



**TUGAS AKHIR (SB-141501)**

**PERBANDINGAN DUA GENERASI  
KOMPOR BIOETANOL DENGAN DUA  
KADAR BIOETANOL SARI BUAH SEMU  
JAMBU METE (*Anacardium occidentale L.*)**

**INDAH SAFITRI NOVITASARI  
1512100031**

**Dosen Pembimbing :  
Ir. Sri Nurhatika, MP.**

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



**FINAL PROJECT (SB-141501)**

**COMPARISON OF TWO BIOETHANOL  
STOVE GENERATION WITH TWO LEVEL  
OF BIOETHANOL FRUIT CASHEWNUTS  
(*Anacardium occidentale L.*)**

**INDAH SAFITRI NOVITASARI  
1512100031**

**Advisor Lecturer :  
Ir. Sri Nurhatika, MP.**

**Biology Departement  
Mathematics and Science Faculty  
Sepuluh Nopember Institute Of Technology  
Surabaya 2016**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PERBANDINGAN DUA GENERASI KOMPOR  
BIOETANOL DENGAN DUA KADAR BIOETANOL SARI  
BUAH SEMU JAMBU METE  
(*Anacardium occidentale L.*)**

**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:

**INDAH SAFITRI NOVITASARI  
NRP. 1512100031**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir .

Ir. Sri Nurhatika, MP.....

Surabaya, Januari 2016

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Biologi

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

**PERBANDINGAN DUA GENERASI KOMPOR  
BIOETANOL DENGAN DUA KADAR BIOETANOL SARI  
BUAH SEMU JAMBU METE  
(*Anacardium occidentale* L.)**

**Nama Mahasiswa** : Indah Safitri Novitasari  
**NRP** : 1512100031  
**Jurusan** : Biologi  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Sri Nurhatika, MP

**Abstrak**

*Bioetanol diproduksi melalui proses fermentasi dari biomassa yang mengandung gula atau pati. Buah semu Jambu mete (Anacardium occidentale L.) mengandung glukosa 139,5-166,7 gr/lit. Kompor bioetanol terbaru saat ini adalah generasi ke-3 dan ke-4. Destilasi merupakan pemisahan suatu cairan berdasarkan perbedaan titik didih. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan lama pembakaran dan kecepatan titik didih dua generasi kompor bioetanol dengan dua kadar bioetanol sari buah semu jambu mete (Anacardium occidentale L.)*

*Penelitian ini dirancang menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) faktorial, dimana faktor pertama yaitu kompor bioetanol generasi ke-3 dan kompor bioetanol generasi ke-4. Faktor kedua adalah kadar bioetanol hasil destilasi pertama dan kedua. Parameter yang diamati yaitu waktu nyala kompor bioetanol, volum etanol, dan kadar etanol. Data yang diperoleh dari uji lama pembakaran dan titik didih pada dua generasi kompor bioetanol dianalisa menggunakan ANOVA Two-way.*

*Korelasi antara kompor bioetanol generasi ke-3 dengan konsentrasi 65% menunjukkan hasil terbaik, yaitu untuk respon lama pembakaran membutuhkan waktu 5 menit dan untuk respon titik didih membutuhkan waktu 2 menit.*

**Kata kunci** : Anacardium occidentale L., Bioetanol, Kompor Bioetanol.

**COMPARISON OF TWO BIOETHANOL STOVE  
GENERATION WITH TWO LEVEL OF BIOETHANOL  
FRUIT CASHEWNUTS  
(*Anacardium occidentale L.*)**

**Name** : Indah Safitri Novitasari  
**NRP** : 1512100031  
**Departement** : Biologi  
**Advisor Lecturer** : Ir. Sri Nurhatika, MP

**Abstract**

Bioethanol is produced through the fermentation of biomass containing sugars or starches. Artificial fruit Cashew (*Anacardium occidentale L.*) containing glucose from 139.5 to 166.7 g / l. Latest bioethanol stove today is the 3rd generation and 4th. Distillation is the separation of a liquid based on differences in boiling point. This study aimed to compare the long burning and boiling point speed two-generation bioethanol stove with two levels of bioethanol juice cashew (*Anacardium occidentale L.*)

This study was designed using a CRD (Completely Random Design) factorial, where the first factor is the generation bioethanol stove and stove 3rd 4th generation bioethanol. The second factor is the concentration of ethanol distillation first and second. Parameters observed that bioethanol stove burning time, volume of ethanol, and ethanol content. Data obtained from burning old test and the boiling point in two generations stove bioetano analyzed using Two-way ANOVA.

Correlation between the stove 3rd generation bioethanol with 65% concentration showed the best results, the response time for the combustion takes 5 minutes and to respond boiling takes 2 minutes.

**Keywords** : *Anacardium occidentale L.*, Bioethanol, Bioethanol Stove,

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji syukur dipanjatkan kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir yang berjudul **“PERBANDINGAN DUA GENERASI KOMPOR BIOETANOL DENGAN DUA KADAR BIOETANOL SARI BUAH SEMU JAMBU METE (*Anacardium occidentale L.*)”** dengan tepat waktu. Tugas akhir ini dilakukan pada bulan Oktober hingga Desember 2015.

Proses penelitian maupun penyusunan laporan penelitian tidak lepas dari bimbingan dan bantuan berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada, Ibu Ir. Sri Nurhatika, MP, selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan ilmu, membimbing dan memotivasi, juga kepada ibu Dr. Awik Puji Dyah Nurhayati, M.Si dan ibu Kristanti Indah Purwani, M.Si selaku dosen penguji serta Ir. Andani Suhakanata selaku pembimbing di CV. Tristar Chemical. Penulis juga mengucapkan terima kasih atas dukungan dan semangat dari Tria Ainur Rosyidah, Asma'ul Karima dan rekan kerja Lisma Shofarina Purwati. Tak lupa pula penulis ucapkan terima kasih kepada kedua orang tua tercinta yang selalu mendoakan dan mendukung setiap langkah perjuangan.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini, namun besar harapan penulis agar tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Akhirnya, penulis berharap semoga apa yang disampaikan disini mampu menjadi tambahan dan sumber referensi belajar yang efektif bagi para pembaca.

Surabaya, Januari 2016

Indah Safitri Novitasari

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACT</i> .....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Bioetanol.....	5
2.1.1 Sifat Etanol.....	6
2.1.2 Proses Bioetanol.....	7
2.2 Kompor Bioetanol.....	11
2.3 Jambu mete ( <i>Anacardium occidentale L.</i> ).....	15
2.3.1 Manfaat Jambu mete ( <i>Anacardium occidentale L.</i> ).....	18
2.3.2 Potensi Buah semu Jambu mete sebagai Bioetanol.....	19
2.4 <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	20
2.5 Gula Reduksi.....	24
<b>BAB III METODOLOGI</b>	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	27
3.2 Alat dan Bahan.....	27
3.3 Cara Kerja.....	27
3.3.1 Teknik Pengambilan Buah Semu Jambu mete	

dan Pretreatment .....	27
3.3.2 Proses Fermentasi.....	27
3.3.3 Analisis Gula Reduksi.....	28
3.3.4 Destilasi .....	28
3.3.5 Pengujian Kadar Etanol.....	29
3.3.6 Pengujian Bioetanol sebagai Bahan Bakar Pada kompor bioetanol generasi ke-3 dan generasi ke-4 .....	29
3.4 Rancangan Penelitian dan Analisis Data.....	30
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Hasil Pengambilan Buah Semu Jambu mete dan Pretreatment .....	33
4.2 Hasil Fermentasi .....	35
4.3 Hasil Distilasi .....	39
4.4 Hasil Analisis Kadar Gula Reduksi .....	40
4.5 Kadar Etanol .....	42
4.6 Pengujian Bioetanol sebagai Bahan Bakar Pada kompor bioetanol generasi ke-3 dan generasi ke-4 .....	42
4.6.1 Hasil Uji Lama Pembakaran dan Titik Didih.....	43
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan .....	49
5.2 Saran .....	49
DAFTAR PUSTAKA.....	51
LAMPIRAN .....	63
BIODATA PENULIS .....	83

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Reaksi pembakaran etanol .....	7
Gambar 2.2 Proses Pembuatan Bioetanol.....	7
Gambar 2.3 Reaksi fermentasi alcohol menghasilkan produk samping CO <sub>2</sub> .....	8
Gambar 2.4 Proses Destilasi .....	11
Gambar 2.5 Kompor Etanol Bertekanan .....	13
Gambar 2.6 Kompor Bioetanol generasi ke-1, ke-2, ke-3 dan ke-4 .....	15
Gambar 2.7 Jambu mete ( <i>Anacardium occidentale L.</i> ).....	17
Gambar 2.8 Morfologi <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	21
Gambar 2.9 Siklus Metabolisme Etanol oleh <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	23
Gambar 3.1 Metode WBT untuk uji kerja kompor bioetanol... 30	
Gambar 4.1 Ampas buah semu jambu mete .....	33
Gambar 4.2 Sari buah semu jambu mete .....	33
Gambar 4.3 Fermentor sederhana .....	35
Gambar 4.4 Destilator kapasitas 70 lt .....	40
Gambar 4.5 Desain Kompor bioetanol generasi ke-3 dan kompor bioetanol generasi ke-4.....	46

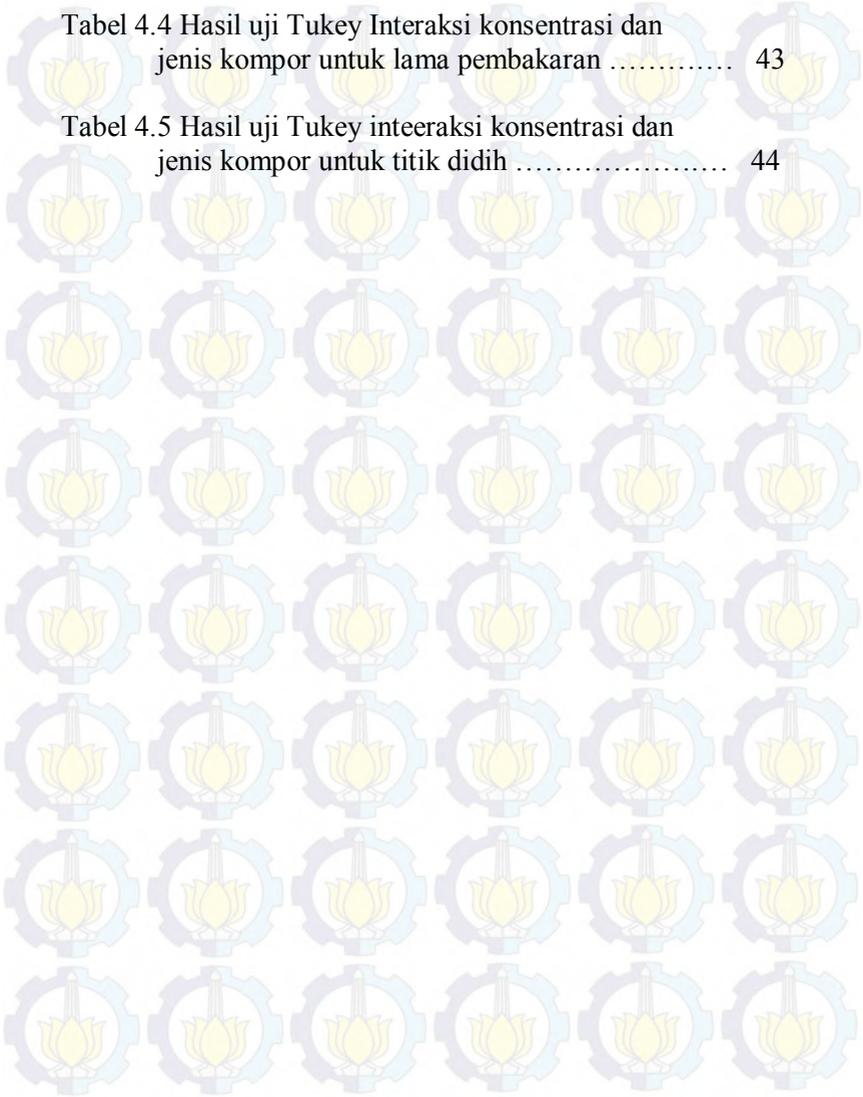
## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Sifat Fisik Etanol .....	6
Tabel 2.2 Sentra Produksi Jambu mete di Kediri .....	18
Tabel 2.3 Manfaat Tanaman Jambu mete ( <i>Anacardium occidentale L.</i> ) .....	18
Tabel 2.4 Kandungan Organik Jambu mete ( <i>Anacardium occidentale L.</i> ) .....	20
Tabel 2.5 Kandungan Karbohidrat Buah semu Jambu mete ( <i>Anacardium occidentale L.</i> ) .....	20
Tabel 2.6 Hasil Fermentasi Didestilasi dan Kadar Alkohol .....	23
Tabel 3.1 Kadar Gula Reduksi (%) .....	31
Tabel 3.2 Kadar Etanol (%) Hasil Destilasi .....	31
Tabel 3.3 Kombinasi korelasi jenis kompor bioetanol dan % bioetanol untuk lama pembakaran bioetanol .....	31
Tabel 3.4 Kombinasi korelasi jenis kompor bioetanol dan % bioetanol untuk tingkat titik didih air .....	32
Tabel 4.1 Kelebihan <i>Saccharomyces cerevisiae</i> mengurai glukosa menjadi etanol .....	37
Tabel 4.2 Kadar etanol (%) hasil destilasi awal & akhir .....	39
Tabel 4.3 Hasil analisis gula reduksi awal dan	

akhir fermentasi ..... 41

Tabel 4.4 Hasil uji Tukey Interaksi konsentrasi dan jenis kompor untuk lama pembakaran ..... 43

Tabel 4.5 Hasil uji Tukey inteeraksi konsentrasi dan jenis kompor untuk titik didih ..... 44



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Skema Kerja .....	63
Lampiran 2. Metodologi .....	65
Lampiran 3. Hasil uji kadar bioetanol hasil destilasi .....	70
Lampiran 4. Hasil uji lama pembakaran pada kompor generasi ke-3 dan ke-4 .....	71
Lampiran 5. Hasil uji kecepatan titik didih pada kompor generasi ke-3 dan ke-4 .....	72
Lampiran 6. Hasil uji anova two-way untuk lama pembakaran .....	73
Lampiran 7 Grafik kombinasi korelasi jenis kompor bioetanol dan % bioetanol untuk lama pembakaran...	75
Lampiran 8. Hasil uji anova two-way untuk titik didih .....	76
Lampiran 9 Grafik kombinasi korelasi jenis kompor bioetanol dan % bioetanol untuk titik didih .....	78
Lampiran 10. Data pengamatan lama pembakaran .....	79
Lampiran 11. Data pengamatan kecepatan titik didih .....	80
Lampiran 12. Spesifikasi etanol 70% (kontrol) komersil .....	81
Lampiran 13 Spesifikasi fermipan (komersil) .....	82

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penggunaan bahan bakar fosil seperti minyak bumi yang terlampaui luas telah menyebabkan perubahan iklim global, pencemaran lingkungan, dan berbagai masalah lainnya (Chen *et al.*, 2011). Minyak bumi merupakan bahan bakar dari fosil yang tidak dapat diperbarui. Jumlah deposit minyak bumi yang terbatas, dapat dipastikan cadangannya akan habis dalam waktu dekat. Indonesia sebagai negara penghasil minyak bumi, telah lama menggantungkan diri pada migas sedangkan diperkirakan cadangan minyak nasional hanya sampai 18 tahun lagi, sementara konsumsi dalam negeri terus meningkat (Syahrudin, 2013).

