kapasitas tangki sebesar 1000 ml dan habis digunakan untuk memasak selama 5 jam. Kelemahan dari kompor generasi II ini yaitu apabila berkarat, aliran bioetanol ke burner akan terhambat, kesulitan dalam mengatur besar kecilnya api dan tercetak dengan moulding sehingga harga tinggi.



Gambar 2.10 Kompor Generasi 2 (Dokumentasi Pribadi, 2015)

3. **Kompor Generasi III**, kompor ini menggunakan jirigen sebagai tangki bahan bakar yang dihubungkan dengan selang.

Satu liter bahan akan habis dalam 5 jam. Kelemahan dari kompor Generasi III ini yaitu ketika panas, selang akan mengendor sehingga bioetanol merembes dan sebagian konsumen rumah tangga mengeluh karena jirigen harus dalam posisi tergantung. Solusi dari kelemahan ini yaitu selang dari plastik tahan panas hingga 200°C, tangki galvanum dan burner dari stainless steel dengan pipa aliran dari stainless steel.



Gambar 2.11 Kompor Generasi 3 (Dokumentasi Pribadi, 2015)

4. **Kompor Generasi IV**, Kompor ini memiliki kapasitas tangki 1500 ml dan dapat habis dipakai memasak selama 6 jam. Kelemahan dari kompor generasi IV yaitu ketika panas bioetanol banyak mengalir dan pengaturan besar api dengan keran engkol beresiko kompor terbakar karena bioetanol meluap. Solusi untuk mengatasi masalah tersebut adalah antara tangki dan burner dipasang kran sehingga aliran bioetanol dapat dikendalikan.



Gambar 2.12 Kompore Generasi 4 (Dokumentasi Pribadi, 2015)

Untuk kompor rumah tangga, perbandingan (rasio) penggunaan bioetanol dan minyak tanah adalah 1:3. Artinya adalah dengan 3 liter minyak tanah efisiensi panas yang dihasilkan akan setara dengan satu liter bioetanol. Dengan volume 100cc bioetanol akan membuat api menyala sekitar 30 - 40 menit. Bahkan menurut peneliti bioetanol Sri Nurhatika dan Arifiyanto (2014) di ITS, Surabaya, mengemukakan penggunaan bioetanol akan lebih efisien lagi karena 1 liter bioetanol sama dengan 9 liter minyak tanah.

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada bulan November sampai Desember 2015 di Laboratorium Botani Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Biologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Sukolilo, Surabaya, di rumah dan di TEC (Tunjungan Electronic Center) CV. Tristar Chemical Jalan Tunjungan lantai 1 nomor 103 Surabaya.

### **3.2 Alat dan Bahan**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah jirigen berukuran 30 liter, adukan kayu, ember plastik, saringan, sendok, panci, botol plastik, selang plastik, alat destilasi, refraktometer, alkoholmeter, corong, timbangan, gelas beaker, termometer dan kompor bioetanol.

Bahan-bahan yang digunakan adalah limbah pulp coklat, air kran, akuades, urea, NPK, *Saccharomyces cerevisiae* komersial, plastisin dan isolasi hitam.

### **3.3 Metode penelitian**

#### **3.3.1 Persiapan Bahan dan Perlakuan Awal (*Pretreatment*)**

Limbah pulp coklat sebanyak 10 liter diambil dari perkebunan di kabupaten Blitar. *Pretreatment* dilakukan secara fisik, pulp kakao dipisahkan dari biji dan plasenta. Pulp kakao yang sudah terpisah dimasukkan kedalam karung plastik dan didiamkan selama 6 jam. Setelah 6 jam akan didapatkan cairan pulp kakao yang kemudian disaring menggunakan kain, dan selanjutnya disterilisasi menggunakan pemanasan pada suhu 100°C.

#### **3.3.2 Proses Fermentasi**

Bahan hasil *pretreatment* ditambahkan urea, NPK dan *Saccharomyces cerevisiae*, masing-masing sebanyak 1,3% dari volume total larutan. Diaduk hingga homogen. Fermentasi

dilakukan secara anaerob. Fermentor ditutup rapat untuk mencegah kontaminasi. Fermentor menggunakan jirigen yang pada bagian tutupnya sudah dilubangi dan diberi selang, pada ujung bagian selang dimasukkan botol yang berisi air sebagai indikator fermentasi tersebut berhasil atau tidak. Diberi plastisin pada bagian tutup agar tidak ada udara yang keluar atau masuk. Fermentasi dilakukan selama 5 hari. Selesai fermentasi ditandai dengan munculnya banyak gelembung gas.

### **3.3.3 Proses Destilasi**

Untuk mendapatkan etanol berkadar tinggi, dilakukan destilasi dengan memasukkan kaldu fermentasi kedalam boiler untuk diuapkan. Kemudian uap dikondensasikan lewat kolom kondensor. Hasil etanol akan keluar melalui lubang kondensor. Hasil destilasi yang didapatkan yaitu etanol dengan konsentrasi 83%. Sedangkan untuk mendapatkan etanol 80% dan 75% dilakukan pengenceran dengan rumus :  $V_1N_1 = V_2N_2$

### **3.3.5 Pengujian Kadar Ethanol**

Untuk mengetahui kadar etanol dari hasil destilasi dilakukan dengan cara mengambil sampel cairan destilasi sebanyak 100 ml kemudian diukur dengan alkoholmeter sehingga diketahui kadar alkohol yang diperoleh.

### **3.3.6 Analisis Kadar Gula**

Pengukuran kadar gula ditentukan dengan mengoleskan 2-3 tetes sampel larutan sebelum fermentasi dan setelah proses fermentasi kedalam refraktometer.

### **3.3.7 Pengujian Bioethanol Sebagai Bahan Bakar**

Setelah didapatkan kadar etanol yang diinginkan, dilakukan uji pada kompor bioetanol generasi ke-4 dengan cara mengambil sebanyak 25 ml etanol yang kemudian dimasukkan kedalam kompor bioetanol dan ditunggu berapa lama nyala apinya.

### **3.3.8 Pengamatan Waktu yang Dibutuhkan untuk Mencapai Titik Didih**

25 ml etanol yang didapat, dituang kedalam kompor bioetanol generasi ke-4, kemudian dinyalakan apinya. Kemudian

diletakkan panci berisi 50 ml air dan ditunggu hingga mendidih atau mencapai suhu 100°C. Diamati waktu mencapai titik didihnya.

### 3.4 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) dengan satu faktorial. Faktor utama yang digunakan pada penelitian ini merupakan kadar bioetanol hasil destilasi. Penelitian ini dilakukan secara duplo atau diulang 2 kali. Parameter yang diamati yaitu perbandingan lama waktu nyala kompor bioetanol (kompor bioetanol generasi ke-4), volume etanol, dan kadar etanol yang dihasilkan. Data yang diperoleh dianalisa kadar etanol yang dihasilkan dan uji lama pembakaran pada kompor bioetanol.

### 3.5 Analisis Data

Hipotesa yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

H0 : Tidak ada pengaruh tingkat konsentrasi etanol terhadap pembakaran kompor bioetanol

H1 : Terdapat pengaruh tingkat konsentrasi etanol terhadap pembakaran kompor bioetanol

Tabel 3.1. Analisis kadar gula

	Kadar Gula	
	Awal (Sebelum Fermentasi)	Akhir (Setelah Fermentasi)

Tabel 3.2. Uji Lama Pembakaran kompor bioetanol

Konsentrasi Etanol	Lama Pembakaran (menit)		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Rata-rata
83%			
80%			
75%			
kontrol			

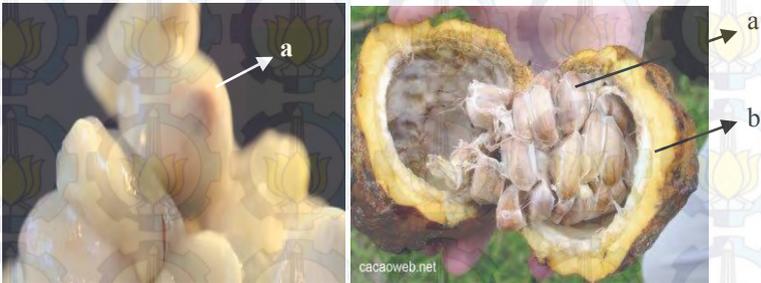
Tabel 3.3. Uji Waktu Mencapai Titik Didih kompor bioetanol

Konsentrasi Etanol	Waktu Mencapai Titik Didih (menit)		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Rata-rata
83%			
80%			
75%			
kontrol			

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Teknik pengambilan limbah kakao dan *pretreatment*

Bahan bergula pada limbah pulp kakao ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbon untuk produksi etanol ( $C_2H_5OH$ ). Bioetanol lebih mudah jika dibuat dari bahan yang mengandung gula dan pati karena prosesnya lebih singkat dibandingkan pembuatan bioetanol dari bahan yang mengandung selulosa.



Gambar 4.1 Bentuk morfologi Kakao : a. Pulp, b. Kulit (cacaoweb.net)

Limbah cair pulp kakao (*Theobroma cacao*) yang digunakan sebanyak 10 liter. Limbah kakao yang digunakan ini berasal dari Blitar. Pada proses *pretreatment* ini limbah pulp kakao disaring menggunakan saringan dengan mesh size paling kecil untuk memisahkan larutan dengan padatan yang mengendap.

Setelah disaring dilakukan proses sterilisasi menggunakan pemanasan hingga suhu  $100^{\circ}C$ . Sterilisasi ini dilakukan untuk mematikan mikroorganisme yang terdapat pada limbah pulp kakao.

Ada banyak teknik sterilisasi antara lain sterilisasi panas kering (oven), sterilisasi panas, sterilisasi uap bertekanan (Autoklaf) dan lain sebagainya. Namun pada *pretreatment* limbah cair pulp kakao ini digunakan sterilisasi pemanasan  $100^{\circ}C$ .

Penggunaan sterilisasi pemanasan hingga suhu 100°C ini untuk menghindari terjadinya senyawa inhibitor yang akan mengganggu proses fermentasi. Inhibitor ini dapat berupa suhu lingkungan yang tidak optimum untuk pertumbuhan mikroorganisme pada proses fermentasi, pH yang tidak sesuai dan lain sebagainya. Senyawa inhibitor akan terbentuk jika pemanasan dilakukan dalam waktu yang lama.

Hal ini sesuai dengan pendapat Resyendi (2015) yang mengemukakan bahwa sterilisasi limbah cair dilakukan dengan pemanasan hingga suhu 100°C. Pemanasan ini untuk mematikan mikroorganisme yang terdapat pada limbah cair. Pemanasan dilakukan sesingkat mungkin untuk menghindari terjadinya pembentukan senyawa inhibitor.