Minyak tanah merupakan produk turunan minyak bumi yang saat ini sangat langka. Kelangkaan tersebut menimbulkan banyak masalah diberbagai bidang. Solusi menggunakan gas elpigi sebagai pengganti minyak tanah masih memiliki efek negatif terutama dari segi keamanan. Penggunaan kompor bioetanol menjadi solusi yang tepat guna mengatasi kelangkaan minyak tanah dan gas elpigi.

Biofuel dalam bentuk bioetanol, menjadi sumber harapan baru bagi Pemerintah untuk meningkatkan devisa. Bioetanol merupakan salah satu sumber energi alternatif yang mempunyai beberapa kelebihan, diantaranya sifat etanol yang dapat diperbarui dan ramah lingkungan karena emisi karbondioksidanya rendah (Jeon, 2007). Selain itu keuntungan dari penggunaan etanol adalah dapat diproduksi secara berkelanjutan melalui fermentasi dengan bantuan mikroorganismenya (Sardjoko, 1991).

Bioetanol dapat diproduksi dari berbagai bahan baku yang memiliki kelimpahan tinggi di Indonesia. Bahan baku untuk pembuatan bioetanol terbagi tiga, yaitu bahan berpati, bergula, dan bahan berselulosa (Komariyati & Gusmailina, 2010). Setiap daerah di Indonesia merupakan daerah penghasil jambu mete, akan tetapi buah semunya tidak diolah sehingga tidak dimanfaatkan dengan baik dan cenderung menjadi limbah.

Limbah buah semu ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar bioetanol yang sangat potensial. Gula dalam sari buah semu jambu mete sebanyak 133,5-166,7 gr/lit. Oleh karena itu buah semu jambu mete merupakan bahan baku yang cukup potensial untuk diolah menjadi etanol yang bernilai ekonomis tinggi (Hermawan dkk., 2005).

Data penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa bioetanol sari buah semu jambu mete menghasilkan kadar etanol hingga 90%. Rata-rata lama pembakaran pada kompor generasi ke-3 adalah 5 jam 35 menit dan mendidih selama 17 menit 5 detik. Data tersebut lebih baik daripada minyak tanah yang rata-rata pembakarannya hanya 4 jam 13 menit dan mendidih lebih lama yaitu 28 menit 7 detik (Reisendy dkk., 2014). Berdasarkan data penelitian tersebut, kompor bioetanol selain aman digunakan juga lebih efisien dari segi ekonomisnya karena bahan bakar yang digunakan lebih murah dibandingkan minyak tanah dan gas elpiji.

Terdapat 4 generasi kompor bioetanol di Indonesia, generasi kompor bioetanol terbaru adalah kompor bioetanol generasi ke-3 dan ke-4. Kompor bioetanol generasi ke-4 memiliki kapasitas tangki yang lebih besar dibandingkan dengan kompor generasi ke-3 dan dari segi bentuk juga sudah didesain lebih sederhana.

Oleh sebab itu pada penelitian ini dilakukan pembuatan bioetanol dari sari buah semu jambu mete (*Anacardium occidentale L.*) kemudian diujikan pada kompor bioetanol generasi ke-3 dan generasi ke-4 untuk membandingkan efektifitas dan efisiensi dari kedua generasi kompor bioetanol dan kadar bioetanol.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah perbandingan lama pembakaran dan titik didih air kompor bioetanol generasi ke-3; generasi ke-4 dan dua kadar bioetanol sari buah semu jambu mete (*Anacardium occidentale L.*).

## 1.2 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini sebagai berikut:

- a. Kompor bioetanol yang digunakan generasi ke-3 merk Acura BPP 3 dan generasi ke-4 merk AMB Steel Burner;
- b. Buah semu jambu mete diperoleh dari Wates Kabupaten Kediri;
- c. Fermentasi anaerob menggunakan NPK, urea, dan yeast *Saccharomyces cerevisiae*;
- d. Destilasi dilakukan menggunakan destilasi sederhana.

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

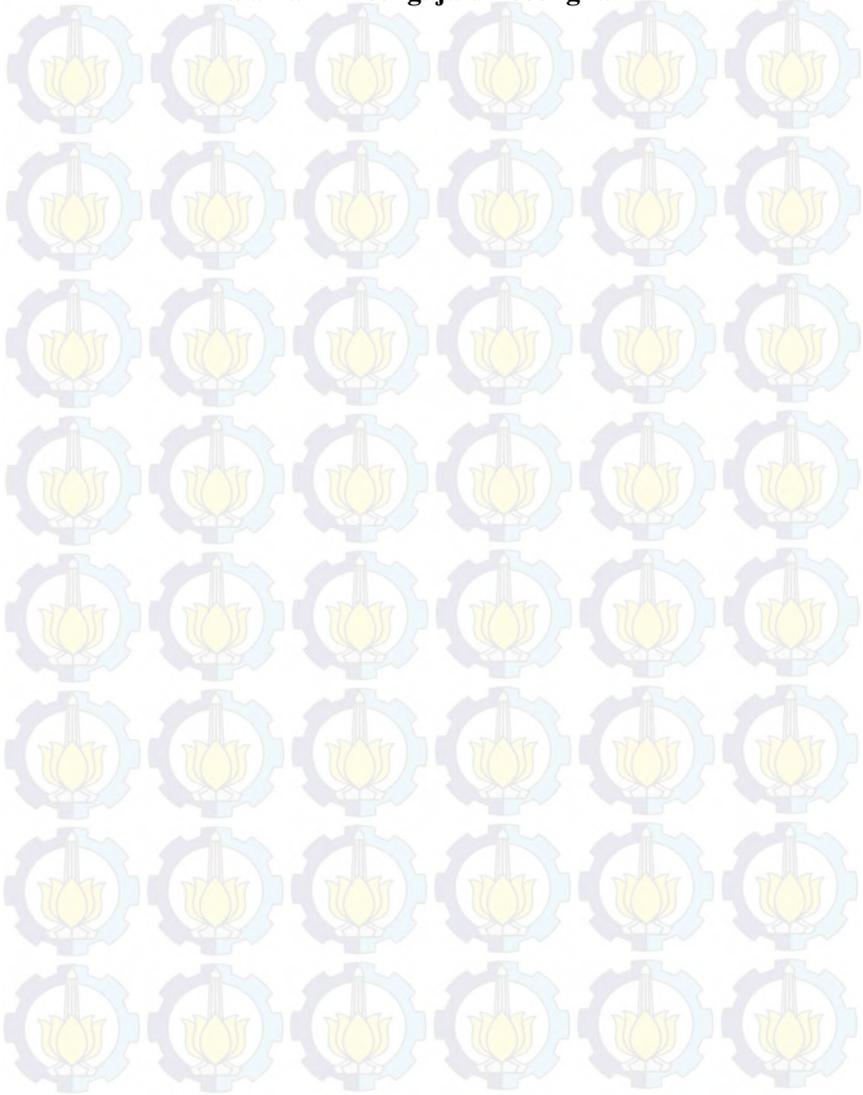
1. Membandingkan lama pembakaran dua generasi kompor bioetanol dari bioetanol sari buah semu jambu mete;
2. Membandingkan tingkat kecepatan titik didih dua generasi kompor bioetanol dari bioetanol sari buah semu jambu mete.

## 1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini yaitu :

1. Memperoleh informasi tentang pembuatan bioetanol dari sari buah semu jambu mete (*Anacardium occidentale L.*);
2. Mengetahui kompor bioetanol yang efektif dan efisien digunakan ibu-ibu rumah tangga;
3. Meningkatkan nilai tambah dari sari buah semu jambu mete menjadi bioetanol dapat dimanfaatkan sebagai salah satu bahan bakar alternatif;
4. Membantu menyelesaikan masalah ketergantungan bahan bakar dari minyak bumi yang ketersediaannya di alam semakin berkurang.

**“ Halaman ini sengaja dikosongkan”**



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Bioetanol**

Etanol yang berbahan dasar tumbuhan biasa disebut bioetanol (Kasim dkk., 2013). Bioetanol dapat diproduksi secara lokal dari bahan yang mengandung gula, pati, dan selulosa (Mathur, 1988). Bahan baku masing-masing berbeda cara pengolahannya untuk dijadikan bioetanol (Azizah dkk., 2012). Tahap inti produksi bioetanol adalah fermentasi gula, baik yang berupa glukosa, sukrosa, maupun fruktosa oleh khamir (Prihardana, 2007).

Berdasarkan jenis bahan baku yang digunakan, biofuel umumnya diklasifikasikan menjadi “Bahan bakar generasi pertama” dan “Bahan bakar generasi kedua” (Nigam & Singh, 2010). Bioetanol dari gula dan pati termasuk generasi pertama dan biomassa lignoselulosa dianggap generasi kedua (Chiaromonti, 2007). Di Indonesia bahan baku yang berpotensi dijadikan bioethanol yaitu rumput Alang-alang (Kartikasari dkk., 2013), sampah sayuran (Kusumaningati dkk., 2013), dan buah semu jambu mete (Reisendy dkk., 2014).

Alang-alang mengandung  $\alpha$ -selulosa 40,22%, holoselulosa 59,62%, hemiselulosa (pentosan) 18,40%, dan lignin 31,29% (Brodeur *et al.*, 2011). Dalam penelitian Agustina dkk. (2015) Alang-alang mampu hasilkan etanol hingga kadar 93%. Sampah buah dan sayur dari pasar tradisional mampu hasilkan etanol 9,3% setelah fermentasi (Kusumaningati dkk., 2013).

Bioetanol diakui sebagai energi terbarukan yang penting untuk industry modern. Bioetanol dapat digunakan sebagai pengganti bensin atau digunakan sebagai bahan bakar lainnya (Yang *et al.*, 2012). Bioetanol paling banyak dan sangat penting untuk di produksi yaitu di Negara Brazil, USA, dan Kanada (Chiaromonti, 2007). Bioetanol dapat mengurangi emisi gas rumah kaca, mengurangi kadar CO<sub>2</sub> di atmosfer, tidak beracun, mengalami biodegradasi, dan polutan yang dihasilkan lebih sedikit dibanding minyak bumi (Champagne, 2007).

Menurut Ghanim (2013) tingkat kemurnian (*grade*) bioetanol berbeda-beda berdasarkan kegunaannya. Pada umumnya dibagi menjadi 3 yaitu:

1. Kadar 90-96% adalah bioetanol yang digunakan pada industry
2. Kadar 96-99,5% adalah bioetanol yang digunakan sebagai campuran minuman beralkohol dan bahan dasar industry farmasi
3. Kadar 99,5-100% adalah bioetanol yang digunakan sebagai bahan campuran bahan bakar untuk kendaraan.

Nurhatika, S & Arifyanto (2014) menjelaskan beberapa keunggulan dari penggunaan Bioetanol sebagai bahan bakar, diantaranya :

1. Bioetanol diperoleh dengan fermentasi baik buatan maupun alami (Becker, 2006), sedangkan minyak tanah tidak;
2. Api yang dihasilkan dari bioetanol dapat dimatikan dengan cara disiram air, sedangkan api dari minyak tanah akan bertambah besar jika disiram air;
3. Bahan bioetanol mudah didaur ulang (Ahmed *et al.*, 2012);
4. Jauh lebih ramah lingkungan (Ahmed *et al.*, 2012);
5. Lebih murah daripada minyak tanah; 1 liter bioetanol = 3 liter minyak tanah;
6. Api berwarna biru tidak menghasilkan karbon hitam.

### 2.1.1 Sifat Etanol

Etanol dapat digunakan sebagai bahan campuran bensin (gasolin) yang kemudian dinamakan gasohol, dan juga dapat digunakan secara langsung sebagai bahan bakar (McKetta & Cuningham, 1983).

Etanol mempunyai empat karakteristik yang sesuai sebagai bahan bakar yaitu: bentuknya cairan sehingga mudah bergerak, nilai kalor 2/3 nilai kalor gasolin, dapat dicampurkan sampai 10% pada bensin untuk meningkatkan angka oktan (Bailey, 1986).

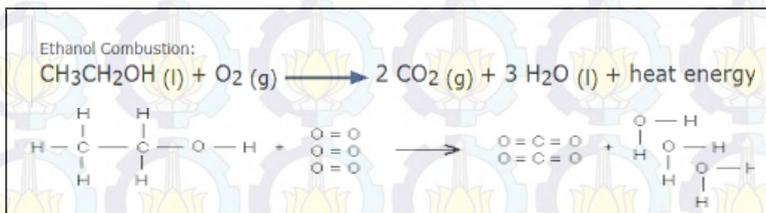
Tabel 2.1. Sifat fisik Etanol

Keterangan	Nilai
Titik didih normal <sup>0</sup> C, 1 atm	+78,32

Suhu kritis	243,1
Tekanan kritis, kPa	6383,48
Volume kritis, L/mol	0,167
Densitas g/ml	0,7893
Viskositas pada 20 <sup>0</sup> C	1,17
Kelarutan dalam air pada 20 <sup>0</sup> C	Saling larut
Autoignition temperature <sup>0</sup> C	793,0
Titik nyala <sup>0</sup> C	14

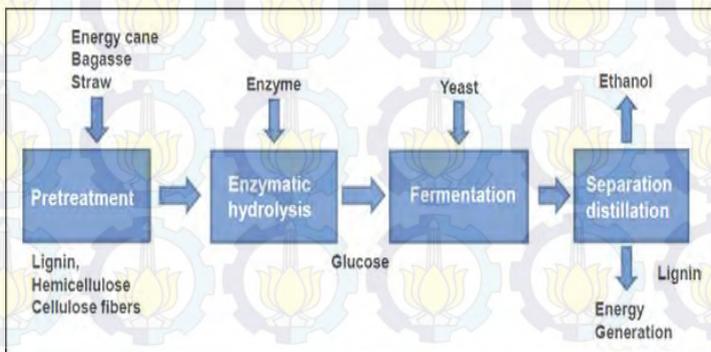
(Kirk & othmer 1951).

Bioetanol merupakan bahan yang sifatnya mudah menguap, uap inilah yang kemudian dibakar. Semakin tinggi kadar bioetanol akan semakin lama waktu pembakaran karena uap yang dihasilkan tidak cepat habis. Berikut ini merupakan reaksi pembakaran etanol (Gambar 2.1) :



Gambar 2.1. Reaksi pembakaran etanol (kcpc, 2001)

### 2.1.2 Proses Bioetanol



Gambar 2.2 Proses pembuatan bioetanol (Yokogawa, 2014)

Hidrolisis adalah suatu proses antara reaktan dengan air agar suatu senyawa terurai. Reaksi Hidrolisis:



Faktor-faktor yang berpengaruh pada hidrolisis antara lain :

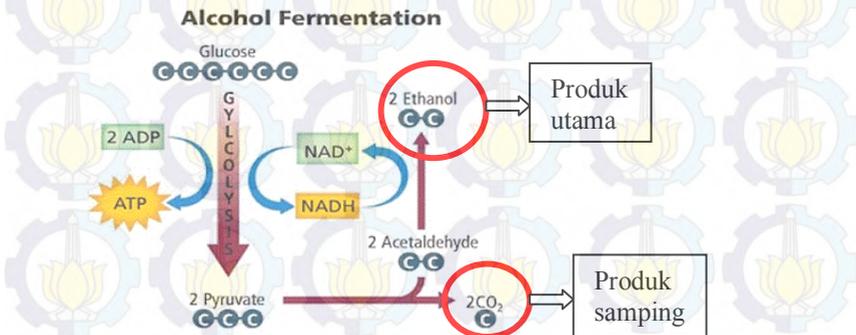
- a. **Suhu.** Semakin tinggi suhu, reaksi juga semakin cepat. Apabila suhu tinggi konversi akan menurun.
- b. **Waktu.** Semakin lama waktu hidrolisis, konversi yang dicapai semakin besar.
- c. **Konsentrasi katalisator.** Penambahan katalisator bertujuan memperbesar kecepatan reaksi. Jadi semakin banyak jumlah katalisator yang dipakai makin cepat reaksi hidrolisis.
- e. **Kadar suspensi pati.** Perbandingan antara air dan pati yang tepat akan membuat reaksi hidrolisis berjalan cepat.

(Groggins,1992).

#### ✚ Fermentasi

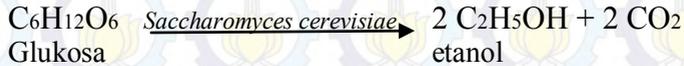
Fermentasi etanol adalah proses biologis di mana bahan organik diubah oleh mikroorganismenya membentuk senyawa sederhana, seperti gula. Fermentasi pati lebih kompleks daripada fermentasi gula karena pati terlebih dahulu harus dikonversi menjadi gula dan kemudian menjadi etanol (Lin & Tanaka, 2006).

Reaksi fermentasi alkohol yang menghasilkan produk samping  $CO_2$  (indikasi berhasilnya fermentasi) dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut:



Gambar 2.3 Reaksi fermentasi alkohol menghasilkan produk samping  $CO_2$  (Mulanovich, 2014).

Fermentasi gula oleh khamir, misalnya *Saccharomyces cerevisiae* dapat menghasilkan etil alkohol (etanol) dan CO<sub>2</sub> melalui reaksi sebagai berikut:



(Winarno, 1984).

Faktor-faktor yang mempengaruhi fermentasi adalah:

**a. pH.** Yeast memiliki pH optimum berkisar antara 4-4,5. Pada pH 3 atau rendah, fermentasi alkohol akan berjalan dengan lambat (Volk, 1993).

**b. Mikroba.** Berbagai macam mikroba dapat digunakan untuk proses fermentasi salah satunya yeast. Yeast dapat berbentuk bahan murni pada media agar atau dalam bentuk *dry yeast* yang diawetkan (Winarno, 1984).

**c. Nutrisi.** Nutrien yang dibutuhkan digolongkan menjadi dua yaitu nutrien makro dan nutrien mikro. Nutrien makro meliputi unsur C, N, P, K. Unsur C didapat dari substrat yang mengandung karbohidrat, unsur N didapat dari penambahan urea, sedang unsur P dan K dari pupuk NPK (Halimatuddahlia, 2004). Unsur mikro meliputi vitamin dan mineral-mineral lain yang disebut *trace element* seperti Ca, Mg, Na, S, Cl, Fe, Mn, Cu, Co, Bo, Zn, Mo, dan Al (Jutono, 1972).

**d. Temperatur.** Temperatur optimal untuk yeast antara 25-30°C dan temperatur maksimal antara 35-47°C (Fardiaz, 1988).

**e. Oksigen.** Ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) akan tumbuh lebih baik pada keadaan aerobik, tetapi akan melakukan fermentasi terhadap gula jauh lebih cepat pada keadaan anaerobik (Winarno, 1984).

#### ✚ Destilasi

Bioetanol yang dihasilkan dari proses fermentasi masih mengandung gas CO<sub>2</sub> (yang ditimbulkan dari perubahan glukosa menjadi bioetanol) dan aldehid. Kadar bioetanol dari proses fermentasi, biasanya mencapai 8 sampai 10 %, sehingga untuk memperoleh etanol yang murni diperlukan proses destilasi (Wasito, 1981).

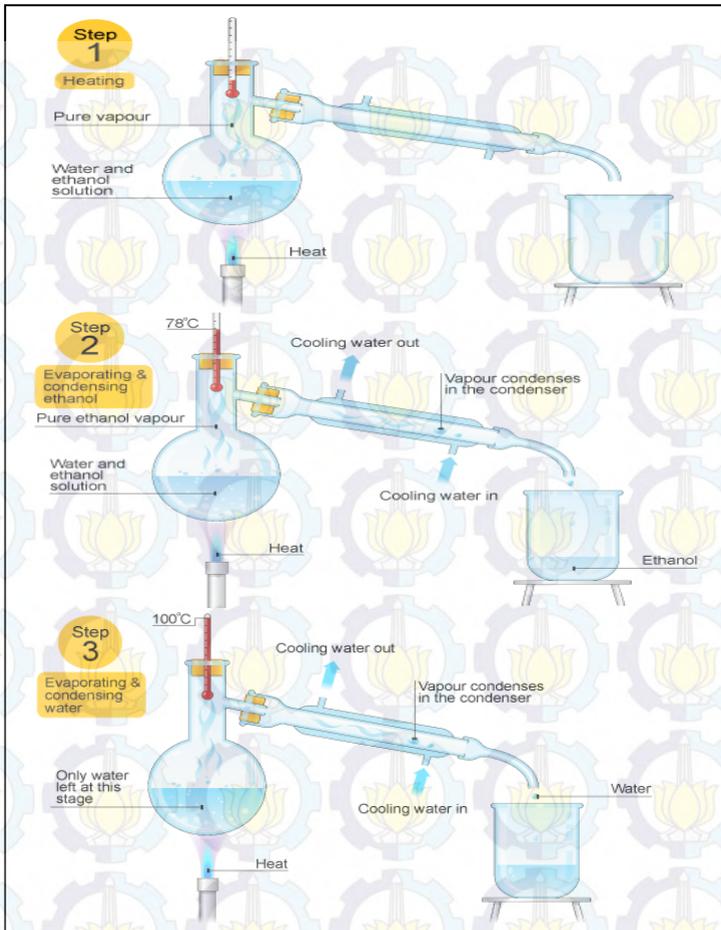
Destilasi adalah proses penguapan dan pengembunan kembali untuk memisahkan campuran dua atau lebih zat cair ke dalam fraksi-fraksinya berdasarkan perbedaan titik didihnya. Proses destilasi diperlukan pada pembuatan bioetanol agar kadar alkohol yang diperoleh menjadi lebih dari 95% dan dapat dipergunakan sebagai bahan bakar (Bustaman, 2008).

Ketika destilasi, fase uap akan segera terbentuk setelah larutan dipanaskan. Uap dan cairan dibiarkan mengadakan kontak sehingga dalam waktu yang cukup semua komponen yang ada dalam larutan akan terdistribusi dalam fase uap membentuk distilat (Brown, 2007).

Titik didih etanol murni adalah  $78^{\circ}\text{C}$  sedangkan air  $100^{\circ}\text{C}$ , pemanasan larutan pada rentang suhu  $78 - 100^{\circ}\text{C}$  akan mengakibatkan sebagian besar alkohol menguap, maka perlu dilakukan proses destilasi melalui unit kondensasi sehingga akan dihasilkan etanol berkonsentrasi 95% (Bustaman, 2008).

Menurut Winkle (1967) terdapat beberapa macam destilasi :

1. **Destilasi sederhana**, memisahkan dua atau lebih komponen cairan berdasarkan perbedaan titik didih yang berbeda jauh.
2. **Destilasi Fraksional**, memiliki kondensor, untuk memisahkan komponen yang memiliki perbedaan titik didih yang berdekatan.
3. **Destilasi Azeotrop**, memisahkan campuran azeotrop (campuran dua atau lebih komponen yang sulit dipisahkan), pada prosesnya digunakan senyawa dapat memisahkan ikatan azeotrop tersebut, atau dengan tekanan tinggi.
4. **Destilasi kering**, memanaskan fasa padat untuk mendapatkan fasa uap dan cairnya.
5. **Destilasi vakum**, memisahkan dua komponen yang titik didihnya sangat tinggi dengan menggunakan metode menurunkan tekanan permukaan lebih dari 1 atm.



Gambar 2.4 Proses destilasi (Mcintosh, 2014).

## 2.2 Kompor Bioetanol

Kompor etanol atau kompor alkohol sudah lama dipakai 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 kemudian dibakar. Sistem yang lain, etanol mengalir melalui sumbu dan kemudian dibakar. Beberapa pengembangan kompor sistem gravitasi dimana etanol diletakkan di atas dan kemudian mengalir ke burner dan dibakar juga sudah dikembangkan (Suyitno dkk., 2009).

Menurut Stokes (2004) dalam proyek GAIA Ethiopia, kompor etanol bersih apabila digunakan, yaitu tidak menghasilkan banyak asap, tidak mengandung banyak karbon sehingga alat pemasak tidak menghitam. Kompor etanol dapat digunakan hingga kurun waktu 10-15 tahun.

Maddestra (1975) telah menemukan konstruksi burner alkohol (*alcohol burner construction*), terdiri dari botol berisi alkohol yang dibagian atasnya dilubangi dan diberi sumbu. Botol dilindungi dengan sepasang pelindung yang terbuat dari metal. Pelindung metal ini juga sekaligus berfungsi sebagai penampung panas dari burner. Kompor ini juga sudah dilengkapi dengan gasket sumbu yang mampu mencegah uap merembes keluar.

Johnston (1979) menemukan kompor untuk memasak (*cooking stove*). Kompor ini terdiri dari luasan pembakaran yang sebagian dilindungi 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 memperkecil 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* (2007) melakukan penelitian di India tentang kompor etanol kadar 50% dengan tekanan 50–150 kPa. Penelitian kompor etanol bertekanan ini menghasilkan efisiensi sekitar 44% - 46%. Biaya operasional dengan menggunakan kompor etanol

jenis ini adalah lebih rendah dari biaya operasional kompor LPG dan kompor minyak tanah.



Gambar 2.5 Kompor Etanol Bertekanan (Anil K. R ajvanshi, S.M. Patil dan B. Mendonca, 2007).

Di Kenya ada dua kompor etanol yang dikembangkan yaitu kompor Moto Poa dan kompor Moto Safi, kompor Moto Poa berbentuk persegi panjang, dengan burner baja ringan tunggal atau ganda sedangkan Moto Safi berbentuk melingkar, burner terbuat dari stainless steel untuk mencegah karat (Oketch *et al.*, 2014).

Beberapa keunggulan menggunakan kompor bioetanol dikemukakan oleh Robinson (2006), yaitu :

- ✚ 100 cc bioetanol dapat digunakan untuk memasak selama 40 menit;
- ✚ Api berwarna biru sehingga tidak menghanguskan alat masak;
- ✚ Bahan bakar dari bioetanol tidak berbau;
- ✚ Kompor tidak mudah meledak;
- ✚ Mudah dipadamkan dengan air.

Di Indonesia sendiri telah dikembangkan kompor bioetanol hingga generasi keempat

- ✚ Kompor generasi I, memiliki kapasitas tangki 250 ml dan habis digunakan memasak selama 1 jam. Kelemahannya apabila bioetanol habis ditengah memasak, saat diisi ulang,

ketika dinyalakan kompor akan meletup karena uap bioetanol naik;

- ✚ Kompor generasi II, memiliki kapasitas tangki 1000 ml dapat digunakan memasak selama 5 jam. Kelemahannya apabila berkarat aliran bioetanol ke burner akan terhambat dan besar kecil api sulit diatur;
- ✚ Kompor generasi III, menggunakan jerigen sebagai tangki dan dihuungkan dengan selang, 1 liter bioetanol akan habis selama 5 jam. Kelemahannya ketika panas selang mengendor sehingga bioetanol merembes, jerigen digunakan dengan posisi menggantung. Masalah ini dapat diatasi dengan menggunakan selang plastic yang tahan panas hingga 200<sup>0</sup>C, tangki galvanum burner dan pipa aliran dari stainless steel;
- ✚ Kompor generasi IV, berkapasitas tangki 1500 ml, yang dapat digunakan selama 6 jam. Kelemahannya ketika panas bioetanol banyak mengalir, pengaturan besar kecil api dengan engkol beresiko kompor terbakar karena bioetanol meluap. Solusi permasalahan ini adalah memasang kran antara tangki dan burner sehingga aliran bioetanol dapat dikendalikan.

(Sumasroh, 2013).



A



B



Gambar 2.6. (A) Kompor bioetanol generasi ke-1; (B) Kompor bioetanol generasi ke-2; (C) Kompor bioetanol generasi ke-3; (D) Kompor bioetanol Generasi ke-4 (Dokumen pribadi 2015).

### 2.3 Jambu Mete (*Anacardium occidentale L.*)

Jambu mete (*Anacardium occidentale L.*) termasuk tumbuhan berkeping biji dua (Dikotil). Jambu mete mempunyai batang pohon yang tidak rata dan berwarna coklat tua (Hidayat, 1995).

Jambu mete (*Anacardium occidentale L.*) mampu tumbuh pada suhu 21-280C, pH 4,3-8,7 dan kelembaban relatif 65-80%. Jambu mete tumbuh pada iklim tropis dan hujan tropis, tahan terhadap tanah kering, tetapi tidak toleran pada tanah dengan salinitas tinggi (Duke, 1983).

Jambu mete mempunyai puluhan varietas, diantaranya ada yang berkulit putih, merah, merah muda, kuning, hijau kekuningan dan hijau (Liptan, 1999). Jenis tanah paling cocok untuk jambu mete adalah tanah berpasir, tanah lempung berpasir dan tanah ringan berpasir (Dalimartha, 2000).