#### **4.2 Hasil fermentasi**

Pada proses fermentasi kadar alkohol yang dihasilkan sebesar 4,85%. Kadar alkohol yang dihasilkan ini terbilang rendah jika dibandingkan dengan komposisi gula yang terdapat pada cairan pulp kakao dimana hanya 4,85 % alkohol (etanol) dari konversi glukosa 8-13 %. Rendahnya kadar etanol ini dapat disebabkan karena faktor lama fermentasi. Menurut Kunaepah (2008) dalam Azizah (2012), ada banyak faktor yang mempengaruhi fermentasi antara lain substrat, suhu, waktu fermentasi, pH, oksigen, dan mikroba yang digunakan.

Rendahnya kadar etanol yang dihasilkan ini dapat juga disebabkan karena adanya hasil samping dari proses fermentasi selain alkohol dan CO<sub>2</sub>. Hal ini sesuai dengan pendapat Noyes (1980) dan Kozaki *et al* (1998) yang menyatakan bahwa produk yang dihasilkan dari fermentasi selain etanol dan gas CO<sub>2</sub> adalah asam asetat, asam butirat, asam laktat, asetaldehida dan lain-lain.

Proses fermentasi menggunakan khamir *Saccharomyces cerevisiae*. *S.cerevisiae* dapat merubah glukosa menjadi etanol (Judoamidjojo *et.al*, 1989). Selain itu digunakannya khamir *S.cerevisiae* ini karena kemampuan reproduksinya yang tinggi, tahan atau toleran terhadap kadar alkohol yang tinggi, tahan

terhadap kadar gula yang tinggi dan tetap melakukan aktivitasnya pada suhu 4 – 32°C (Bamforth, 2005).

Pada proses fermentasi, khamir *S.cerevisiae* yang digunakan merupakan ragi roti (fermipan). Ragi roti digunakan karena mengandung enzim yang langsung berkaitan dengan fermentasi yaitu *maltase*, *invertase* dan *zimase*. *Maltase* mengubah maltosa menjadi glukosa. *Invertase* mengubah sukrosa menjadi fruktosa dan glukosa. *Zimase* mengubah fruktosa dan glukosa menjadi gas karbondioksida (Bamforth, 2005).

Pada fermentasi etanol *S.cerevisiae* mengubah glukosa menjadi etanol melalui jalur *Embden Mayerhof Parnas Pathway* (EMP). Satu molekul glukosa akan membentuk 2 molekul etanol dan CO<sub>2</sub>, sehingga berdasarkan bobotnya secara teoritis 1 gram glukosa akan menghasilkan 0,51 gram etanol (Judoamidjojo, 1990).

Pada proses perombakan gula menjadi etanol *S.cerevisiae* membutuhkan nutrisi untuk pertumbuhannya. Nutrisi pertumbuhan *S.cerevisiae* ini dapat dipenuhi dengan penambahan NPK dan urea. Hal ini sesuai dengan pernyataan Akhir dkk (2015) yang mengemukakan bahwa (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO (Urea) dan NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (NPK) berfungsi sebagai sumber nutrisi atau makronutrien pertumbuhan mikroba pada proses fermentasi.

Khamir memerlukan media dan lingkungan yang sesuai pertumbuhannya. Unsur-unsur utama yang dibutuhkan adalah nitrogen, fosfor, karbon, fosfat, hidrogen, potasium, zat besi dan magnesium. Khamir menggunakan garam amonium, asam amino, dan sejumlah peptida sebagai sumber nitrogen. Kebutuhan nitrogen biasanya dipenuhi dalam bentuk amonia atau garam amonium, terutama amonium sulfat. Urea dapat digunakan sebagai sumber nitrogen bagi mikroorganisme (Najah, 2009)

Proses fermentasi dilakukan selama 5 hari, karena diasumsikan bahwa waktu yang optimum untuk menghasilkan etanol adalah 5 hari. Hal ini sesuai dengan pernyataan Laopaiboon (2007) yang menyatakan bahwa waktu fermentasi

yang optimum bagi *S.cerevisiae* adalah 100-120 jam atau setara dengan 4-5 hari.

Fermentor yang digunakan merupakan fermentor sederhana yang dibuat dari jirigen ukuran 30 liter yang dihubungkan dengan botol aqua melalui selang fermentor. Fermentor ini ditutup rapat dan dilapisi plastisin. Pemberian plastisin ini bertujuan untuk memastikan agar benar-benar tidak ada udara yang masuk. Fermentasi bersifat tertutup (anaerob) dan mikroorganisme yang digunakan pada proses fermentasi ini merupakan mikroorganisme anaerob fakultatif. Desain fermentor sederhana dapat dilihat pada gambar 4.14.



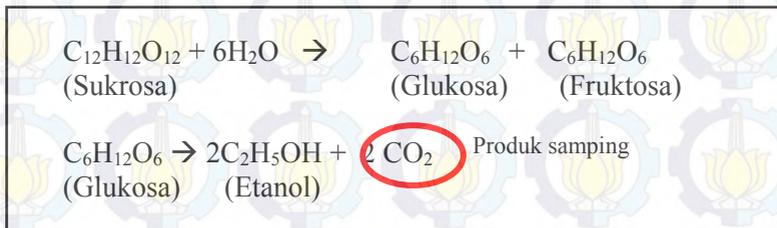
Gambar 4.2 Fermentor sederhana

Sudarmadji dkk (1989) yang menyatakan bahwa *S.cerevisiae* merupakan organisme fakultatif anaerob yang dapat menggunakan dengan baik sistem aerob maupun anaerob untuk memperoleh energi dari pemecahan glukosa. *S.cerevisiae* dapat menghasilkan alkohol dalam jumlah besar.

Pada kondisi anaerob proses fermentasi berjalan lebih aktif sedangkan proses pertumbuhan berjalan lambat. Apabila terdapat aerasi, kecepatan fermentasi menurun dan sebaliknya proses respirasi menjadi lebih aktif. Gejala ini dikenal dengan efek *pasteur* (Sudarmadji dkk, 1989).

Keberhasilan fermentasi ditandai dengan adanya gelembung udara pada selang fermentor. Adanya gelembung udara ini mengindikasikan adanya produk samping yaitu CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari proses fermentasi. Selain itu adanya CO<sub>2</sub> ini mengindikasikan bahwa mikroorganisme yang dalam penelitian ini adalah *S.cerevisae* menggunakan NPK dan urea sebagai nutrisi untuk pertumbuhan dan melakukan metabolisme. Proses dan reaksi fermentasi alkohol dapat dilihat pada gambar 4.15 dan 4.16.

Hal ini sesuai dengan pendapat Fardiaz (1992) yang menyatakan bahwa pada proses fermentasi yang berhasil akan tampak gelembung-gelembung udara kecil-kecil dari dalam ermentor. Gelembung-gelembung udara ini adalah gas CO<sub>2</sub> yang dihasilkan selama proses fermentasi. Kadang-kadang terdengar suara gemuruh selama proses fermentasi ini.



Gambar 4.3 Reaksi fermentasi etanol (Lin & Tanaka, 2006)

### 4.3 Hasil destilasi

Kadar etanol yang dihasilkan setelah fermentasi masih rendah sehingga untuk meningkatkan kadar etanol perlu dilakukan proses destilasi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Nurdyastuti (2006) bahwa untuk meningkatkan kemurnian bioetanol hasil fermentasi, maka harus melalui proses destilasi. Cairan yang didestilasi sebanyak 10 liter. Hasil destilasi dapat dilihat pada tabel 4.8

Tabel 4.1 Analisis kadar etanol

Kadar etanol	
Destilasi awal	Destilasi akhir
83%	30%

Berdasarkan tabel 4.8 dapat diketahui bahwa terjadi penurunan kadar etanol selama proses destilasi. Hal ini dapat terjadi karena semakin lama proses destilasi maka titik didih dalam wadah destilasi akan semakin meningkat dan mendekati titik didih air, sehingga hasil destilasi akhir akan lebih rendah daripada destilasi awal karena hasil destilasi akhir lebih banyak tercampur dengan air.

Hal ini sesuai dengan pernyataan Mailool dkk (2014) yang menyatakan bahwa semakin lama waktu memanaskan wadah destilasi, maka suhu cairan di dalam wadah destilasi akan semakin panas mendekati titik didih air. Proses mendidihnya air ini akan mengakibatkan banyaknya air yang akan menguap bersama-sama dengan etanol jika suhu wadah destilasi telah mendekati titik didih air yaitu 100°C.

Destilasi yang digunakan merupakan destilasi sederhana. Prinsip kerja destilasi sederhana yaitu memisahkan dua atau lebih komponen cairan berdasarkan perbedaan titik didih yang berbeda jauh (Winkle, 1967).

Proses destilasi dengan cara memanaskan larutan tersebut dengan menjaga suhu pemanasan pada titik didih etanol yaitu 78°C, sehingga etanol lebih dahulu menguap dan penguapan tersebut dialirkan pada pipa, terkondensasi dan kembali lagi menjadi etanol cair (Mailool, 2014). Prinsip kerja destilasi adalah dengan mempertimbangkan titik didih masing-masing larutan (Nurdyastuti, 2006).

Pada proses destilasi dilakukan pengukuran suhu atau pengaturan suhu. Pengukuran suhu yang dilakukan selama proses destilasi memakai termokopel. Hal ini dilakukan untuk memudahkan dalam pengaturan suhu untuk mengatur agar suhu

wadah destilasi dapat bertahan pada titik didih etanol 78°C dan mencegah agar tidak sampai pada titik didih air 100°C (Mailool, 2014).



Gambar 4.4 Destilasi sederhana (Dokumentasi pribadi, 2015)

Etanol yang dihasilkan dari proses destilasi ini sebanyak 100ml etanol kadar 83% dan 200ml etanol kadar 30%. Etanol dengan kadar 83% ini didapatkan pada saat destilasi awal sedangkan etanol dengan kadar 30% didapatkan pada saat destilasi akhir. Hasil destilasi awal yang didapatkan lebih tinggi daripada hasil destilasi akhir. Hal ini disebabkan karena pada saat destilasi awal masih berada pada titik didih etanol sehingga kadar etanol masih tinggi, berbeda dengan hasil destilasi akhir yang kadar etanolnya rendah. Ini disebabkan karena semakin lama wadah destilasi dipanaskan maka semakin mendekati titik didih air sehingga etanol yang dihasilkan pada akhir destilasi banyak tercampur dengan air.

Saat suhu pada wadah destilasi telah menunjukkan diatas angka 78°C maka besarnya api harus dikurangi. Semakin lama waktu memanaskan wadah destilasi, maka suhu cairan di dalam wadah destilasi akan semakin panas mendekati titik didih air. Proses mendidihnya air ini akan mengakibatkan banyaknya air yang akan menguap bersama-sama dengan etanol jika suhu

wadah destilasi telah mendekati titik didih air yaitu 100°C (Mailool dkk, 2014).

Volume larutan yang dihasilkan pada proses destilasi ini lebih sedikit daripada sebelum destilasi. Volume larutan sebelum destilasi sebanyak 10 liter dan setelah destilasi sebanyak 300 ml. Rendahnya volume etanol yang dihasilkan setelah destilasi ini dikarenakan volume substrat yang digunakan pada proses destilasi serta kadar etanol hasil fermentasi rendah.

Menurut Sen (1989) hasil destilat yang sangat sedikit ini disebabkan karena volume substrat yang sangat sedikit dan tidak ada perlakuan tambahan untuk meningkatkan volume dan kadar etanol seperti melakukan hidrolisis substrat atau menambahkan zat pati agar semakin banyak glukosa yang didegradasi oleh *Saccharomyces cerevisiae*.

Rendahnya efisiensi produksi etanol dapat disebabkan karena produk biomassa yang rendah selama proses fermentasi dan pembentukan produk samping berupa CO<sub>2</sub> selain menghasilkan etanol. Terbentuknya produk samping berupa CO<sub>2</sub> ini dapat dilihat dengan terbentuknya uap pada selang fermentor pada proses fermentasi.

Tabel 4.2. Hasil etanol yang didapatkan dari berbagai bahan

Bahan baku	Volume kaldu fermentasi (liter)	Jenis enzim	Agen fermentasi	Hasil etanol	Sumber
Singkong	13	Alpha amylase dan Gluco amylase Enzim	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	90% 500ml	CV. Tristar, 2013
Alang-alang	42	Stargen™ 002	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	93% 600ml	CV. Tristar, 2015
Pulp kakao	10	-	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	83% 100ml	Penelitian ini

Dari tabel 4.9 didapatkan hasil yang efisien dari bahan baku pulp kakao yaitu volume fermentasi 10 liter mendapatkan

hasil 100ml etanol konsentrasi 83%, dibandingkan dengan menggunakan bahan baku pati (singkong) dan alang-alang (selulosa). Hal ini dikarenakan proses produksi bioetanol akan lebih besar hasilnya apabila menggunakan bahan baku yang berbasah dasar gula atau lebih banyak mengandung gula.

Hal ini sesuai dengan pernyataan Harun *et al* (2010b) bahwa bahan yang mengandung sukrosa dan pati mempunyai kandungan karbohidrat yang mudah untuk diproses menjadi bioetanol.

#### 4. 4 Analisis gula reduksi

Pada penelitian ini analisis kadar gula dilakukan menggunakan alat refraktometer. Prinsip kerja dari refraktometer yaitu menyerap cahaya yang terdapat pada sampel. Pengukuran kadar gula ini dilakukan sebelum dan sesudah proses fermentasi. Kelebihan dari refraktometer yaitu valid untuk pengukuran larutan gula murni. Pengukuran dengan refraktometer, gula (sugar refractometers graduated) dinyatakan dalam % sakarosa (g/100 g). Selain itu kelebihan dari refraktometer yaitu indeks bias antara 1,300 dan 1,700 dapat dibaca langsung dengan ketelitian sampai 0,001 (Mulyono, 1997).

Tabel 4.3. Analisis kadar gula

Kadar Gula	
Awal (Sebelum Fermentasi)	Akhir (Setelah Fermentasi)
12%	10%

Kadar gula reduksi yang dihasilkan setelah fermentasi bernilai 10%. Hasil ini tergolong cukup bagus untuk digunakan sebagai kaldu fermentasi. Menurut Noyes (1980) serta Barlina dan Lay (1994), kadar gula reduksi 10-12 persen dapat menghasilkan etanol sebesar 5-6 persen.

Berdasarkan tabel 4.10 dapat diketahui bahwa terjadi penurunan kadar gula selama proses fermentasi. Sebelum proses



Judoamidjojo *et al* (1992) menyatakan bahwa *S.cerevisiae* dapat menghasilkan etanol yang berasal dari fermentasi gula. *S.cerevisiae* memiliki kemampuan untuk mengkonversi baik gula dari kelompok monosakarida maupun dari kelompok disakarida (Kristiani dkk, 2013).

Menurut Grote *et al* (1980) menyatakan bahwa konsentrasi etanol yang maksimum diperoleh ketika konsentrasi gula reduksi minimum.

#### 4.5 Analisis kadar etanol

Analisis kadar etanol dilakukan menggunakan alat Alkoholmeter. Prinsip kerja dari alkoholmeter yaitu berdasarkan berat jenis campuran antara alkohol dengan air. Pengukuran kadar etanol ini dilakukan sesudah proses destilasi.



Gambar 4.5 Alkoholmeter (Dokumentasi pribadi, 2015)

Kadar etanol yang dihasilkan dari limbah pulp kakao ini merupakan etanol 83% sebanyak 100 ml dan etanol 80% sebanyak 200 ml. Kadar etanol 83% didapatkan pada saat destilasi awal sedangkan kadar etanol 80% didapatkan pada saat destilasi akhir. Angka kadar alkohol pada cairan menunjukkan

perbandingannya dengan air. Semakin tinggi kadar etanol maka kandungan airnya semakin sedikit (Adiprabowo, 2011).

#### 4.6 Uji lama pembakaran kompor bioetanol

Pada pengujian bioetanol sebagai bahan bakar ini dilakukan uji analisis data menggunakan ANOVA *one-way* dengan taraf signifikansi 5% dan dilanjutkan uji Tukey dengan selang kepercayaan 95%.

Berdasarkan analisis ragam lengkap (RAL), perlakuan yang diberikan berpengaruh nyata dan signifikan terhadap lama pembakaran kompor bioetanol karena nilai P yang dihasilkan pada analisis ANOVA *one-way* sebesar 0,038 ( $P < \alpha$ ). Hasil analisis ini kemudian diuji lanjutan menggunakan uji tukey untuk mengetahui perlakuan mana yang paling berpengaruh atau paling efektif.

Hasil pengamatan dan uji tukey untuk lama pembakaran dapat dilihat pada tabel 4.11 dan 4.12.

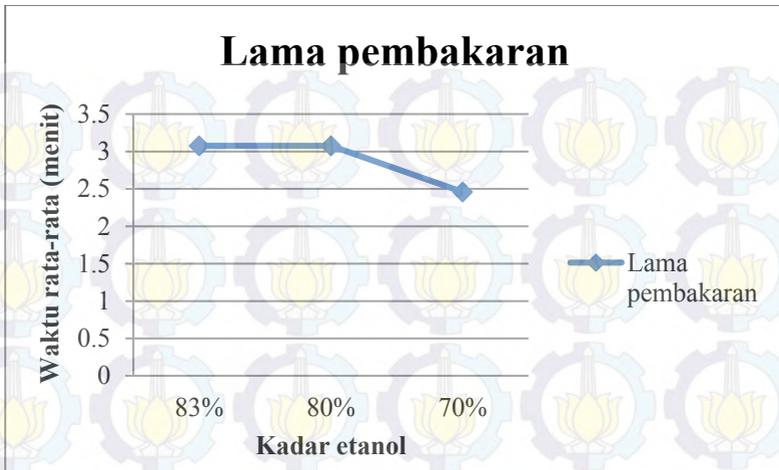
Tabel 4.4. Hasil pengamatan untuk lama pembakaran

Konsentrasi Etanol	Lama Pembakaran (menit)		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Rata-rata
83%	3,183	2,967	3,075
80%	3,100	3,050	3,075
Kontrol (70%)	2,316	2,600	2,458

Tabel 4.5. Hasil analisis tukey

Konsentrasi etanol	Rata-rata waktu (menit)
83%	3,0750 <sup>a</sup>
80%	3,0750 <sup>a</sup>
70% (kontrol)	2,4585 <sup>b</sup>

Keterangan : angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada setiap kolom dan baris menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji Tukey pada selang kepercayaan 95%.



Gambar 4.6. Grafik lama pembakaran kompor bioetanol

Berdasarkan uji tukey dan grafik lama pembakaran diperoleh hasil bahwa perlakuan paling baik yaitu kadar etanol 83% dan kadar etanol 80% dengan nilai rata-rata lama pembakaran sebesar 3,0750 menit (notasi a). Namun jika dilihat dari segi ekonomis maka kadar etanol 80% yang paling efektif digunakan sebagai bahan bakar dibandingkan dengan kadar etanol 83%. Semakin kecil kadar etanol maka semakin murah harganya.

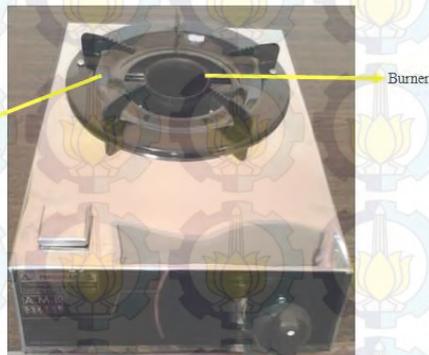
Lama pembakaran yang sama pada kadar etanol 83% dan 80% ini dapat disebabkan karena konsentrasi kedua etanol yang tidak berbeda jauh. Konsentrasi etanol yang tidak terlalu jauh memiliki tingkat kemurnian etanol yang hampir sama (Litbang, 2013)

Konsentrasi etanol 83% dan 80% memiliki waktu pembakaran yang lebih lama dibandingkan dengan kadar etanol 70%. Kadar etanol kontrol (etanol 70%) habis digunakan dalam waktu 2,4585 menit dan memiliki nyala api yang cepat padam. Adanya perbedaan lama pembakaran pada kadar etanol yang berbeda dapat disebabkan karena adanya perbedaan tingkat kemurnian etanol yang dihasilkan. Semakin rendah kadar etanol

yang digunakan menyebabkan nyala api yang semakin cepat padam, begitu juga sebaliknya.

Litbang (2013) menyatakan bahwa tingkat kemurnian kadar etanol mempengaruhi efisiensi waktu pemasakan, dimana etanol dengan kadar lebih tinggi lebih efisien daripada etanol kadar rendah karena etanol kadar tinggi tidak mengandung banyak komponen lain selain etanol. Sedangkan etanol kadar akan lebih cepat habis jika dibakar karena mengandung banyak komponen lain selain etanol (air).

Pengujian lama pembakaran kompor bioetanol ini menggunakan kompor bioetanol generasi ke-4. Kompor generasi ke-4 ini memiliki kapasitas tangki 1500 ml dan dapat habis dipakai memasak selama 6 jam. Ketika panas kompor bioetanol generasi IV ini banyak mengalir dan pengaturan besar api dengan pematik beresiko kompor terbakar karena bioetanol meluap (Sumasroh, 2013).