Berikut ini adalah klasifikasi Jambu mete (*Anacardium occidentale L.*):

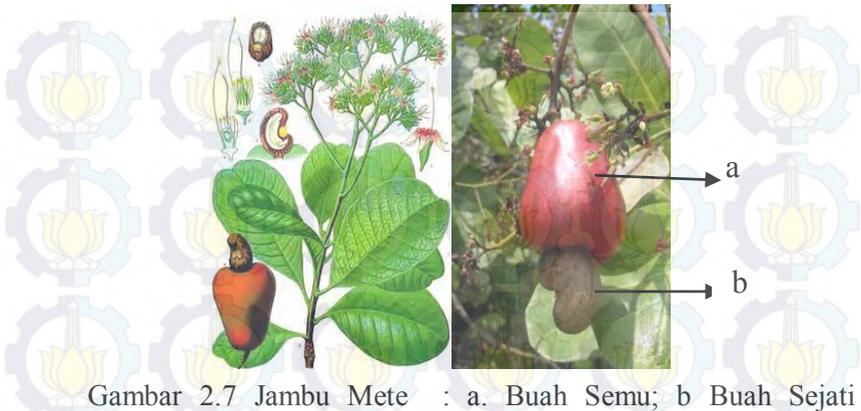
Regnum : Plantae (Tumbuhan)

Subregnum	: Tracheobionta (Tumb. berpembuluh)
Super Divisio	: Spermatophyta (Menghasilkan biji)
Divisio	: Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)
Classis	: Magnoliopsida (berkeping dua / dikotil)
Subclassis	: Rosidae
Ordo	: Sapindales
Familia	: Anacardiaceae
Genus	: Anacardium
Species	: <i>Anacardium occidentale L.</i> (Schöpke, 1887).

Varietas jambu mete di Indonesia umumnya dikenal berdasarkan warna buah semunya. Warna buah semu jambu mete terdiri dari buah semu warna merah, kuning dan jingga, warna jingga diduga berasal dari penyerbukan alamiah antara tanaman dengan buah semu warna merah dan kuning, morfologi tanaman sebagai berikut :

1. **Akar.** Memiliki akar tunggang hingga mencapai 5 m dan akar serabut menyebar secara horisontal.
2. **Batang.** Batang sejati, berkayu dan keras. Tumbuh hingga ketinggian 10 – 15 m.
3. **Daun.** Daun tunggal, tumbuh pada cabang dan ranting secara selang seling, bentuk daun bulat panjang hingga oval dan membulat atau meruncing pada ujung daun. Panjang daun mencapai 10 – 20 cm, lebar daun 5 – 10 cm, panjang tangkai daun 0,5 – 1 m, tulang-tulang daun menyirip. Daun muda berwarna coklat kemerahan hingga pucat sedangkan daun tua berwarna hijau gelap.
4. **Bunga.** Tumbuh pada ujung tunas / ranting, bunga majemuk, hermaphrodit. Berbunga sepanjang tahun ketika berumur 3 – 5 tahun.
5. **Buah.** Jambu mete terdiri dari 2 bagian : buah sejati (biji mete) dan buah semu (tangkai buah yang membengkak mirip jambu air). Ukuran panjang 2,5 – 3,5 cm, lebar ± 2 cm tebal kulit 1 – 1,5 mm, berat rata-rata 5 – 6 gr.

(Yuniarti, 2008).



Gambar 2.7 Jambu Mete : a. Buah Semu; b Buah Sejati

Berdasarkan data lapang setiap kilogram biji mete berisi  $\pm$  300 butir, dimana 1 kg buah semu didapat dari 20 buah jambu mete, maka dari pengolahan setiap kilogram mete akan diperoleh 15 kg buah semu mete (Sumangat dkk., 1990). Oleh karena itu dari 140.573 ton biji mete akan diperoleh buah semu mete sebanyak 2.108.595 ton. Jumlah buah semu mete sebanyak itu, diperkirakan paling banyak baru 40% saja yang sudah dimanfaatkan menjadi berbagai macam produk diversifikasi, sedangkan sisanya 60% atau sebanyak 1.265.157 ton merupakan limbah yang terbuang tidak termanfaatkan (Gunawan dkk., 2001).

Kediri memiliki luas wilayah sekitar 138.605 ha dengan luas lahan sawah 48.631ha dan sekitar 89.974 ha merupakan lahan tegalan dan kebun campuran (Sulastri dkk., 1999).

Sektor unggulan di Kediri salah satunya adalah perkebunan. Hasil perkebunan di Kediri antara lain tebu, kopi, kelapa, kapuk, dan Jambu mete. Jambu mete merupakan salah satu dari beberapa jenis tanaman yang mampu bertahan terhadap gejala kondisi agroekologi setempat. Pohonnya dapat berfungsi sebagai rambatan bagi tanaman merambat lainnya. Tempat penghasil Jambu mete terbesar di Kediri ditunjukkan pada table 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Sentra produksi Jambu mete di Kediri

Kecamatan	Luas areal (ha)	Total Produksi (ton)
Ploso Klaten	306,67	228,300
Tarokan	56,56	27,900
Kepung	16,58	5,600
Mojo	15,51	5,200
Pare	13,29	4,700
Grogol	8,33	3,600
Kunjang	5,59	3,400
Semen	9,32	3,250

(Sulastris dkk., 1999).

Pengolahan Jambu mete di Kediri masih tergolong kurang. Pengolahan industri makanan hanya buah sejati jambu metelah yang diolah untuk dijadikan kacang mete atau mentor, sedangkan buah semunya dijual keluar daerah seperti Jombang (Harjafu, 2015).

Sebuah langkah strategis bila buah semu mete tersebut diolah menjadi produk etanol, suatu senyawa kimia penting yang mempunyai nilai ekonomis tinggi, karena selain sebagai BBN (Bahan Bakar Nabati), etanol merupakan salah satu senyawa kimia yang memiliki manfaat yang sangat luas antara lain sebagai pelarut, bahan desinfektan, bahan baku dalam industri farmasi dan sebagainya (Gunawan dkk., 2001).

### 2.3.2 Manfaat Jambu Mete (*Anacardium occidentale L.*)

Beberapa manfaat dan khasiat dari tanaman jambu mete dapat dilihat pada table 23 berikut :

Tabel 2.3 Manfaat Tanaman Jambu mete (*Anacardium occidentale L.*)

No	Bagian Tanaman	Manfaat
1	Kulit kayu	pencahar, astringen, dan memacu

		aktivitas enzim pencernaan, industri batik.
2	Batang kayu	bahan bangunan, peralatan rumah tangga, dan kerajinan tangan.
3	Daun	antiradang dan penurun kadar glukosa darah (hipoglemik), daun muda bisa dimakan sebagai lalap.
4	Tangkai daun	sebagai pengelat.
5	Buah semu	bisa dimakan sebagai rujak.
6	Buah sejati	pelembut kulit dan penghilang nyeri (analgesik), makanan dengan nilai ekonomis tinggi yang disebut kacang mete.
7	Kulit biji (buah sejati)	<i>Cashew Nut Shell Liquid (CNSL)</i> digunakan untuk bahan pelumas, insektisida, pernis, plastik.
8	Akar	sebagai pencahar (laksatif).

(Dalimartha, 2000).

### 2.3.3 Potensi Buah Semu Jambu Mete Sebagai Bioetanol

Menurut analisa Direktorat Gizi Departemen Kesehatan Republik Indonesia dalam tiap 100 gr buah semu terkandung; 64 kalori; 0,7 gr protein; 0,6 gr lemak; 15,8 gr karbohidrat; 4,0 mg kalsium; 13,0 mg pospor; 0,5 mg besi; vitamin A; 0,02 mg vitamin B; 197,0 mg vitamin C dan 82,6 gr air. Kandungan air buah semu jambu mete sebagai berikut: 88% air; 0,2% protein; 0,1% lemak; dan 11,5% karbohidrat, atau 7-9% kadar gula; 11,7% padatan larut dan 0,5% tanin (Muljohardjo, 1983).

Hermawan dkk. (2005) mengemukakan bahwa buah semu jambu mete mengandung karbohidrat sebanyak 15,8 gram per 100 gram buah semu. Witjaksono dkk. (2005) juga menyatakan bahwa dalam buah semu mete mengandung karbohidrat, sebagian besar terdiri dari gula reduksi dengan kandungan yang berkisar 6,7–12,6%. Kandungan karbohidrat pada buah semu jambu mete, cukup potensial untuk diolah menjadi etanol yang bernilai ekonomis tinggi.

Pembuatan etanol dari buah semu jambu mete dapat dilakukan dengan metode fermentasi, dimana pada tahap pertama

karbohidrat pada buah semu diubah menjadi glukosa melalui proses hidrolisa, selanjutnya glukosa difermentasi oleh ragi *Saccharomyces cerevisiae* untuk menghasilkan etanol (Jumari dkk., 2009).

Tabel 2.4 Kandungan Organik Jambu Mete

No	Unsur Gizi	Kadar /100 g bahan
1	Air (g)	82,5
2	Protein (g)	0,7
3	Lemak (g)	0,6
4	Karbohidrat (g)	15,9
5	Mineral (g)	0,3
6	Kalsium (mg)	4
7	Fosfor (mg)	13
8	Besi (mg)	0,5
9	Vitamin A (mcg)	15
10	Vitamin B (mcg)	0,02
11	Vitamin C (mg)	197
12	Gula dalam sari buah (g/lt)	139,5-166,7

Berikut ini merupakan kandungan karbohidrat dari buah semu jambu mete :

Tabel 2.5 Kandungan karbohidrat dalam sari buah semu jambu

Constituents	Magnitude
Total sugar	168,53 g/L
Glucose	65,36 g/L
Fructose	95,23 g/L
Sucrose	4,80 g/L

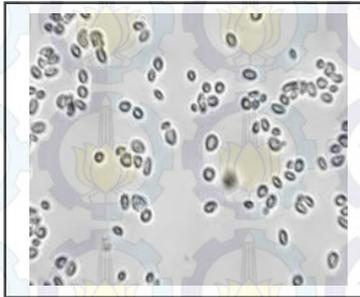
(Hossain & Anatharaman, 2014).

#### 2.4 *Saccharomyces cerevisiae*

Bioetanol dihasilkan melalui proses fermentasi gula sederhana dengan bantuan mikroorganisme. Mikroorganisme utama yang digunakan dalam fermentasi etanol adalah khamir (Walker *et al.*, 2010).

*Saccharomyces cerevisiae* merupakan mikrobia fakultatif aerob yang dapat menggunakan baik sistem aerob maupun anaerob untuk memperoleh energi dari proses pemecahan glukosa, tahan terhadap kadar gula yang tinggi dan tetap aktif melakukan aktifitasnya pada suhu 28 - 32°C (Kartika, 1992).

Berikut merupakan morfologi dari sel *Saccharomyces cerevisiae* :



Gambar 2.8. Morfologi *Saccharomyces cerevisiae* (Konig, 2009)

*Saccharomyces cerevisiae* adalah mikroorganisme bersel tunggal dengan ukuran antara 5 sampai 20 mikron dan berbentuk bola atau telur. *Saccharomyces cerevisiae* tidak bergerak karena tidak memiliki struktur tambahan di bagian luarnya seperti flagella (Prescott & Dunn, 1959). Khamir ini bersifat non-patogenik dan non-toksik sehingga banyak digunakan dalam berbagai proses fermentasi seperti pembuatan roti dan alkohol (Buckle dkk., 2007).

Klasifikasi *Saccharomyces cerevisiae* adalah sebagai berikut:

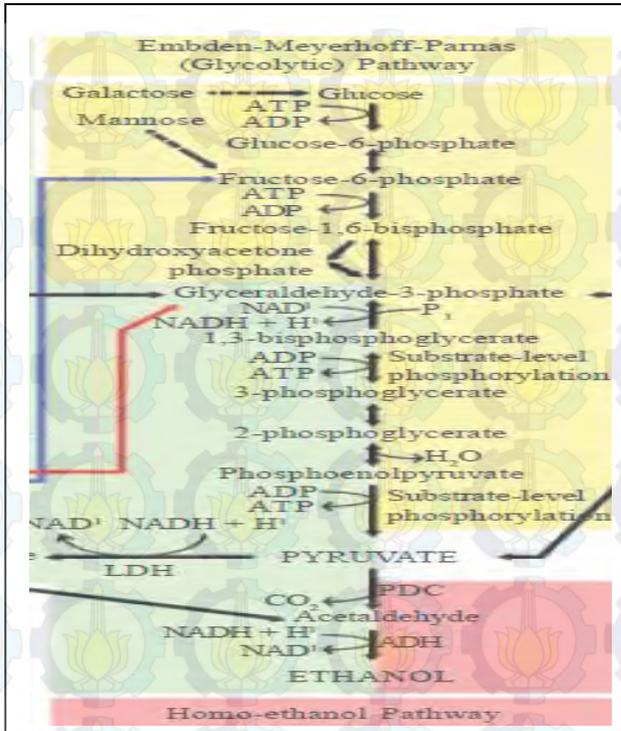
Kerajaan	: Fungi
Filum	: Ascomycota
Kelas	: Saccharomycetes
Bangsa	: Saccharomycetales
Suku	: Saccharomycetaceae
Marga	: Saccharomyces
Spesies	: <i>Saccharomyces cerevisiae</i>

Yarow (1984).

Menurut Drapcho *et al.* (2008) *S. cerevisiae* merupakan mikroorganisme universal untuk memproduksi bioetanol menggunakan pati, dan bahan baku gula. Gula yang dapat diurai melalui metabolisme *S. cerevisiae* yaitu glukosa, fruktosa, mannose, galaktosa, sukrosa, maltose dan maltotriosa. *S. cerevisiae* dapat memproduksi etanol dalam jumlah besar dan mempunyai toleransi yang relatif tinggi terhadap etanol (Harrison & Graham, 1970). Azizah dkk., (2012) juga menyatakan bahwa kelebihan *S. cerevisiae* dalam proses fermentasi yaitu mikroorganisme ini cepat berkembang biak, tahan terhadap kadar alkohol yang tinggi, mempunyai sifat stabil dan cepat mengadakan adaptasi, serta lebih mudah didapat.

Industri fermentasi, ragi terpapar terhadap berbagai faktor lingkungan seperti konsentrasi gula, konsentrasi etanol, sumber nitrogen, pH, dan tekanan osmosis yang menyebabkan terjadinya berbagai cekaman (Gibson *et al.*, 2007).

Kondisi pertumbuhan optimum *S. cereviceae* untuk menghasilkan yield dari etanol adalah pada temperature 25 -30°C dan pH 5-6 (Fakruddin *et al.*, 2012). Ragi memerlukan sumber karbon, nitrogen, mineral, dan vitamin (Bamforth, 2005). Kombinasi nutrien ini diformulasikan dalam media fermentasi untuk mendukung pertumbuhan dan viabilitas sel ragi. Ragi dari genus *Saccharomyces* mampu memanfaatkan berbagai gula dengan jumlah enam atom karbon sebagai sumber karbon dan energi (Carlson, 1987). Galur ragi umumnya mempunyai ketahanan terhadap konsentrasi glukosa sampai 22% (b/v) (Atkinson & Mavituna, 1983).



Gambar 2.9 Siklus Metabolisme Etanol oleh *Saccharomyces cerevisiae* (Ingram *et al.*, 1999).