Gambar 4.7. Desain kompor bioetanol generasi ke-4

#### 4.7 Uji waktu mencapai titik didih

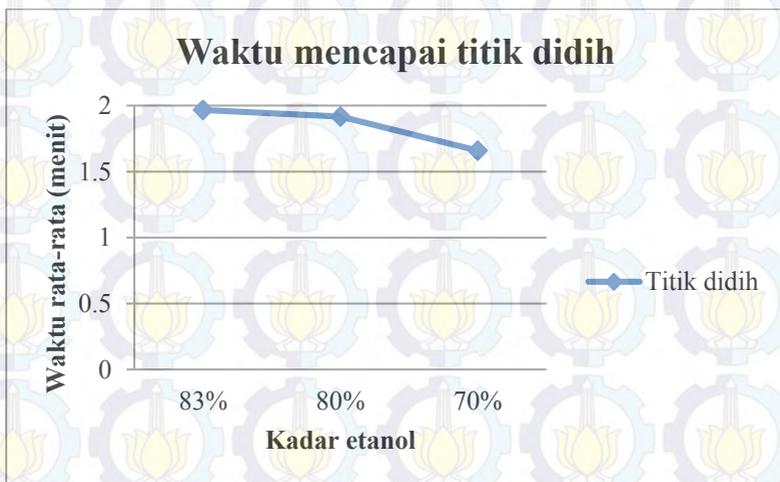
Pengujian waktu mencapai titik didih ini menggunakan metode pengujian WBT (*Water Boiling Test*) *start dingin*. WBT *start dingin* adalah pengujian yang dilakukan pada saat kompor dalam keadaan dingin, kemudian yang berada di dalam panci dipanaskan sampai airnya mendidih, setelah airnya mendidih

kompromatikan dan catat waktu yang diperlukan untuk mendidihkan air (Suyitno dkk., 2009).

Berdasarkan analisis ragam lengkap (RAL), perlakuan yang diberikan tidak berpengaruh nyata dan tidak signifikan terhadap waktu mencapai titik didih karena nilai P yang didapatkan sebesar 0,396 ( $P > \alpha$ ). Hasil pengamatan titik didih dapat dilihat pada tabel 4.13.

Tabel 4.6. Hasil pengamatan untuk titik didih

Konsentrasi Etanol	Waktu Mencapai Titik Didih (menit)		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Rata-rata
83%	2,050 (97°C)	1,883(100°C)	1,967
80%	2,167 (98°C)	1,667 (96°C)	1,917
Kontrol (70%)	1,567 (95°C)	1,750 (96°C)	1,659



Gambar 4.8. Grafik waktu mencapai titik didih

Berdasarkan tabel 4.13 dan grafik 4.21 dapat dilihat bahwa titik didih tercepat dihasilkan pada etanol kadar 70% dengan waktu rata-rata 1 menit 6 detik. Kecepatan waktu mencapai titik didih pada saat pemasakan dapat dipengaruhi oleh

desain kompor yang digunakan. Kompor dengan sifat konduktor yang baik akan mempercepat penguapan sehingga titik didihnya pun akan lebih cepat.

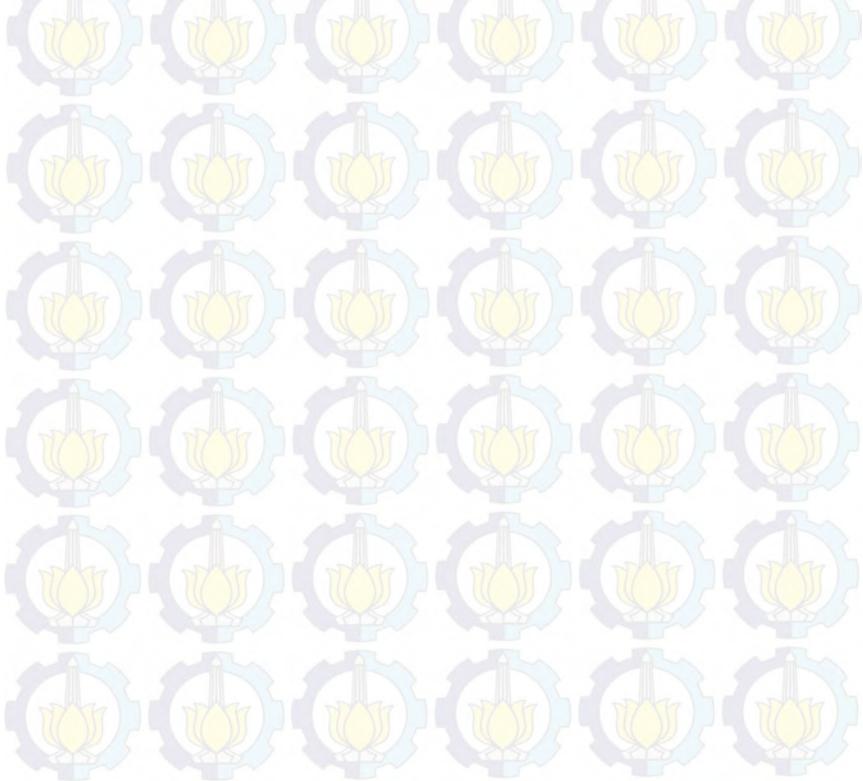
Hal ini sesuai dengan pernyataan Rasyendi dkk (2015) yang menyatakan bahwa kecepatan waktu mencapai titik didih pada saat pemasakan dapat dipengaruhi oleh desain kompor yang digunakan. Penggunaan bahan kompor dengan sifat konduktor yang lebih baik akan mempercepat proses penguapan bahan bakar yang akan dioksidasi di burner. Selain itu rancangan lubang untuk asupan udara untuk di ruang bakar juga berpengaruh dalam kesempurnaan proses oksidasi di ruang bakar untuk pemanasan bahan bakar menjadi gas yang kemudian dioksidasi lagi di head kompor (Rasyendi).

Pengujian titik didih dengan konsentrasi etanol yang berbeda tidak memberikan pengaruh yang berbeda terhadap waktu mencapai titik didih. Hal ini dapat dilihat dari hasil uji tukey untuk titik didih (lampiran 9). Tidak adanya perbedaan waktu ini dapat disebabkan oleh desain kompor yang digunakan saat uji. Kompor yang digunakan untuk uji titik didih merupakan kompor bioetanol generasi ke-4 yang merupakan kompor bioetanol dengan desain terbaru.

Kompor generasi ke-4 ini memiliki kapasitas tangki 1500 ml dan dapat habis dipakai memasak selama 6 jam. Ketika panas kompor bioetanol generasi IV ini banyak mengalir dan pengaturan besar api dengan keran engkol beresiko kompor terbakar karena bioetanol meluap (Sumasroh, 2013). Gambar desain kompor bioetanol dapat dilihat pada gambar 4.9 (point pembahasan uji lama pembakaran).

Pada uji waktu mencapai titik didih ini tidak didapatkan titik didih air ( $100^{\circ}\text{C}$ ). Suhu pendidihan yang tidak mencapai  $100^{\circ}\text{C}$  dapat disebabkan karena pengaruh suhu larutan yang digunakan pada saat melakukan uji. Hal ini sesuai dengan pernyataan Rasyendi (2015) yang menyatakan bahwa suhu pendidihan air dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu larutan uji dan juga ukuran panci.

Meskipun pada uji titik didih terlihat bahwa kadar etanol 70% merupakan kadar etanol yang paling cepat dalam mencapai titik didih namun etanol 70% ini tidak efisien jika digunakan untuk bahan bakar kompor bioetanol. Efisiensi etanol sebagai bahan bakar dapat dilihat dari segi ekonomis serta lama pembakarannya. Etanol kadar 70% lebih cepat padam nyala apinya dibandingkan etanol 80%. Etanol 70% habis digunakan selama 2 menit 4 detik sedangkan etanol kadar 80% habis digunakan selama 3 menit 7 detik. Berdasarkan hasil lama pembakarannya diasumsikan bahwa etanol 80% lebih efisien jika digunakan sebagai bahan bakar dibandingkan etanol 70%.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa etanol dengan kadar 80% lebih efektif digunakan sebagai bahan bakar karena lebih ekonomis dan memiliki lama pembakaran yang terbaik dengan waktu rata-rata lama pembakaran sebesar 3 menit 3,5 detik serta mencapai titik didih pada waktu 1 menit 9 detik.

#### **5.2 Saran**

Bagi peneliti selanjutnya disarankan untuk melakukan uji bahan bakar dengan bahan uji selain air sehingga dapat diketahui efisiensi etanol yang digunakan. Selain itu disarankan untuk mengolah limbah hasil dari destilasi menjadi pupuk cair sehingga tidak akan ada limbah dalam proses produksi bioetanol atau *zero waste*.

## DAFTAR PUSTAKA

[PPKKI] Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. 2010. **Pedoman Teknis Budi Daya Tanaman Kopi**. Jawa Timur : Indonesia Coffee and Cacao Research Institute Jember.

Akhir, Y.M., Chairul dan Drastinawati. 2015. Pembuatan Bioetanol Dari Fermentasi Nira Aren (*Arenga Pinnata*) Menggunakan Yeast *Saccharomyces cerevisiae* dengan Pengaruh Variasi Konsentrasi Nutrisi dan Waktu Fermentasi. **Jom Fteknik** Volume 2 No.1.

Adiprabowo, D.S. 2011. Pendeteksi Kadar Alkohol Jenis Etanol pada Cairan dengan Menggunakan Mikrokontroler ATMEGA 8535. **Skripsi Sarjana**. Semarang : Universitas Diponegoro.

Agustina, D., Nurhatika S, dan Muhibuddin A. 2015. Efektivitas Penggunaan Bioetanol dari Limbah Padat Alang-Alang (*Imperata cylindrica* (L) Beauv.) terhadap Lama Pembakaran Kompor Bioetanol. **Jurnal Sains dan Seni ITS**. Vol. 4, No.1, 2337-3520.

Agyeman, K.O.G and Oldham, J.H., 1986. **Utilization of Cacao By-product as an Alternatif Source of Energy Biomass**. 10: 311–318.

Alexopous, C.J., H.C. Bold, dan T. Develoryas. 1986. **Morphology of Plant and Fungi. Fourth Edition**. New York : Halper & Row Publisher.

Ashadi, R.W. 1988. Pembuatan Gula Cair dari Pod Coklat dengan Menggunakan Asam Sulfat, Enzim, serta Kombinasi Keduanya. **Skripsi**. Bogor : Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.

Ashary, Choirul. 2011. Produksi Enzim Selulase dan Hidrolisis Enzimatik pada Jerami Padi dengan Menggunakan Buffer Sitrat. **Jurnal Sains dan Seni ITS**. Surabaya : Teknik Kimia.

Astuty, E.D. 1991. Fermentasi alkohol Kulit Buah Pisang (*Musa sapientum* Lamb) dengan berbagai jenis inokulum. **Tesis**. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.

Axelsson, Josefin. 2011. Separate Hydrolysis and Fermentation of Pretreated Spruce. **Thesis**. Sweden : Department of Physics, Chemistry and Biology Linkoping University.

Azizah N., A. N. Al---Baarri, S. Mulyani. 2012. **Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol, pH, Dan Produksi Gas Pada Proses Fermentasi Bioetanol Dari Whey Dengan Substitusi Kulit Nanas**. Semarang : Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro.

Balat, M. and Balat, H. 2009. Recent global production and utilization of bioethanol fuel. **Applied Energy**. 86: 2273–2282.

Bamforth. 2005. **Food, Fermentation and Microorganisms**. USA : Blackwell Publishing.

Barlina, R., dan A.Lay. 1994. Pengolahan Nira Kelapa untuk Produk Fermentasi Nata de Coco, Alkohol dan Asam Cuka. **Jurnal Penelitian Kelapa** 7: 21-23

Bintoro, M.H., 1977. **Periode Cukup Panen, Panen dan Periode Setelah Panen Coklat**. Bogor : IPB-Press.

Biro Pusat Statistik. 1990. **Statistik Indonesia**. Jakarta : BPS.

Budyanto, M.A.K. 2003. **Mikrobiologi Terapan**. Malang : UMM-Press.

Budyanto, Wakid. 2009. Uji Unjuk Kerja Kompor Etanol Kadar Rendah. **Skripsi**. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.

Budiono. 1996. Produksi Etanol Oleh *Saccharomyces cerevisiae* dengan Perendaman Tapioka Dalam HCl. **Jurnal Sains dan Seni ITS**. Vol. 4, No.1

Departemen Perindustrian, 2007. **Gambaran Sekilas Industri Kakao**. Jakarta : Departemen Perindustrian. Hal. 5-8.

Departemen Pertanian. 2007. **Statistik Pertanian**. Jakarta : Departemen Pertanian.

Desparesi, Y.A. 2011. Produksi Bioetanol dari Reject Pulp dengan Proses Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak Menggunakan Enzim Selulase dan *Pichiastipitis*. **Skripsi Sarjana**. Universitas Riau.

Direktorat Jendral Perkebunan. 1989. **Statistik Perkebunan Indonesia**. Jakarta : Departemen Pertanian RI.

Edi M., Mu'tasim, Billah dan Novel K. 2009. Proses Produksi Bioetanol Berbasis Singkong. **Seminar Nasional UPN 'Veteran' Jawa Timur**.

FAO/WHO (Food and Agriculture Organization of The united Nation/World Healt Organization/Codex Alimentarius Commision). 2009. Draft European Regional Standart for Vinegar. **Appendix II**.

Fardiaz.S,1992. **Mikrobiologi pangan I**. Jakarta : Gramedia pustaka utama.

Foody, B., Tolan, J.S., dan Bernstein, J.D. 1999. **Pretreatment Process For Conversion Of Cellulose To Fuel Ethanol**, U.S. Pat No. 6.090.595.

Fridia, T. 1989. Pengaruh Cara Delignifikasi Terhadap Sakarifikasi Limbah Lignoselulosik. **Skripsi**. Bogor : Fateta IPB.

Galbe, M. and Zacchi, G. 2002. A Review Of The Production Of Ethanol From Softwood. **Appl. Microbiol. Biotechnol.**59: 618–628.

Galbe, M. and Zacchi, G. 2007. Pretreatments of lignocellulosic materials for efficient bioethanol production. **Advance Biochem. Eng. Biotechnol.** 69: 627–642.

Gaman, P.M. dan K.B. Sherington. 1993. **Ilmu Pangan: Pengantar Ilmu Pangan Nutrisi dan Mikrobiologi**. Yogyakarta : UGM Press.

Giancoli, C Douglas. 1998. **Fisika Jilid I Edisi Kelima**. Terjemahan Dari : **Phisic Principle and Aplication, Fifth Edition**. Jakarta : Erlangga.

Girindra, A. 1986. **Biokimia I**. Jakarta : Gramedia.

Girio, F.M., Fonseca, C., Carvalheiro, F., Duarte, L., Marques, S., and Bogel-Łukasik, R. 2010. Hemicelluloses for fuel ethanol: a review. **Bioresour. Technol.** 101: 4775–4800.

Grote, W., K.J. Lee and P. L. Rogers. 1980. Continuous Ethanol Production by Immobilized Cells of *Zymomonas Mobilis*. **Biotechnology Letters**, vol 11, hal 481–486

Harun, R., Jason, W.S.Y., Cherrington, T., and Danquah, M.K. 2010b. Microalgal biomass as a cellulosic fermentation feedstock

for bioethanol production. **Renewable and Sustainable Energy Review**. In press.

Harun, R., Singh, M., Forde, G.M., and Danquah, M.K. 2010a. Bioprocess engineering of microalgae to produce a variety of consumer products. **Renewable and Sustainable Energy Review**. 14: 1037–1047.

Haryadi dan Supriyanto. 2001. **Teknologi Cokelat**. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

Hendriks, A.T.W.M., and Zeeman, G. 2009. Pretreatments To Enhance The Digesibility Of Lignocellulosic Biomass. **Bioresource Technology**. 100: 10–18.

Herera, S. 2006. **Produksi Etanol dari bahan Alam Terbarukan**. <http://www.ifpri.org>. 20 November 2015.

Hermawan, D.R.W.A., T. Utami dan M.N. Cahyanto. 2005. Fermentasi Etanol Dari Sari Buah Jambu Mete Oleh *Saccharomyces cerevisiae* FNCC 3015 Menggunakan Amonium Sulfat Dan Urea Sebagai Sumber Nitrogen. **Journal of Agritech** 20 (2) : 93-98.

Hidayat, E. B. 1995. **Anatomi Tumbuhan Berbiji**. Bandung: ITB.

Hulupi, Retno dan Endri Martini. 2013. Pedoman **Budi daya dan Pemeliharaan Tanaman kopi di kebun campur**. Jawa Timur : Indonesian Coffee and Cocoa Research Institute bekerja sama dengan AGFOR Sulawesi.

Johnston, H. E. 1979. **Cooking Stove**. US Patent. 4, 164, 930.

Judoamidjojo, R.M., A.A.Darwis, dan E.G.Sa'id. 1992. **Teknologi Fermentasi**. Bogor: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Pusat Antar Universitas Bioteknologi Institut Pertanian Bogor.

Kister, H.Z. 1922. **Distillation Design**. California : MC.Graw Hill

Kochhar, S. P., dan Rossell, B., 1990. Detection Estimation and Evaluation of Antioxidants in Food System, dalam B.J.F. Hudson (ed) Food Antioxidants. **Elsevier Applied Science**. London.

Kozaki, M. Uchimura, Y., Okada, S. 1998. **Manual for Isolation and Identification of Lactic Acid Bacteria**. Tokyo : Asakura Shoten.

Kristiani, P., La Ode Sabarudin, Rima Melati, dan Haeruddin. 2014. **Waktu Optimum fermentasi Limbah Pulp Kakao (*Theobroma cacao L.*) Menggunakan Kulit Bakau (*Sonneratia sp.*)**. Kendari : Universitas Haluoleo.

Kunaepah, U. 2008. Pengaruh Lama Fermentasi dan Konsentrasi Glukosa terhadap Aktivitas Antibakteri, Polifenol Total dan Mutu Kimia Kefir Susu Kacang Merah. **Tesis**. Semarang. Universitas Diponegoro.

Laopaiboon L., Thanonkeo P., Jaisil P., Laopaiboon P. 2007. Ethanol production from sweet sorghum juice in batch and fed-batch fermentations by *Saccharomyces cerevisiae*. **World J Microbiol Biotechnol** 23:1497–1501.

Lin, Y., and Tanaka, S. 2006. Ethanol fermentation from biomass resources: current state and prospects. **Appl. Microbiol. Biotechnol.** 69: 627–642.

Lloyd E., and Edwin H. Young. 1959. **Process Equipment Design**. New York : John Wiley & Sons, Inc.

Mailool, Jhiro Ch., Molenaar R., Tooy D., Longdong I.A. 2014. **Produksi Bioetanol Dari Singkong (*Manihot utilissima*) Dengan Skala Laboratorium**. Manado : Universitas Sam ratulangi.

Marques, S. et al. 2007. **Conversion of Recycled paper sludge to ethanol by SHF and SSF using *Pichia stipitis***. Departamento de biotecnologia, INETI, Estrada do Paco do Lumiar 22, 1649-038 Lisboa, Portugal.

Mosier, Nathan, *et al.* 2005. Features of Promising Technologies for Pretreatment of Lignocellulosic Biomass. **Bioresource Technology** 96 , pp. 673–686

Najah, Ni'matun. 2009. Pengaruh penamahan Nitrogen dan waktu fermentasi terhadap kadar etanol pada proses fermentasi kulit pisang ambon kuning (*Musa paradisiaca* Linn.). **Skripsi**. Yogyakarta : Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.

Nurdyastuti. 2006. Pemanfaatan Pisang Klutuk (*Musa brachycarpa*) sebagai Minuman Anggur. **Jurnal Universitas Brawijaya** Volume 5. No.1

Nurhatika, S. dan Arifiyanto, A. 2014. An Overview of Bioethanol Application Made From Biomaterial Ingredient For Stove and Motorcycle. **Journal of Applied Environmental and Biological Sciences**, 4(4) 147-151.

Noyes, Paul. 1980. **Large and Small Scale Ethyl Alcohol Manufacturing Prospect from Agriculture Raw Materials**. Pata Corp., Park Ridge, NJ.

O'Leary V. S., R. Green, B. C. Sullivan, V. H. Holsinger. 2004. Alcohol production by selected yeast strains in lactase--hydrolyzed acid whey. **Biotechnol Bioeng** 19 (10): 19–35.

Oketch, P.O., Ndiru, H.M., and Gathitu, B.B. 2014. Experimental Study of Fuel Efficiency and Emissions Comparison from Bioethanol Stoves : **European International Journal of Sciences and Technology**. 2304-9693.

Osunkoya, O.A. and N.J Okwundika. 2011. Utilization of Sugar Refinery Waste (Molasses) for Ethanol Production Using *Saccharomyces cerevisiae*. **American Journal of Scientific and Industrial Research** 2 (4) : 694-706.

Pairunan, V. I. 2009. **Karakteristik Fermentasi Pulp Kakao Dalam Produksi Asam Asetat Menggunakan Bioreaktor** , 18.

Perry, R.H., and Green, D. 1999. **Perry's Chemical Engineer's Handbook, 7th ed.** New York : McGraw-Hill Book Company.. Hal. 2-112.

Pleczar, M.J and E.C.S Chan 1986. **Dasar-Dasar Mikrobiologi**. Terjemah dari **Elements of Microbiology**, R.S. Hadioetomo, T. Imas, S.S. Tjitrosomo, S.L. Angka. Jakarta : UI Press.

Poedjiwidodo, M. S., 1996. **Sambung Samping Kakao**. Jawa Tengah : Trubus Agriwidya.

Prihandana, Rama dkk. 2008. **Bioetanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan**. Jakarta: AgroMedia Pustaka.

Purseglove, J. 1968. **Tropical Crops: Dicotyledons**. Longman, Harlow.

Rajvanshi, A. K., Patil, S. M., and Mendonca, B. 2007. Low Concentration Ethanol Stove for Rural Areas in India. **Published in Energy for Sustainable Development**. Vol 11No. 1. 63-68

Raysendi A.R., Nurhatika S., dan Muhibuddin A. 2015. Efektivitas Penggunaan Bioetanol Sari Buah Semu Jambu Mete (*Anacardium occidentale* L.) Terhadap Lama Pembakaran Kompor Bioetanol. **Jurnal Sains dan Seni ITS**. Vol. 4, No.1, 2337-3520. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Robinson, J., 2006, **Bio-Etanol as a Household Cooking Fuel: A Mini Pilot Study of The Superblue Stove in Peri Urban Malawi**, Loughborough University, Leics.