Toleransi beberapa mikrobia terhadap kadar alkohol dapat dilihat pada tabel 2.5

Tabel 2.6 Hasil Fermentasi Didestilasi dan Kadar Alkohol

Nama Yeast	Toleransi alcohol (%berat alcohol)
<i>Saccharomyces Cereviciae</i> <i>Hansen</i>	5,79-11,58

<i>Saccharomyces Cereviciae</i> <i>Hansen Rasse XII</i>	8,68
<i>Saccharomyces Cereviciae</i> <i>Hansen Rasse M</i>	10,61
<i>Zygosaccharomyces soja B</i>	4,82
<i>Zygosaccharomyces mellacei</i> <i>Jorgenson</i>	7,72
<i>Saccharomyces Ellipsoides</i> <i>Hansen</i>	9,65
<i>Schizosaccharomyces pombe</i>	8,68

(Rahman, 1992).

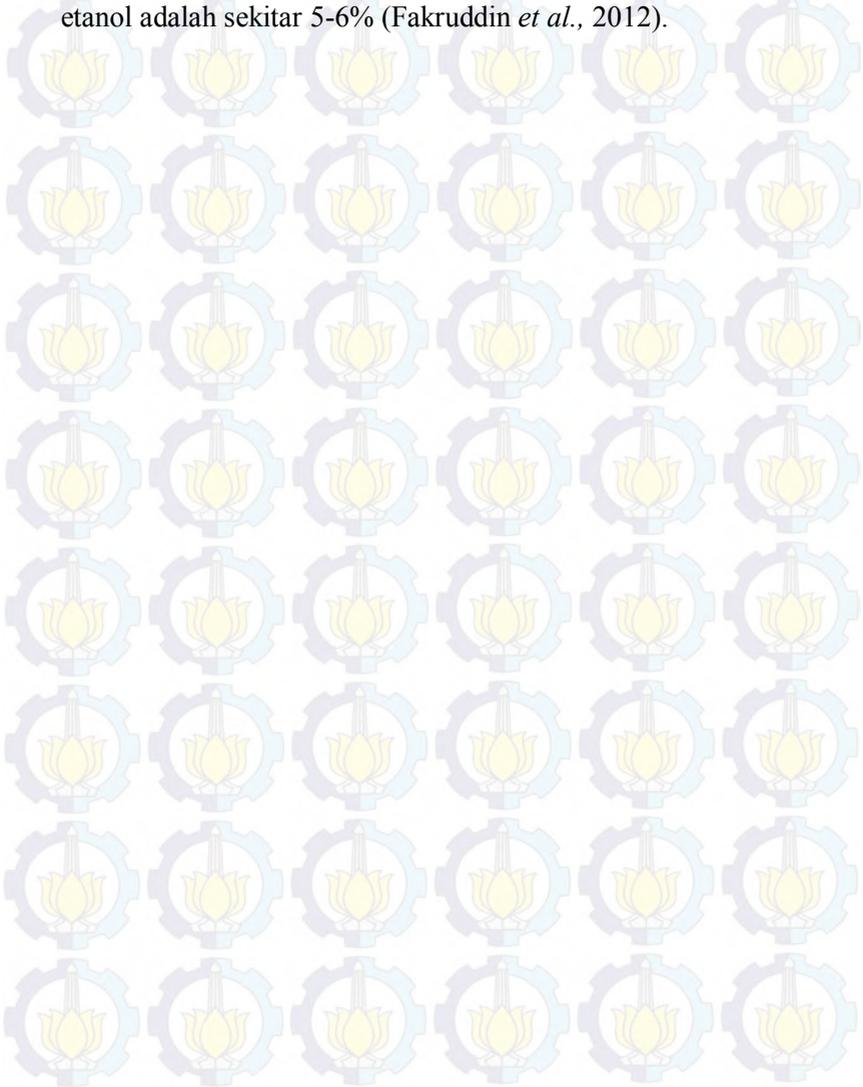
## 2.5 Gula Reduksi

Gula reduksi adalah gula yang mempunyai kemampuan untuk mereduksi. Hal ini dikarenakan adanya gugus aldehid atau keton bebas. Contoh gula yang termasuk gula reduksi adalah glukosa, manosa, fruktosa, laktosa, maltosa, dan lain-lain. Sifat pereduksi dari suatu gula ditentukan oleh ada tidaknya gugus hidroksil bebas yang reaktif. Prinsip analisisnya berdasarkan pada monosakarida yang memiliki kemampuan untuk mereduksi suatu senyawa. Adanya polimerisasi monosakarida mempengaruhi sifat mereduksinya (Baedhowie, 1982).

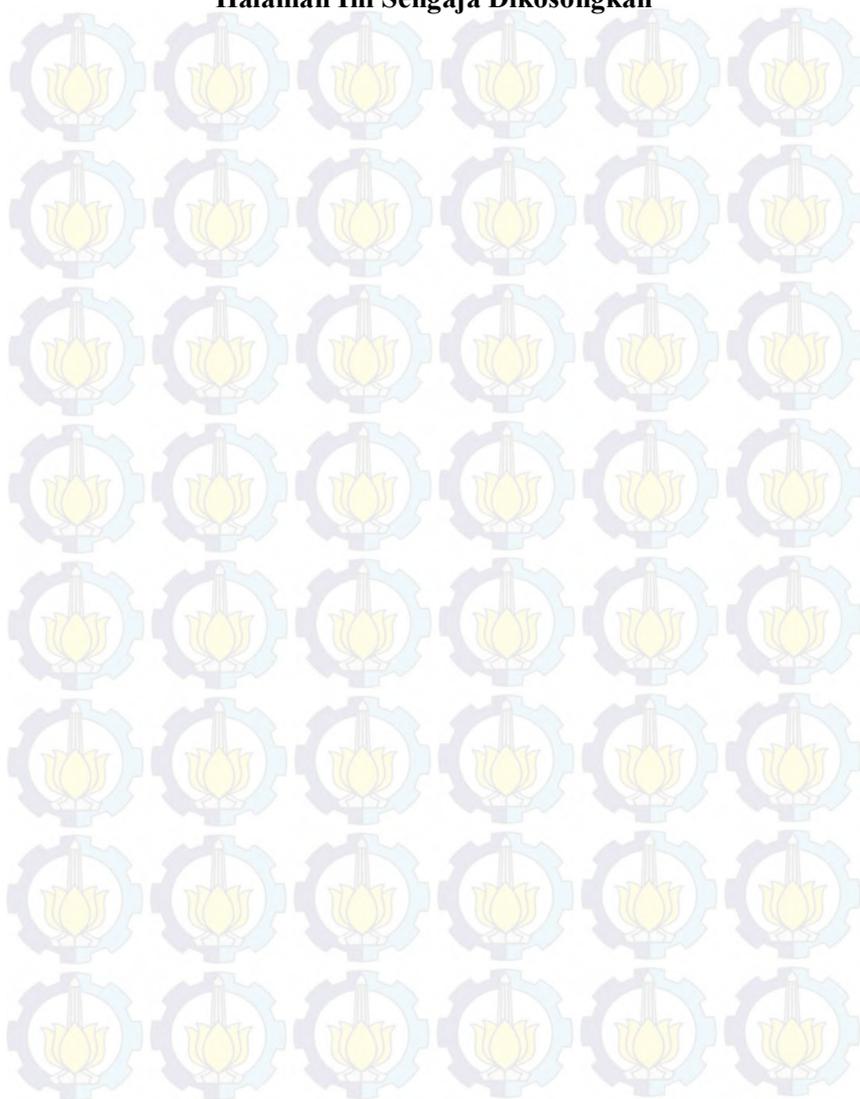
Salah satu contoh dari gula reduksi adalah galaktosa. Galaktosa merupakan gula yang tidak ditemui di alam bebas, tetapi merupakan hasil hidrolisis dari gula susu (laktosa) melalui proses metabolisme akan diolah menjadi glukosa yang dapat memasuki siklus kreb's untuk diproses menjadi energi (Budiyanto,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

Data pada beberapa percobaan fermentasi menunjukkan bahwa konsentrasi gula reduksi yang baik untuk memproduksi etanol adalah sekitar 5-6% (Fakruddin *et al.*, 2012).



**“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”**



## **BAB III METODOLOGI**

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

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober hingga Desember 2015. Penelitian dilakukan di dua tempat yang telah disesuaikan dengan tahapan penelitian yaitu Laboratorium Botani Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan TEC (*Tunjungan Electronic Center*) CV. Tristar Chemical Jalan Tunjungan lantai 1 nomor 103 Surabaya.

### **3.2 Alat dan Bahan**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah jergen ukuran 30 lt; botol aqua 1,5 lt; pengaduk; timba ukuran 35 lt; ember plastic; saringan; sendok; panci; oven; selang plastic; kain; blender; destilator, refractometer, alcoholmeter, corong, neraca analitik (timbangan), gelas ukur 100 ml, thermometer, kompor bioetanol.

Bahan-bahan yang digunakan adalah buah semu jambu mete 13,5 lt yang diambil dari Wates Kabupaten Kediri; akuades; urea; NPK; fermipan; plastisin.

### **3.3 Cara Kerja**

#### **3.3.1 Teknik Pengambilan buah semu jambu mete dan Pretreatment**

Sari buah semu jambu mete (*Anacardium occidentale* L.) diambil dari daerah Wates Kabupaten Kediri. Pretreatment secara fisik, buah semu di peras dengan tangan dan ampasnya di blender kemudian ampas tersebut diperas kembali di atas saringan hingga tidak terdapat air pada ampasnya.

#### **3.3.2 Fermentasi**

Sebelum dan sesudah fermentasi dilakukan pengukuran kadar gula reduksi. Ditambahkan ragi *Saccharomyces cerevisiae* (digunakan ragi yang sudah diperdagangkan merk fermipan); urea; dan NPK sebanyak 1,3 % dari volum total larutan, masing-

masing 17,5 gr. Difermentasi selama 5 hari. Fermentor ditutup rapat untuk mencegah kontaminasi agar ragi bekerja optimal mengurai glukosa. Fermentor menggunakan jerigen 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 berlangsung anaerob, dan supaya fermentasi berjalan optimal, jaga suhu pada 28-32°C. Selesaiya fermentasi ditandai dengan aroma seperti tape, munculnya banyak gelembung gas. Hasil proses fermentasi disaring dengan kain untuk memisahkan endapan dengan larutan etanol-air.

### **3.3.3 Analisis Gula Reduksi**

Pengukuran kadar gula dilakukan dengan menggunakan refraktometer. Refraktometer dibersihkan terlebih dahulu dengan tisu ke arah bawah. Refraktometer ditetesi dengan aquadest pada bagian prisma dan *day light plate*. Refraktometer dibersihkan dengan kertas tissue sisa aquadest yang tertinggal. Sampel cairan ditetaskan pada prisma 1 – 3 tetes. Skala kemudian dilihat ditempat yang bercahaya dan dibaca skalanya. Pengukuran kadar gula reduksi dilakukan setelah proses fermentasi.

### **3.3.4 Destilasi**

Untuk mendapatkan etanol berkadar tinggi, dilakukan destilasi, dengan memindahkan larutan kedalam alat evaporator yang tersambung alat destilizer. Dipanaskan campuran air dan etanol tersebut pada suhu 78°C atau setara titik didih etanol selama 45 menit. Uap etanol dialirkan melalui pipa yang terendam air sehingga terkondensasi dan kembali menjadi etanol cair. Pada destilasi tahap pertama, biasanya kadar bioetanol masih di bawah 95%. Apabila kadar bioetanol masih di bawah 95%, destilasi perlu diulangi lagi (reflux) hingga kadar bioetanolnya 95%.

Proses destilasi meliputi tahap awal destilasi yaitu heating (pemanasan), tahap ini bertujuan untuk meningkatkan titik didih. Tahap kedua yaitu evaporating (penguapan), pada tahap ini etanol

menguap terlebih dahulu karena titik didih etanol lebih kecil daripada air yaitu  $78^{\circ}\text{C}$  sedangkan air  $100^{\circ}\text{C}$ . Tahap ketiga adalah cooling and condensing (pendinginan dan kondensasi), etanol yang menguap terlebih dulu akan didinginkan dan terkondensasi di dalam kondensor untuk membentuk cairan murni. Cairan murni etanol akan keluar dari selang kondensor setelah thermometer menunjukkan titik didih etanol  $78^{\circ}\text{C}$ . Titik didih akan naik terus-menerus hingga  $100^{\circ}\text{C}$  mencapai titik didih air (Mcintosh, 2014).

### **3.3.5 Pengujian Kadar Etanol**

Untuk mengetahui kadar etanol dari hasil fermentasi dilakukan dengan cara, sampel cairan fermentasi diambil 100 ml kemudian diukur dengan alat alkoholmeter akan diketahui kadar alkohol yang diperoleh.

### **3.3.6 Pengujian Bioetanol sebagai Bahan Bakar pada Kompor Bioetanol Generasi ke-3 dan Generasi ke-4**

Sesudah didapatkan kadar bioetanol yang diinginkan, dilakukan uji pembakaran pada kompor bioetanol generasi ke-3 dan kompor bioetanol generasi ke-4. Pengujian dilakukan dengan metode uji pendidihan air (WBT).

Pengujian kecepatan titik didih pada kompor generasi ke-3 dan ke-4 menggunakan metode WBT (Water Boiling Test). WBT adalah salah satu metode pengujian kompor dengan cara mendidihkan air dalam wadah tertentu, kemudian meletakkannya diatas burner kompor yang diuji. Hal yang perlu diamati dalam pengujian ini adalah temperature dari awal sampai air mendidih (Suyitno dkk., 2009). Metode WBT dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1. Metode WBT untuk uji kerja kompor bioetanol (Suyitno dkk., 2009).

Kadar bioetanol hasil destilasi awal dan hasil destilasi akhir diambil 25 ml lalu dimasukkan ke dalam kompor bioetanol. Air sebanyak 50 ml dimasukkan kedalam panci, lalu diletakkan diatas kompor bioetanol tanpa ditutup. Dimasukkan thermometer kedalam panci dengan jarak 3 cm dari dasar panci. Setelah itu kompor dinyalakan dengan nyala api standar. Ditunggu hingga air mendidih dan dicatat titik didih air dan waktu yang dibutuhkan bioetanol untuk mendidihkan air dalam panci.

### **3.4 Rancangan Penelitian dan Analisis Data**

Penelitian ini menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) faktorial. Kombinasi perlakuan adalah Jenis kompor bioetanol G1 (Generasi ke-3); G2 (Generasi ke-4) dan Kadar bioetanol hasil destilasi B1 (Hasil destilasi pertama); B2 (hasil destilasi kedua). Parameter yang diamati yaitu perbandingan lama waktu nyala kompor bioetanol, volum etanol, dan kadar etanol. Etanol yang diperoleh dianalisa kadar etanol yang dihasilkan. Data uji lama pembakaran dan titik didih pada kompor bioetanol dianalisa menggunakan ANOVA Two-way.