Sari, I. M., Noverita dan Yulneriwarni. 2008. Pemanfaatan jerami padi dan alangalang dalam fermentasi etanol menggunakan kapang *Trichoderma viride* dan khamir *Saccharomyces cerevisiae*. **VisVitalis**. 5 (2):55-62.

Sen, D. C. 1989. Ethanol Fermentation. **Biomass Handbook**. Gordon & Breach Science Publishers.

Simanjuntak, Riswan. 2009. **Studi Pembuatan Etanol Dari Limbah Gula (Mollase)**. Departemen Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. USU Repository.

Siregar, Tumpal., Slamet Riyadi., Laeli Nuraeni. 1989. **Budidaya, pengolahan, dan pemasaran Cokelat**. Jakarta : Penebar Swadaya.

Sudarmadji, S., R. Kasmidjo, Sardjono, D. Wibowo, S. Margino & E.S Rahayu. 1989. **Mikrobiologi Pangan**. Yogyakarta : UGM.

Sulistyowati, Atmawinata, O., Sri-Mulato dan Yusianto. 1998. Pemanfaatan Limbah Bubur Pulp Kakao Untuk pembuatan Nata Kakao. **Pelita Perkebunan. Vol. 14 (1) : 63-75.**

Sumasroh, M. 2013. **Perkembangan Kompor Bioetanol.** Asosiasi Pengusaha Bioetanol Indonesia.

Sun, Y., and Cheng, J. 2002. Hydrolisis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. **Bioresource Technology.** 83: 1–11.

Suyitno, Sujono, A., Kristiawan, B., dan Dharmanto. 2009. Unjuk Kerja Kompor Berbahan Bakar Bioetanol. **Jurnal Mekanika Vol. 8, No.1.**

Tripetchkul, S., Tonokawa, M., dan Ishizaki, A. 1992. Ethanol Production By *Zimomonas mobilis* Using Natural Rubber Waste As A Nutritional Source. **Journal Fermentation Bioeng., vol 74, No. 6 : 384-388.**

Ullmann's. 2003 **“Encyclopedia of Industrial Chemistry”**, 6th edition, vol.13.

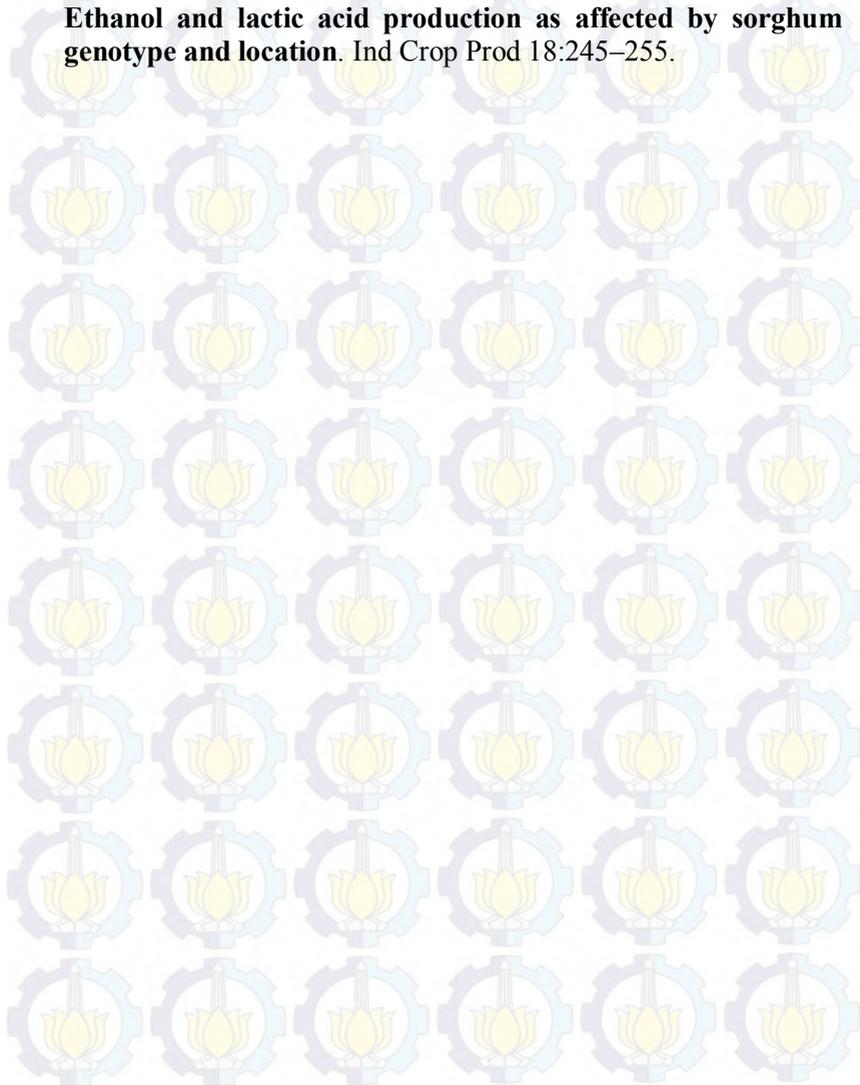
Winarno, F.G. 2002. **Kimia Pangan dan Gizi.** Jakarta : Gramedia.

Winarno, FG. 2007. **Enzim Pangan.** Jakarta : PT. Gramedia.

Winkle, M. 1967. **Distillation.** New York : MC.Graw Hill.

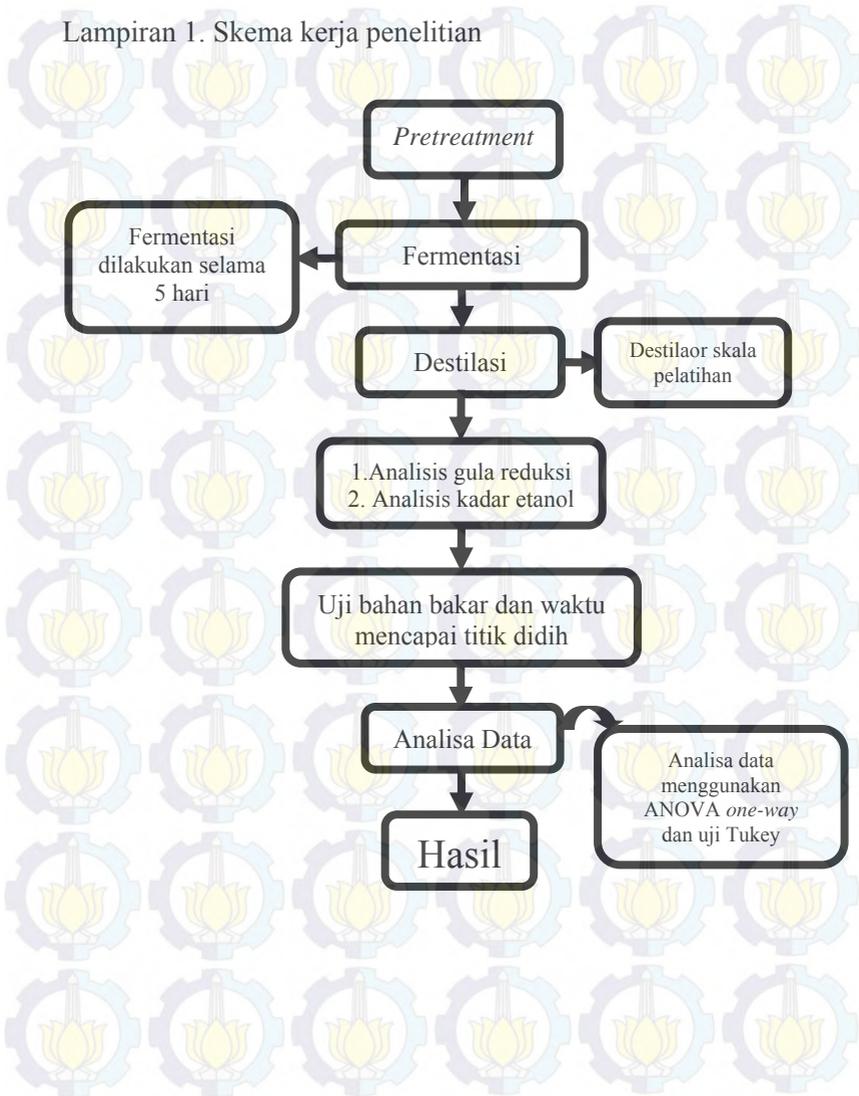
Zely, F.D. 2014. Pengaruh Waktu Dan Kadar *Saccharomyces Cerevisiae* Terhadap Produksi Etanol Dari Serabut Kelapa Pada Proses Sakarifikasi Dan Fermentasi Simultan Dengan Enzim Selulase. **Skripsi.** Bengkulu : Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Bengkulu.

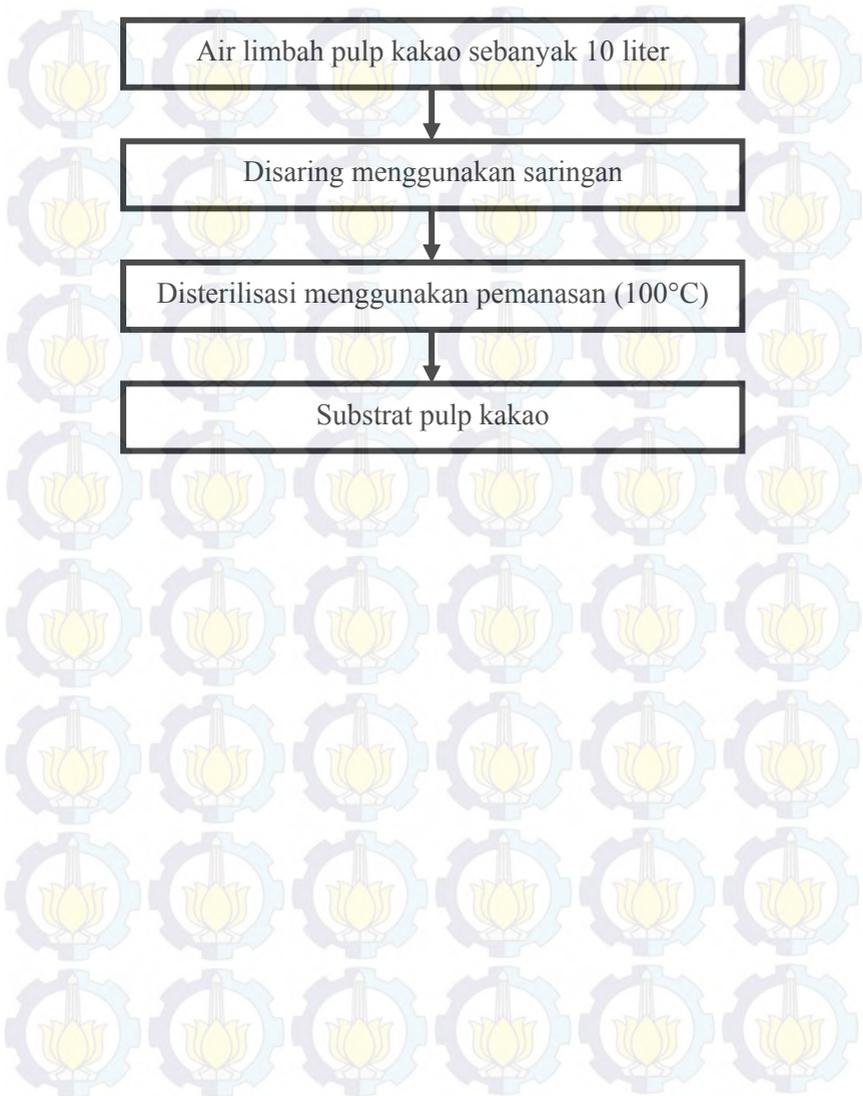
Zhan X, Wang D, Tuinstra MR, Bean S, Seib PA, Sun XS. 2003.  
**Ethanol and lactic acid production as affected by sorghum  
genotype and location.** *Ind Crop Prod* 18:245–255.



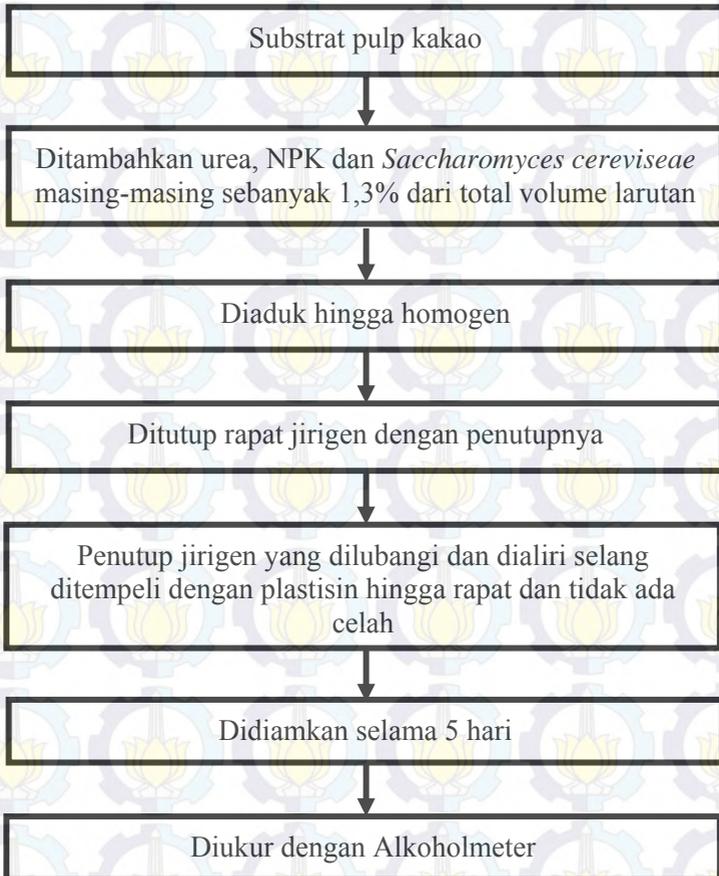
## LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema kerja penelitian

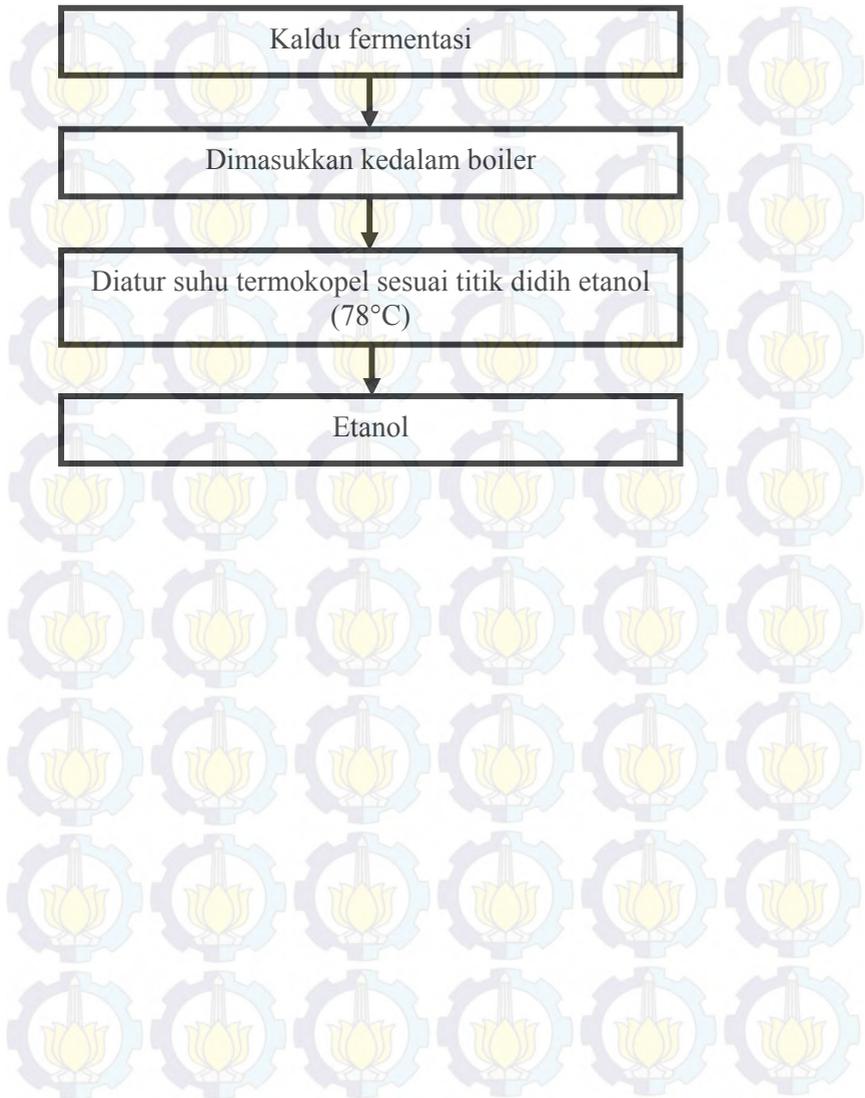


Lampiran 2. Persiapan bahan dan perlakuan awal (*pretreatment*)

## Lampiran 3. Proses fermentasi



## Lampiran 4. Proses destilasi



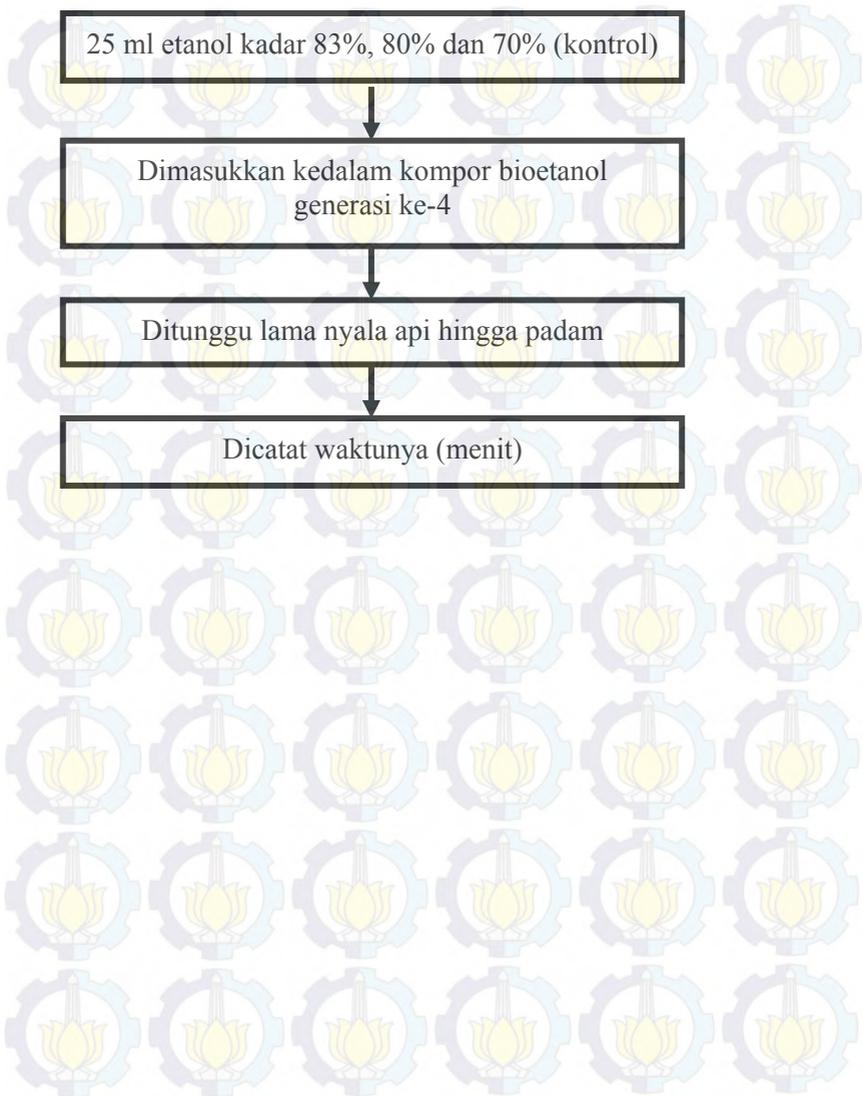
## Lampiran 5. Pengujian kadar etanol



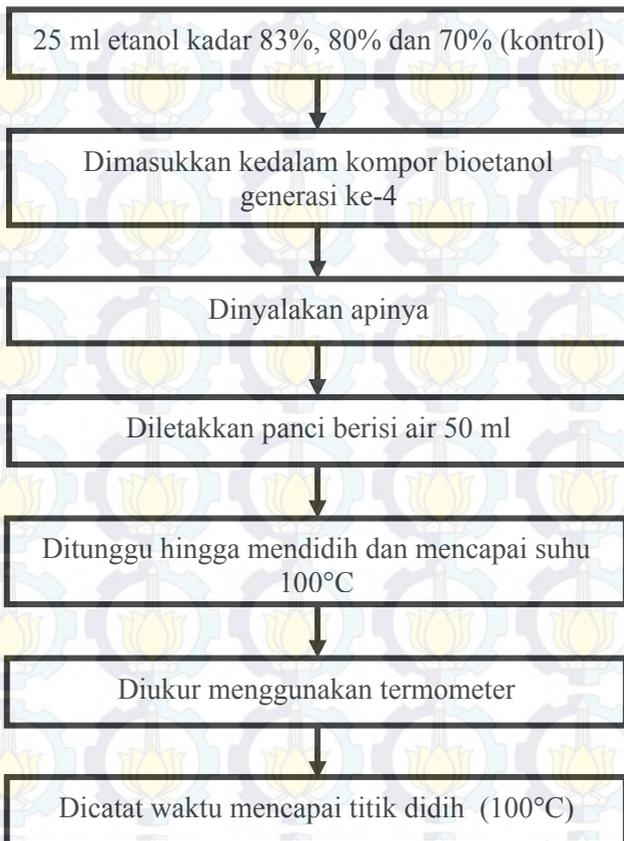
## Lampiran 6. Analisis gula reduksi



### Lampiran 7. Pengujian bioetanol sebagai bahan bakar



## Lampiran 8. Pengamatan waktu mencapai titik didih



## Lampiran 9. Analisi data

**Analisis kadar gula**

Kadar Gula	
Awal (Sebelum Fermentasi)	Akhir (Setelah Fermentasi)
12%	10%

**Analisis kadar etanol**

Kadar etanol	
Destilasi awal	Destilasi akhir
83%	30%

**Uji Lama Pembakaran kompor bioetanol**

Konsentrasi Etanol	Lama Pembakaran (menit)		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Rata-rata
83%	3,183	2,967	3,075
80%	3,100	3,050	3,075
Kontrol (70%)	2,316	2,600	2,458