Tabel 3.1 Kadar Gula Reduksi (%)

Perlakuan	Kadar Gula reduksi (%)	
	Awal	Akhir
Fermentasi		

Tabel 3.2 Kadar Etanol (%) Hasil Destilasi

Perlakuan	Kadar Etanol (%)	
	Pertama	Kedua
Hasil destilasi		

Rancangan penelitian disusun secara factorial dengan dua faktor perlakuan, yaitu :

✚ Faktor pertama adalah jenis kompor Bioetanol yaitu:

G1 = Generasi ke-3

G2 = Generasi ke-4

✚ Faktor kedua adalah % Bioetanol hasil Destilasi yaitu:

B1 = % (Kadar bioetanol hasil destilasi awal)

B2 = % (Kadar bioetanol hasil destilasi akhir)

B3 = Biortanol 70% komersil (Kontrol)

Pengulangan dilakukan dua kali, dengan demikian diperoleh 4 sampel.

Tabel 3.3 Kombinasi korelasi jenis kompor bioetanol dan % bioetanol untuk lama pembakaran bioetanol

Jenis kompor bioetanol	% Bioetanol	Ulangan		Total	Rata-rata
		1	2		
G1	B1	(G1B1)			
	B2	(G1B2)			
	B3	(G1B3)			
G2	B1	(G2B1)			
	B2	(G2B2)			
	B3	(G2B3)			

Keterangan:

G1: Kompor bioetanol generasi ke-3

G2: Kompor bioetanol generasi ke-4

B1: Kadar bioetanol hasil destilasi awal

B2: Kadar bioetanol hasil destilasi akhir

B3: Bioetanol 70% komersil (Kontrol)

Tabel 3.4 Kombinasi korelasi jenis kompor bioetanol dan % bioetanol untuk besar titik didih air

Jenis kompor bioetanol	%	Ulangan		Total	Rata-rata
		1	2		
G1	B1	(G1B1)			
	B2	(G1B2)			
	B3	(G1B3)			
G2	B1	(G2B1)			
	B2	(G2B2)			
	B3	(G2B3)			

Keterangan:

G1: Kompor bioetanol generasi ke-3

G2: Kompor bioetanol generasi ke-4

B1: Kadar bioetanol hasil destilasi awal

B2: Kadar bioetanol hasil destilasi akhir

B3: Bioetanol 70% komersil (Kontrol)

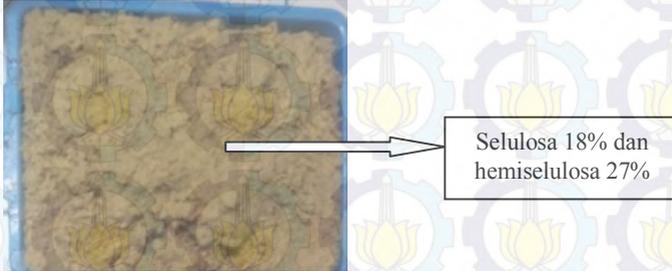
Hipotesa yang digunakan dari penelitian ini adalah:

H0 : Kedua faktor (jenis kompor bioetanol / G) dan (Kadar bioetanol hasil destilasi / B) tidak berpengaruh

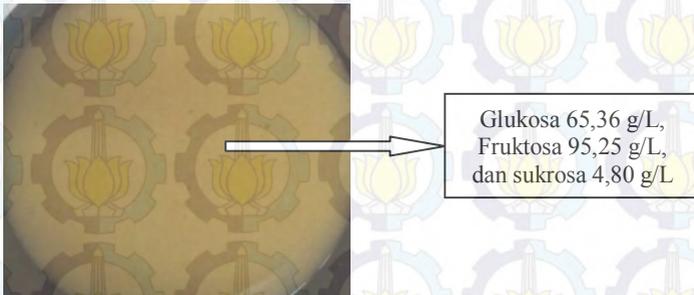
H1 : Kedua faktor (jenis kompor bioetanol / G) dan (Kadar bioetanol hasil destilasi / B) berpengaruh, minimum salah satu berpengaruh

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Pengambilan Sari Buah semu Jambu mete dan Pretreatment



Gambar 4.1. Ampas buah semu jambu mete (Dokumen pribadi, 2015)



Gambar 4.2. Sari buah semu jambu mete (Dokumen pribadi, 2015).

Sari buah semu Jambu mete (*Anacardium occidentale L.*) yang didapatkan setelah diperas dan diblender sebanyak 14,5 liter. Buah semu jambu mete yang diambil sarinya ada yang berwarna merah ataupun kuning. Menurut Liptan (1999) warna buah semu jambu mete ada yang berwarna merah, merah muda, hujau, kuning dan hijau kekuningan. Warna yang berbeda ini hanya menunjukkan varietas yang berbeda saja, namun kandungan gula dalam sari buahnya cenderung sama.

Sari buah semu jambu mete dapat menghasilkan kadar etanol >70% karena mengandung glukosa sekitar 139,5-166,7 gr/lt

(Jumari dkk., 2009). Hossain & Anatharaman, (2014) juga menyatakan sari buah semu jambu mete mengandung gula total hingga 168,53 g/L yang terdiri dari glukosa, fruktosa, dan sukrosa. Selain itu, Ampas buah semu jambu mete mengandung selulosa dan hemiselulosa yang lebih kompleks untuk didegradasi sel yeast (Dos santos lima *et al.*, 2012). Oleh sebab itu hanya diambil sari buah semuanya.

Reisendy dkk., (2014) menggunakan ampas buah semu jambu mete dan sari buahnya untuk dijadikan bioetanol. Hasil penelitian Reisendy dkk., (2014) didapatkan bioetanol dengan kadar 90% dan 70%. Kadar bioetanol yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan hanya mengambil sari buahnya saja. Namun pada penelitian Hossain & Anatharaman, (2014) menunjukkan bahwa sari buah semu jambu mete menghasilkan kadar etanol yang lebih tinggi apabila kondisi fermentasi yang sesuai dengan yeast *Saccharomyces cerevisiae* yaitu pada suhu 55<sup>0</sup>C, pH 5, dan waktu fermentasi selama 96 jam.

Bioetanol kadar 90% diujikan ke kompor bioetanol generasi ke-3 dan hasilnya menunjukkan waktu titik didih (17 menit 5 detik) lebih cepat dibandingkan dengan kompor minyak tanah (28 menit 7 detik) (Reisendy dkk., 2014). Hasil tersebut mendukung penelitian ini bahwa kompor bioetanol generasi ke-3 lebih efektif dan efisien digunakan dibandingkan kompor bioetanol generasi ke-4.

## 4.2 Hasil Fermentasi



Gambar 4.3. fermentor sederhana (Dokumen pribadi, 2015)

Fermentor yang digunakan adalah fermentor sederhana, yaitu dari jerigen ukuran 30 Lt dan botol aqua ukuran 1,5 Lt yang dihubungkan dengan selang. Fermentasi dilakukan dengan sistem batch yaitu inokulum dan substrat dimasukkan sekaligus ke dalam fermentor pada waktu awal fermentasi lalu pemanenan dilakukan di akhir fermentasi dalam waktu tertentu (Petersen *et al.*, 2004).

Selang berfungsi sebagai saluran keluarnya  $\text{CO}_2$ , oleh karena itu selang dalam jerigen diposisikan tidak sampai menyentuh substrat.  $\text{CO}_2$  yang keluar dari selang ditampung dalam botol kecil yang berisikan air.  $\text{CO}_2$  yang keluar mengasilkan gelembung-gelembung gas dalam air, hal ini menandakan proses fermentasi sedang berlangsung.

Penutup jerigen ditutup rapat lalu dilapisi dengan plastisin agar tidak ada oksigen yang masuk karena proses fermentasi berlangsung anaerob. Fermentasi dilakukan secara anaerob karena yeast *S. cerevisiae* termasuk anaerob fakultatif. Mikroorganisme kelompok anaerob fakultatif adalah mikroorganisme yang mampu hidup dalam keadaan tersedia

oksigen maupun tidak. Mikroorganisme kelompok anaerob fakultatif akan memproduksi ATP melalui respirasi aerob ketika oksigen masih tersedia dan mampu bertahan dalam kondisi tidak ada oksigen dengan melakukan fermentasi secara anaerob (Chong et al., 2009).

Fermentasi dilakukan secara anaerob karena bertujuan untuk memperoleh hasil lebih banyak, hal ini sesuai dengan pernyataan diatas bahwa *S. cerevisiae* termasuk mikroorganisme anaerob fakultatif, sehingga diduga metabolisme akan berjalan lebih optimal apabila dalam kondisi pertumbuhan yang memadai yaitu secara anaerobik.

Indikasi keberhasilan fermentasi dapat dilihat melalui munculnya gelembung gas dari selang fermentor. Gelembung gas ini mengindikasikan bahwa fermentasi etanol menghasilkan produk samping berupa CO<sub>2</sub>, dengan adanya produk samping tersebut menandakan adanya aktifitas metabolisme *S. cerevisiae* yang memanfaatkan nutrisi seperti C, N, P, dan K untuk mengurai gula menjadi etanol.

Fermentasi dilakukan selama 5 hari untuk mengasilkan kadar etanol optimal, diduga waktu 5 hari ini merupakan waktu optimal bagi pertumbuhan *S. cerevisiae*. Menurut Laopaiboon *et al.*, (2007) waktu optimum fermentasi oleh *S.cerevisiae* adalah 100-120 jam atau setara dengan 4-5 hari untuk menghasilkan yield yang maksimal.

Fermentasi yang melebihi batas waktu fermentasi etanol akan menghasilkan asam asetat. Hardoyo dkk., (2007) menyatakan waktu optimum fermentasi untuk menghasilkan asam asetat adalah 10 hari.

Fermentasi dalam penelitian ini digunakan *S.cerevisiae* yang sudah komersil dalam bentuk *instant dry yeast* yaitu fermipan atau *baker's yeast*. Instant dry yeast dibuat dari yeast yang dipanaskan dan dikeringkan hingga mengandung 94%-95% materi kering dengan jumlah sel yeast 105-107 per gram yeast. Sel *S.cerevisiae* dalam ragi roti ini berbentuk vermicelli (seperti

potongan pasta yang sangat pendek), mendekati butiran kecil yang halus (Bamforth, 2005).

*Baker's yeast* digunakan karena mengandung beberapa enzim yang langsung berkaitan dengan proses fermentasi secara fisiologis. *Baker's yeast* mengandung *maltase*, *invertase* dan *zimase*. *Maltase* mengubah maltose menjadi glukosa, *Invertase* mengubah sukrosa menjadi fruktosa dan *Zimase* mengubah fruktosa dan glukosa menjadi karbondioksida (Bamforth, 2005).

Dalam proses fermentasi substrat yang digunakan harus mengandung unsur karbon (C) dan nitrogen (N) yang dibutuhkan mikroorganisme untuk pertumbuhan (Anggraeny & Umiasih, 2009). Yeast memerlukan sumber karbon, nitrogen, mineral dan vitamin untuk aktifitas metabolismenya memecah gula menjadi etanol. Kombinasi nutrisi diformulasikan dalam sebuah media fermentasi untuk mendukung pertumbuhan dan viabilitas sel yeast (Lodolo *et al.*, 2008).

*S. cerevisiae* digunakan karena memiliki beberapa kelebihan yang dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Kelebihan *Saccharomyces cerevisiae* mengurai glukosa menjadi etanol

Kelebihan	Sumber
Cepat berkembang biak	(Fakruddin et al, 2012)
Tahan terhadap alcohol tinggi hingga mencapai 12-18%	(Fakruddin et al, 2012), (Piskur <i>et al.</i> , 2006)
Memanfaatkan glukosa secara efisien	(Piskur <i>et al.</i> , 2006)
Mudah didapatkan	(Fakruddin et al, 2012)
Berkembang pada suhu ruang (25-30°C) sehingga tidak perlu perlakuan khusus untuk suhu pertumbuhan	(Fakruddin et al, 2012)
Mampu mengurai banyak gula seperti glukosa, fruktosa, mannose, galaktosa, sukrosa, maltose, dan maltotriosa	(Harrison & Graham, 1970)

Fermentasi dilakukan untuk mengkonversi gula menjadi etanol dengan memanfaatkan aktifitas metabolisme yeast *S. cerevisiae*. Metabolisme *S. cerevisiae* dalam mengurai glukosa menjadi etanol melalui jalur EMP (Emden-Meyerhoff-Parnas) atau biasa disebut Glikolisis (Gambar 2.7) di Tinjauan pustaka. Siklus ini dapat terjadi secara aerobik maupun anaerobik, dan menghasilkan energi dalam bentuk adenosin trifosfat (ATP) melalui fosforilasi substrat (Prescott *et al.* 2002).

Biomassa yang dihasilkan melalui siklus EMP (Emden-Meyerhoff-Parnas) ini lebih banyak dibandingkan dengan biomassa yang dihasilkan dari siklus ED (Entner-Doudoroff) pada bakteri *Zymomonas* dan *Pseudomonas*. *S. cerevisiae* mengandung siklus homoetanol yang sangat efisien, yang mengubah piruvat menjadi asetaldehida dengan menggunakan piruvat dekarboksilase (PDC), selanjutnya menjadi etanol dengan menggunakan alkohol dehidrogenase (ADH) (Gambar 2.7) (Cueger dan Cueger 1989; Ingram *et al.* 1999).

*S. cerevisiae* merupakan kelompok mikroorganisme kemoautotrof yang memanfaatkan sumber karbon dari bahan-bahan organik (Hogg, 2005). Sumber karbon diduga didapatkan dari substrat yaitu sari buah semu jambu mete, Urea digunakan sebagai sumber mineral yaitu unsur N, dan NPK sebagai sumber P dan K. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Pinus Lingga & Marsono (2004) bahwa NPK merupakan pupuk majemuk yang mengandung beberapa unsur makro yaitu N, P, dan K. Urea merupakan pupuk primer yang hanya mengandung satu jenis unsur yaitu unsur N.

Kadar bioethanol yang dihasilkan dari proses fermentasi, biasanya hanya mencapai 8-10% saja, sehingga untuk memperoleh ethanol yang berkadar alkohol tinggi diperlukan proses lainnya, yaitu proses distilasi (Nurdyastuti, 2005).

### 4.3 Hasil Distilasi

Hasil destilasi pertama didapatkan kadar etanol sebesar 84% dan destilasi kedua sebesar 65%. Etnaol yang dihasilkan pada tahap awal dan akhir destilasi dapat dilihat pada table 4.2.

Tabel 4.2 Kadar etanol (%) hasil destilasi awal dan akhir

Perlakuan	Kadar Etanol (%)	
	Pertama	Kedua
Hasil destilasi	84%	65%

Kenaikan titik didih menyebabkan cairan yang keluar selanjutnya adalah etanol yang masih mengandung air, oleh sebab itu etanol yang dihasilkan pada tahap kedua destilasi kadarnya lebih kecil daripada yang pertama.

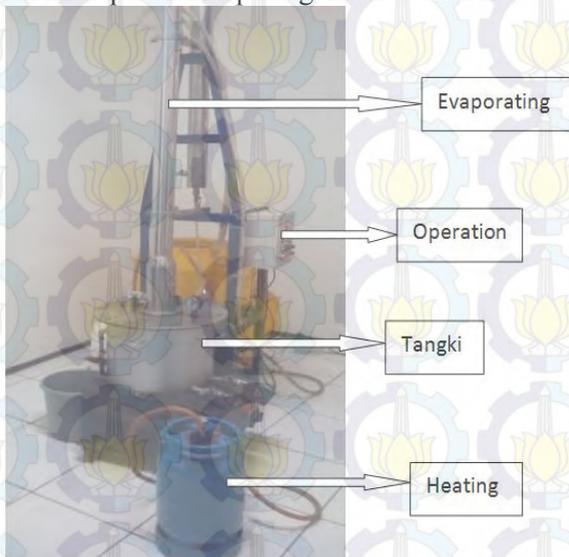
Saat suhu pada wadah destilasi telah menunjukkan diatas angka 78°C maka besarnya api harus dikurangi. Semakin lama waktu memanaskan wadah destilasi, maka suhu cairan di dalam wadah destilasi akan semakin panas mendekati titik didih air. Proses mendidihnya air ini akan mengakibatkan banyaknya air yang akan menguap bersama-sama dengan etanol jika suhu wadah destilasi telah mendekati titik didih air yaitu 100°C (Mailool *et al.*, 2012).

Volum etanol yang dihasilkan pada proses destilasi ini hanya sebesar 350 ml dari 13,5 lt hasil fermentasi.

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 *S. cerevisiae*. Rendahnya efisiensi produksi etanol dapat disebabkan karena produk biomassa yang rendah selama proses fermentasi dan pembentukan produk samping selain etanol (Sen, 1989).

Destilator yang digunakan untuk penelitian ini merupakan destilator pelatihan milik CV. Tristar Chemical. Destilator ini

memiliki desain yang berbeda dengan destilasi pada umumnya, namun tipe destilasi yang digunakan sama dengan destilasi sederhana. Hal yang membedakan adalah kapasitas tangki destilator CV. Tristar ini lebih besar yaitu 70 lt. Prinsip kerja destilasi sederhana ini adalah memisahkan dua atau lebih komponen yang memiliki perbedaan titik didih yang jauh. Suatu campuran dapat dipisahkan dengan destilasi sederhana ini untuk memperoleh senyawa murni. Senyawa yang terdapat dalam campuran akan menguap saat mencapai titik didih masing-masing (Walangare dkk., 2013). Desain destilator yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4.4 berikut:



Gambar 4.4 Destilator kapasitas 70 lt (dokumen pribadi, 2015)

#### 4.4 Hasil Analisis Kadar Gula Reduksi

Pengukuran kadar gula reduksi dilakukan sebelum dan sesudah fermentasi. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui berapa banyak gula reduksi yang digunakan *S. cerevisiae* untuk memecah gula menjadi etanol. Pengukuran kadar gula reduksi

menggunakan refraktometer. Prinsip kerja refraktometer adalah memanfaatkan refraksi cahaya (Reisendy, 2014). Hasil pengukuran kadar gula reduksi awal dan akhir dapat dilihat di tabel 4.3

Tabel 4.3 Hasil analisis gula reduksi awal dan akhir fermentasi

Perlakuan	Kadar Gula reduksi (%)	
	Awal	Akhir
Fermentasi	5% (kontrol) (Reisendy dkk., 2014).	5%

Data tabel diatas menunjukkan bahwa kadar gula reduksi di awal fermentasi dan di akhir fermentasi sama yaitu sebesar 5%. Keadaan ini berarti bahwa tidak ada gula yang di pakai *S.cerevisiae* untuk memecah gula menjadi etanol. Hal ini terjadi dimungkinkan bahwa *S. cerevisiae* tidak memanfaatkan jenis-jenis gula reduksi untuk menghasilkan etanol melainkan memakai gula non reduksi seperti sukrosa.

Menurut Kumalasari dkk., 2012 sukrosa merupakan gula non reduksi. Sari buah semu jambu mete mengandung gula reduksi meliputi glukosa dan fruktosa serta gula non reduksi yaitu sukrosa (Hossain & Anatharaman, 2014). Sukrosa inilah yang diduga dimanfaatkan oleh *S. cerevisiae*, sehingga kadar gula reduksi tidak berkurang pada akhir proses fermentasi. *S. cerevisiae* mampu mengurai gula seperti glukosa, fruktosa, mannose, galaktosa, sukrosa, maltose dan maltotriosa dalam proses metabolismenya (Harrison & Graham, 1970).

Madigan & Martinko (2000) juga menjelaskan bahwa *S.cerevisiae* memanfaatkan gula sederhana seperti sukrosa dan glukosa dalam fermentasi etanol, oleh karena itu dalam waktu 5 hari tersebut sel *S. cerevisiae* terlebih dahulu memanfaatkan sukrosa.

Pengukuran total gula pada awal fermentasi dan akhir fermentasi dapat digunakan untuk menentukan nilai efisiensi penggunaan substrat. Efisiensi penggunaan substrat menunjukkan seberapa banyak gula yang dapat dimanfaatkan oleh khamir untuk diubah menjadi etanol (produk utama), asam organik (produk samping) dan digunakan untuk pertumbuhan khamir.

#### **4.5 Kadar Etanol**

Kadar etanol hasil destilasi pertama adalah 84% dan hasil destilasi kedua adalah 65%. Pengujian kadar etanol dilakukan menggunakan alcoholmeter. Prinsip kerja alcoholmeter adalah berdasarkan berat jenis campuran antara alkohol dengan air. (Mailool *et al.*, 2012).

Alkohol bersifat mudah menguap karena rentang rantai karbon C1 sampai C5 mempunyai titik didih 0°C - 50°C. Pada saat ini, kadar etanol paling tinggi yang ada di pasaran adalah 96% untuk konsentrasi teknis. Ada banyak cara untuk mengukur kadar etanol dan setiap metode pengukuran memiliki keunggulan dan kekurangannya masing masing (Adiprabowo dkk., 2011).

Alcoholmeter diduga memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan piknometer dan dapat digunakan dalam skala besar karena indicator mempunyai selisih yang kecil. Pengukuran kadar etanol dengan menggunakan alcoholmeter dapat dilakukan dengan lebih cepat dan hasilnya mendekati akurat karena memiliki rentang nilai kadar dari 0% sampai 97%. Penggunaan alcoholmeter sebaiknya dikalibrasi terlebih dahulu untuk meningkatkan akurasi (Adiprabowo dkk., 2011).

#### **4.6 Pengujian Bioetanol sebagai Bahan Bakar pada Kompor Bioetanol Generasi ke-3 dan Generasi ke-4**

Pengujian bioetanol sebagai bahan bakar pada kompor bioetanol menggunakan metode WBT (*Water Boiling Test*). WBT adalah simulasi dari proses pemasakan yang bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak bahan bakar yang dibutuhkan untuk proses pemasakan. WBT paling sederhana dilakukan dengan

mengukur lama pembakaran dan titik didih ketika proses pemasakan (Hajamalala, 2014).

Metode WBT (*Water Boiling Test*) ada 3 jenis yaitu pengujian WBT *start dingin*, pengujian WBT *start panas*, dan pengujian WBT *simmering* (FAO, 2009).

Pengujian bioetanol pada kompor generasi ke-3 dan kompor generasi ke-4 menggunakan metode pengujian WBT *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 kompor dimatikan dan catat waktu yang diperlukan untuk mendidihkan air (Suyitno dkk., 2009).

Suhu pendidihan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain ketinggian lokasi, akurasi dari thermometer dan kondisi cuaca, sehingga titik didih lokal air tidak bisa diasumsikan 100<sup>0</sup>C (Reisendy, 2014).

Data hasil pengujian bioetanol sebagai bahan bakar pada kompor generasi ke-3 dan ke-4 dengan respon lama pembakaran dan kecepatan titik didih dianalisa menggunakan ANOVA two-way dengan taraf signifikansi 5% dan dilanjutkan uji Tukey dengan selang kepercayaan 95%.

#### 4.6.1 Hasil Uji Lama Pembakaran dan Titik didih

Hasil uji Tukey untuk respon lama pembakaran dan titik didih dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.4. Hasil uji Tukey Interaksi konsentrasi dan jenis kompor untuk Lama pembakaran

Jenis kompor	Konsentrasi		
	70% (control)	84%	65%
Generasi ke-3	3,959 <sup>bc</sup>	6,059 <sup>a</sup>	5,358 <sup>ab</sup>
Generasi ke-4	2,717 <sup>c</sup>	2,742 <sup>c</sup>	2,550 <sup>c</sup>

Tabel 4.5. Hasil uji Tukey Interaksi jenis kompor dan konsentrasi untuk titik didih

Jenis kompor	Konsentrasi		
	70% (control)	84%	65%
Generasi ke-3	2,917 <sup>ab</sup>	4,034 <sup>a</sup>	2,425 <sup>bc</sup>
Generasi ke-4	1,150 <sup>c</sup>	1,500 <sup>bc</sup>	1,683 <sup>bc</sup>

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

Hasil uji Tukey Lama pembakaran (tabel 4.4) diatas menunjukkan bahwa korelasi perlakuan yang paling baik ditunjukkan oleh kompor generasi ke-3 dengan konsentrasi 84% (notasi a), namun dilihat dari segi ekonomis korelai paling baik adalah kompor generasi ke-3 dengan konsentrasi bioetanol 65% (notasi ab). Konsentrasi 65% mencapai waktu lama pembakaran sekitar 5 menit tidak berbeda jauh dengan konsentrasi 84% sekitar 6 menit. Maka dari itu dari segi ekonomis konsentrasi 65% lebih efektif dan efisien digunakan oleh masyarakat karena harganya akan cenderung lebih murah dibandingkan dengan kadar 70% dan 84%.

Hasil uji Tukey Titik didih (tabel 4.5) diatas juga menunjukkan korelasi perlakuan yang paling baik yaitu kompor generasi ke-3 dengan konsentrasi 70% (notasi c), namun dilihat dari segi ekonomis korelai paling baik adalah kompor generasi ke-3 dengan konsentrasi bioetanol 65% (notasi bc). Konsentrasi 65% mencapai waktu titik didih sekitar 2 menit tidak berbeda jauh dengan konsentrasi 70% sekitar 1 menit. Maka dari itu dari segi ekonomis konsentrasi 65% lebih efektif dan efisien digunakan oleh masyarakat karena harganya akan cenderung lebih murah dibandingkan dengan kadar 70% dan 84%.

Korelasi antara kompor generasi ke-3 dengan bioetanol kadar 65% menunjukkan hasil paling baik diduga dipengaruhi oleh kadar bioetanol dan desain kompor.

Pembakaran terjadi ketika bahan bakar (etanol, methanol, bahan bakar fosil) bereaksi dengan oksigen di udara untuk menghasilkan panas. Selain menghasilkan panas proses pembakaran juga menghasilkan karbondioksida dan uap air. Tiga hal penting dalam proses pembakaran yaitu waktu, suhu, dan turbulensi. Waktu berperan dominan karena menentukan efisiensi pembakaran. Lama pembakaran diasumsikan sebagai waktu yang dibutuhkan bahan bakar habis terpakai (Biarnes *et al.*, 2013).

Menurut Handayani, 2007 nilai kalor suatu bahan bakar menunjukkan seberapa besar energi yang terkandung didalamnya.

Selain menghasilkan gas karbondioksida dan uap air juga menghasilkan energy panas (kalor). Semakin tinggi kalor yang dihasilkan akan mempercepat titik didih air.

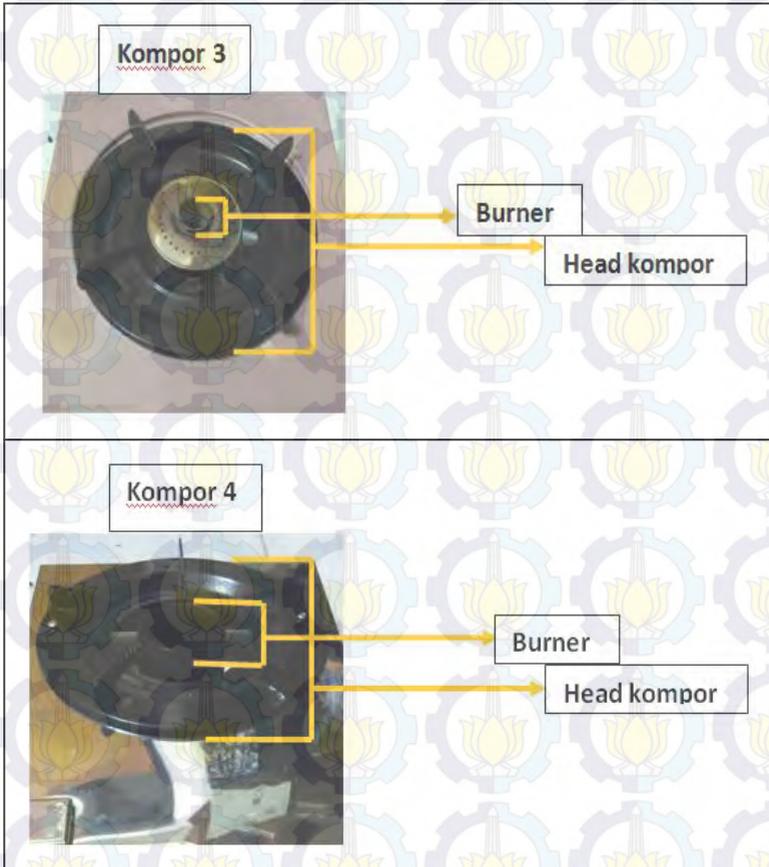
Lama pembakaran dan kecepatan titik didih juga dipengaruhi oleh desain dari kompor bioetanol.

Kompor etanol yang pernah dipatenkan sebagian besar berupa kompor etanol bersumbu atau dengan penampung. Sistem pembakarannya yaitu etanol menguap (karena etanol merupakan senyawa yang mudah menguap) dan uap etanol kemudian dibakar. Sistem yang lain, etanol mengalir melalui sumbu dan kemudian dibakar. Beberapa pengembangan kompor sistem gravitasi dimana etanol diletakkan di atas dan kemudian mengalir ke burner dan dibakar juga sudah dikembangkan (Suyitno dkk., 2009).

Berdasarkan pernyataan diatas lama pembakaran dan titik didih dipengaruhi oleh desain kompor bioetanol. Kompor bioetanol generasi ke-3 memiliki kapasitas tangki hingga 1000 ml sedangkan kompor bioetanol generasi ke-4 memiliki kapasitas tangki 1500 ml (Sumasroh, 2013). Kapasitas tangki tersebut cukup memadai untuk menyimpan etanol.