**Uji Waktu Mencapai Titik Didih kompor bioetanol**

Konsentrasi Etanol	Waktu Mencapai Titik Didih (menit)		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Rata-rata
83%	2,050 (97°C)	1,883(100°C)	1,967
80%	2,167 (98°C)	1,667 (96°C)	1,917
Kontrol (70%)	1,567 (95°C)	1,750 (96°C)	1,659

**Hasil ANOVA *one-way* untuk lama pembakaran**

Source	DF	SS	MS	F	P
Konsentrasi	2	0,5068	0,2534	11,76	0,038
Error	3	0,0646	0,0215		
Total	5	0,5714			

### Hasil uji Tukey untuk lama pembakaran

Konsentrasi	N	Mean	Grouping
2	2	3,0750	A
1	2	3,0750	A
3	2	2,4585	B

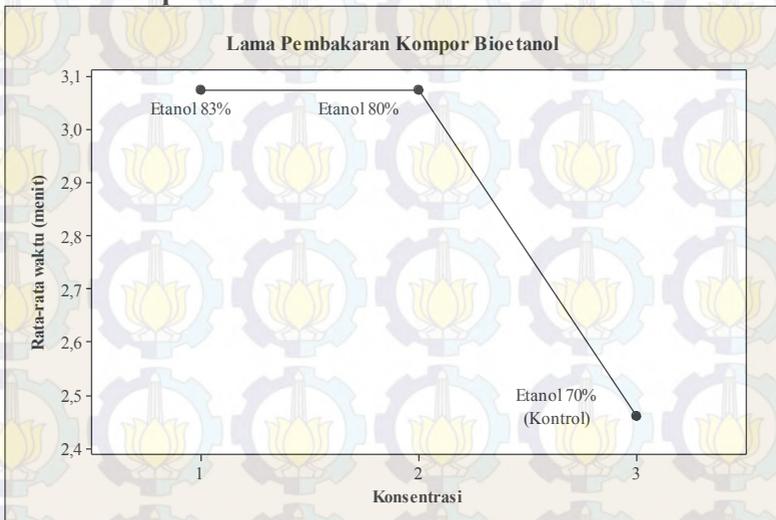
Keterangan :

Konsentrasi 1 : etanol kadar 83%

Konsentrasi 2 : etanol kadar 80%

Konsentrasi 3 : kontrol (etanol kadar 70%)

### Grafik lama pembakaran



### Hasil ANOVA *one-way* untuk waktu mencapai titik didih

Source	DF	SS	MS	F	P
Konsentrasi	2	0,284	0,142	1,28	0,396
Error	3	0,332	0,111		
Total	5	0,616			

### Hasil uji tukey untuk waktu mencapai titik didih

Konsentrasi	N	Mean	Grouping
1	2	2,1915	A
2	2	1,9170	A
3	2	1,6585	A

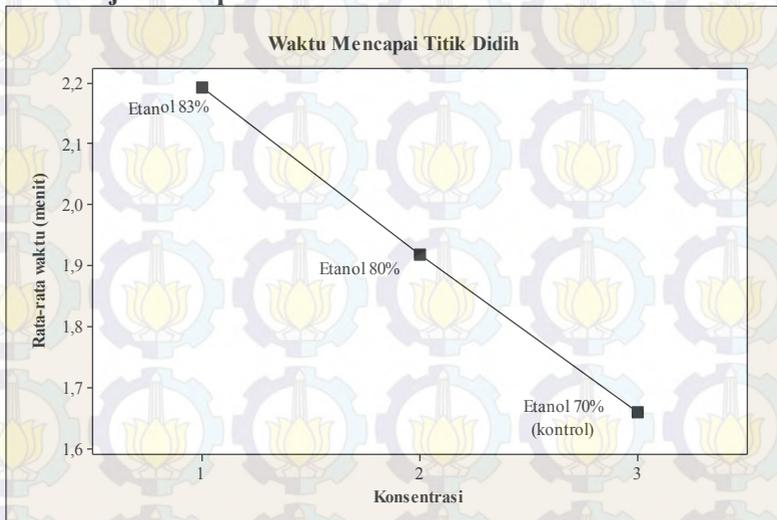
Keterangan :

Konsentrasi 1 : etanol kadar 83%

Konsentrasi 2 : etanol kadar 80%

Konsentrasi 3 : kontrol (etanol kadar 70%)

### Grafik uji mencapai titik didih



## Lampiran 10. Komposisi etanol 70% (kontrol)



PT. MOLINDO RAYA INDUSTRIAL

Head & Factory : Jl. Sumber Waras 255, Lawang, 65216 Malang - INDONESIA  
 Email: mirc1@indo.net.id

Telp. (0341) 426681 (Hunting System)  
 Fax. (0341) 426222

Banker : BRI Malang

PRODUCT SPECIFICATION

PRODUCT NAME : PRIME GRADE - ETHYL ALCOHOL

Appearance and odor	A clear colorless liquid, free from foreign odor and foreign particle.	
Strength	Min. 96,1 % by volume at 15 °C	Test by Alcoholmeter Gay - Lussac 15 °C.
Acidity as Acetic Acid	15 mg/L ( max. )	Test by Titrimetry
Aldehyde as Acetaldehyde	4 mg/L ( max. )	Test by Gas Chromatography
Methanol	Negative	Test by SNI Method
Higher Alcohol	10 mg/L ( max. )	Test by Gas Chromatography
Reducing Substances (KMnO <sub>4</sub> , Time Test)	20 minutes ( min. )	Barbet Test Method (50 ml, 0.02 %, at 20 °C)
Evaporation Residue	20 mg/L ( max. )	Test by Gravimetry

PT. MOLINDO RAYA INDUSTRIAL

Rizki Sartinis  
Head Of QA/QC

QCT/S-03/01

## Lampiran 11. Komposisi instan dry yeast (fermipan)

Spesifikasi produk	
Nama produk : Fermipan	
Jenis	Ragi kering
Bentuk	Serbuk atau powder
Komposisi	Yeast ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> )
	Emulsifer (Sorbitan Monostearate E491)
Berat bersih	11 gram



## Lampiran 12. Dokumentasi kegiatan

➤ **Proses *pretreatment***

1. Buah kakao dibelah



2. Dipisahkan antara kulit dan daging buahnya



3. Pulp dimasukkan ke dalam karung plastik danditunggu 6 jam



4. Cairan pulp kakao



5. Limbah cair pulp kakao disaring



6. Disterilisasi menggunakan pemanasan

➤ **Proses fermentasi**



1. Substrat pulp kakao



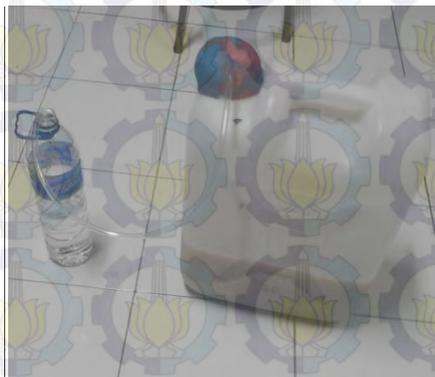
2. Ditambahkan NPK, Urea dan *Saccharomyces cerevisiae* 0,13gr



3. Diaduk hingga homogen



4. Dituang kedalam fermentor



5. Fermentor ditutup rapat (dilapisi plastisin) dan ditunggu selama 5 hari

➤ **Proses destilasi**



1. Kaldu fermentasi disaring



2. Dimasukkan kedalam boiler dan didestilasi pada suhu 78°C



3. Etanol yang dihasilkan

➤ Uji kadar etanol



1. Diambil 100ml etanol yang dihasilkan



2. Dimasukkan kedalam gelas ukur



3. Diukur menggunakan alkoholmeter

➤ **Analisis gula reduksi**



1. Diambil 2 tetes kaldu fermentasi



2. Dioleskan pada prisma refraktometer dan diamati skala yang tertera

➤ **Uji waktu mencapai titik didih**



1. Kompor bioetanol dinyalakan



2. Diletakkan panci berisi air 50ml diatas kompor, diukur dan dicatat waktu mencapai titik didih

➤ **Uji lama pembakaran kompor bioetanol generasi ke-4**



Kompor bioetanol dinyalakan dan ditunggu hingga apinya padam, dicatat waktunya

## BIODATA PENULIS



Lisma Shofarina Purwati, lahir pada tanggal 13 Juli 1994 di Gresik sebagai anak pertama dari pasangan Drs. M.Maksum dan Dra.Sulis Stiowati. Penulis mulai menempuh pendidikan formal di TK. Aisyiyah (ABA) 08 Melirang, SD Muhammadiyah 1 Melirang, SMP Muhammadiyah 10 Melirang dan SMA Negeri 1 Sidayu. Setelah menempuh jenjang SMA penulis memilih untuk melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis menempuh jenjang Sarjana di jurusan Biologi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Sejak SD penulis gemar travelling dan berorganisasi. Berbagai organisasi yang pernah diikuti oleh penulis antara lain Ikatan Pelajar Muhammadiyah (IPM), OSIS dan PMR. Kegemaran berorganisasi pun masih berlanjut di jenjang perkuliahan. Selama di biologi ITS penulis menjabat sebagai staff Korps Suka Rela ITS (KSR-ITS), Steering Comitte Biological Opus Fair (SC-BOF 7), serta Instructur Comitte Kaderisassi (IC).

Pada akhir masa pendidikannya, penulis memilih untuk menyelesaikan Tugas Akhir dengan tema energi terbarukan dibawah bimbingan Ir.Sri Nurhatika, M.P. Dengan ketekunan, motivasi tinggi dan usaha yang keras, penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir ini. Semoga penulisan Tugas Akhir ini mampu memberikan kontribusi positif khususnya dibidang energi terbarukan serta bermanfaat bagi semua pihak.

Lisma Shofarina Purwati / email : [lisma0913@gmail.com](mailto:lisma0913@gmail.com)