Kompor etanol generasi ke-3 memiliki burner yang lebih sempit dibandingkan dengan kompor bioetanol generasi ke-4,.

Desain kompor generasi ke-3 dan kompor generasi ke-4 dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut:



Gambar 4.6. Desain kompor bioetanol generasi ke-3 dan kompor bioetanol generasi ke-4 (dokumentasi pribadi, 2015).

Sempitnya ruang burner ini memperkecil celah penguapan bioetanol sehingga bioetanol yang menguap hanya akan keluar sedikit demi sedikit sehingga uap akan terbakar lebih lama. Hal

inilah yang dimungkinkan pula menyebabkan waktu pembakaran di kompor bioetanol generasi ke-3 lebih lama dibandingkan dengan kompor generasi ke-4.

Kompor generasi ke-4 mempunyai burner dan lubang lebih luas dibandingkan kompor generasi ke-3. Oleh karena itu titik didih lebih cepat terjadi pada kompor generasi ke-4, dan nyala api lebih lama terjadi pada kompor generasi ke-3

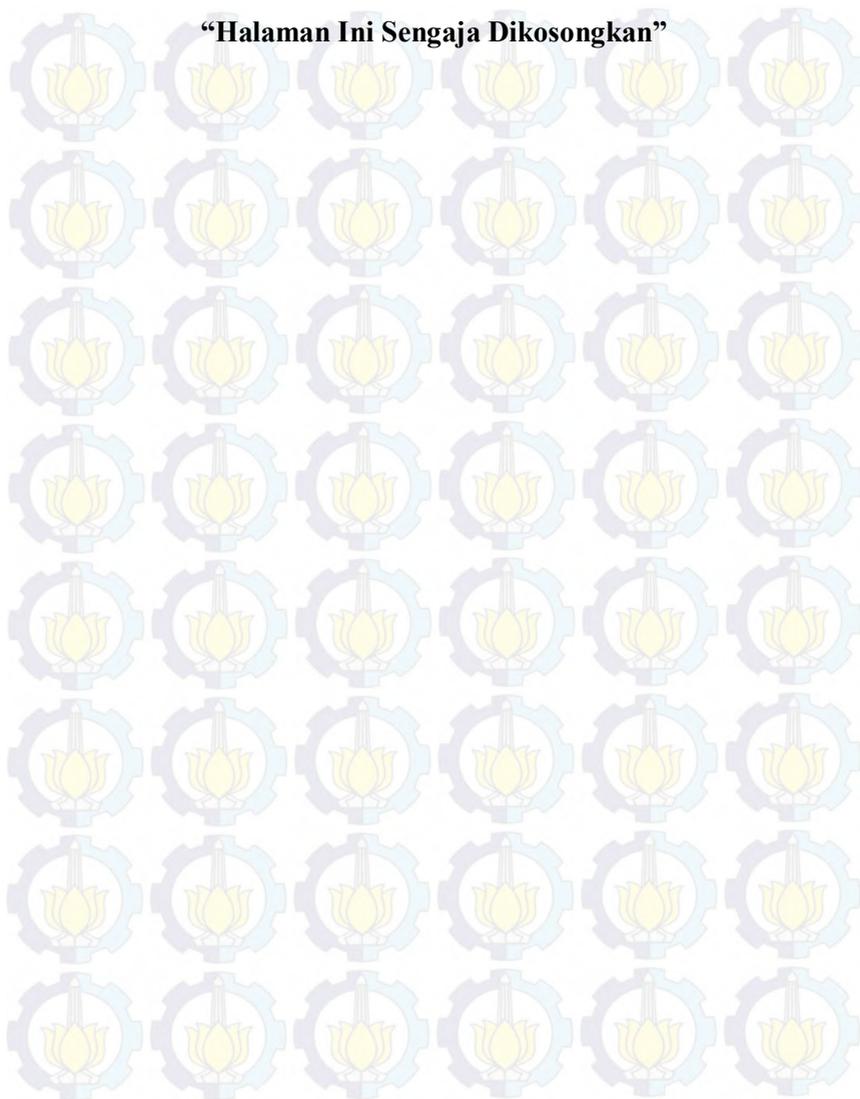
Penggunaan bahan kompor dengan sifat konduktor akan lebih baik karena dapat mempercepat proses penguapan bahan bakar yang akan dioksidasi oleh burner. Selain itu rancangan lubang untuk asupan udara untuk di ruang bakar juga berpengaruh dalam kesempurnaan proses oksidasi di ruang bakar untuk pemanasan bahan bakar menjadi gas yang kemudian dioksidasi lagi di head kompor (Reisendy dkk., 2014).

Dari hasil pengamatan nyala api, bioetanol konsentrasi 84% api yang dihasilkan berwarna biru stabil hingga api mati. Bioetanol konsentrasi 70% api yang dihasilkan biru kemerah-merahan dan bioetanol konsentrasi 65% api yang dihasilkan berwarna agak merah

Nyala api yang dihasilkan berwarna kemerah-merahan karena mengandung air lebih banyak pada konsentrasi 70% (30% air) dan 65% (35% air).

Uap air yang dihasilkan oleh air pada campuran bioetanol akan terbakar dan menghasilkan warna nyala api kemerah-merahan. Selain itu pada konsentrasi 70% dan 65% proses pembakaran menghasilkan lebih banyak asap daripada konsentrasi 84%, hal tersebut dikarenakan  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan lebih banyak.

**“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”**



## **BAB V PENUTUP**

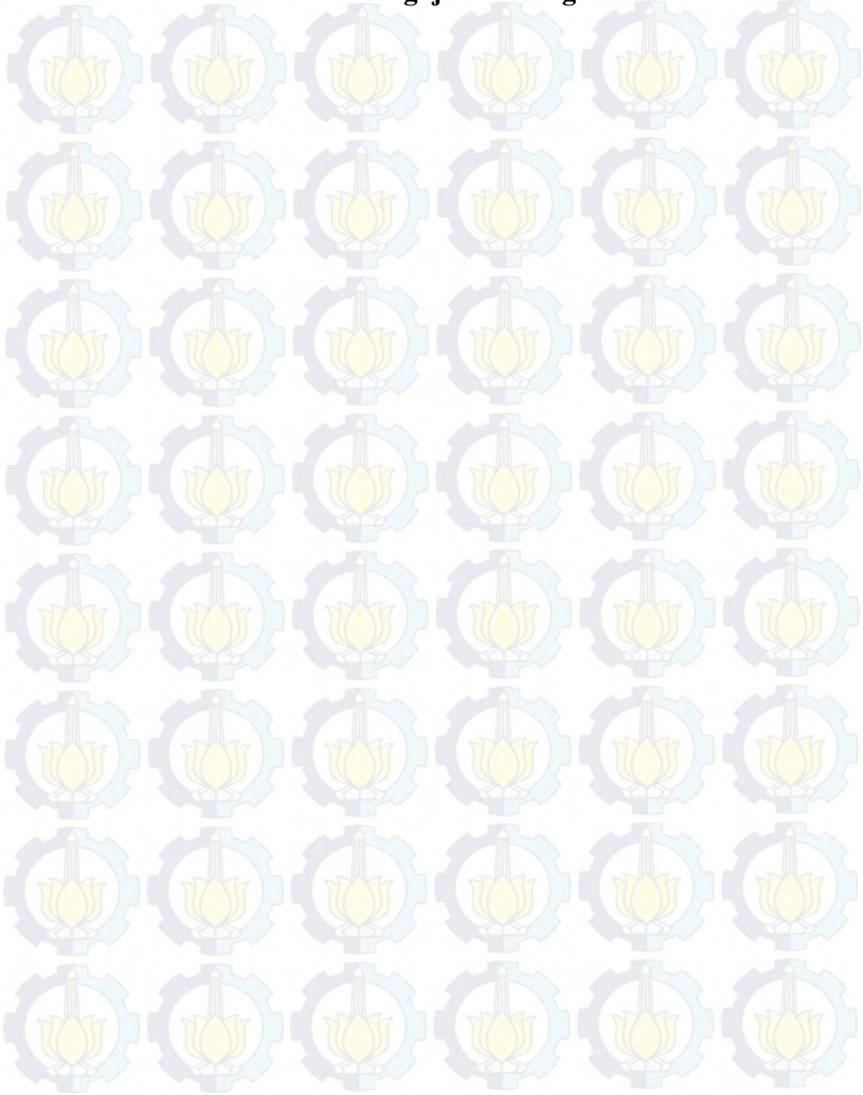
### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa korelasi antara kompor bioetanol generasi ke-3 dengan konsentrasi bioetanol 65% adalah yang terbaik. Hasil uji lama pembakaran adalah 5 menit dan uji kecepatan titik didih adalah 2 menit.

### **5.2 Saran**

Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan destilasi reflux untuk dapat meningkatkan volum etanol dan kadar etanol serta diharapkan dapat membuat desain kompor yang lebih baik untuk dapat digunakan lebih efektif dan efisien.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



## DAFTAR PUSTAKA

Adiprabowo, D. S., Isnanto, R. R., dan Setiawan, I. 2011. **Pendeteksi Kadar Alkohol Jenis Etanol pada Cairan dengan Menggunakan Mikrokontroler ATMEGA8535.**

Agustina, D., Nurhatika, S., dan Muhibbudin, A. 2015. Efektifitas 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.

Ahmed M. Murtala, Bello A. Aliyuand G. B., 2012. Biomass Resource as a Source of Sustainable Energy Production in Developing Countries. **Journal of Applied Phytotechnology in Environmental Sanitation**, 1 (2): 103-112.

Anggraeni, Y. N., dan Umiyasih, U. 2009. Pengaruh Fermentasi *Saccharomyces cerevisiae* Terhadap Kandungan Nutrisi dan Kecernaan Ampas Pati Aren (*Arenga pinnata MERR.*). **Jurnal Seminar Nasional Teknologi Peternakan.**

Atkinson and Mavituna. 1983. **Biochemical Engineering and Biotechnology Handbook.** USA: The Nature Press.

Azizah. 2012. **Pengaruh Suhu Fosforilasi terhadap Sifat Fisikokimia Pati Tapioka Termodifikasi.** Makassar: Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin.

Baedhowie. 1982. **Petunjuk Praktek Pengawasan Mutu Hasil Pertanian** Jilid 1. Jakarta: DEPDIKBUD.

Bailey, J.E. and David F.O. 1986, **Biochemical Engineering Fundamentals 2nd edition.** Singapore: McGraw-Hill Book Co.

Bamforth. 2005. **Food Fermentation and Microorganism**. USA: Blackwall Publishing.

Becker, E.W. 2006. Microalgae as A Source of Protein. **Journal of Biotechnology Advances**. 25 : 207-210.

Biarnes, M., Freed, B., and Esteves, J. 2013. **Combustion**. Instruments International.

Brodeur, G., Elizabeth Y., Kimberly B., John C., K. B. Ramachandran, and Subramanian R. 2011. Chemical and Physicochemical Pretreatment of Lignocellulosic Biomass: A **Review**. **Enzyme Research**. Article ID 787532, 17 pg.

Brown, M.R. 2002. **Nutritional value of microalgae for aquaculture**. In *Avances en Nutrición Acuícola VI*. Cancún, Quintana Roo, México. p. 281–292.

Buckle, K. A. dkk. 2007. **Ilmu Pangan**. Jakarta : Universitas Indonesia Press.

Budyanto, M.A.K. 2002. **Dasar-Dasar Ilmu Gizi**. UMM Press: Malang.

Bustaman, S. 2008. **Strategi Pengembangan Bio-etanol Berbasis Sagu di Maluku**. *Perspektif* 7 (2): 65 –79.

Carlson. 1987. Regulation of Sugar Utilization in *Saccharomyces* Species. **Journal of Bacteriology**. Vol. 169, No.11 : 4873-4877.

Champagne, P., 2007. Feasibility of Producing Bioethanol from Waste Residues: **a Canadian Perspective Feasibility of Producing Bioethanol from Waste Residues in Canada**. **Resour. Conserv. Recy.** 50, 211–230.

Chen, C.Y., Yeh, K.L., Aisyah, R., Lee, D.J, dan Chang, J.S., (2011), "Cultivation, photobioreactor design and harvesting of microalgae for biodiesel production: **A critical review Bioresource Technology**. 102, hal 71–81.

Chiaromonti, D. 2007. Bioethanol: role and production technologies. In: Ranalli, P. (Ed.). **Improvement of Crop Plants for Industrial End Uses**, pp. 209–251.

Chong Fong Mei. 2009. "Removal of boron from ceramic industry wastewater by adsorption–flocculation mechanism using palm oil mill boiler (POMB) bottom ash and polymer", The University of Nottingham Malaysia

Cueger, W. and A. Cueger. 1989. **Organic feedstocks produced by fermentation. Biotechnology: A textbook of industrial microbiology**. Sinauer Associates Inc., T.D. Brook. Sunderland, M.A., p.124–133.

Dalimartha, S. 2000. **Atlas Tumbuhan Obat Indonesia Jilid 2**. Jakarta: Trubus Agriwidya.

Dos santos Lima, F. C., Da Silva, F. L. H., Gomes, J. P., and Da silva Neto, J. M. 2012. Chemical Composition of the Cashew Apple Bagasse and Potential Use for Ethanol Production. **Journal of Advances in Chemical Engineering and Sciences**. Vol. 2. 519-523.

Drapcho, C. M., Nhuan, N. P. and Walker, T. H. 2008. **Biofuels Engineering Process Technology**. The McGraw-Hill Companies, Inc.

Duke, J. A. 1983. **Handbook of Energy Crops (*Anacardium occidentale L.*)**. Center for Ner Crops and Plants Products : Purdue University.

Fakruddin, Quayum, A., Ahmed, M. M., and Choudhury, N. 2012. Analysis of Key Factors Affecting Ethanol Production by *Saccharomyces cerevisiae* IFST-072011. **Journal of Biotechnology**. Vol. 11, No.4.

FAO. 2009. Water Boiling Test version 4.1.2 : **Cookstove Emissions and Efficiency in a Controlled Laboratory Setting**.

Fardiaz, S. 1988. **Fisiologi Fermentasi**. Bogor: PAU IPB.

Gaman, P.M. dan K.B. Sherington. 1992. **Ilmu Pangan: Pengantar Ilmu Pangan Nutrisi dan Mikrobiologi**. Yogyakarta: UGM Press.

Ghanim, A. N. 2013. Bioethanol Production From Iraq Date Palm Resources. **Journal of Babylon University Engineering Sciences**. Vol. 21. No. 1.

Gibson. 2006. **Organisasi (Terjemahan)**. Edisi Ke- Lima, Jakarta : Erlangga.

Groggins, P.H., 1992. **Unit Process In Organic Synthesis**. New York: Mc Graw Hill Book Company.

Gunawan, D., Sudarsono, W. S., Donatus I. A., dan Purnomo. 2001. **Tumbuhan Obat 2 : Hasil Penelitian, Sifat-sifat dan Penggunaan**. Yogyakarta : PPOT UGM.

Hajamalala, A. M. 2014. Thermal Performance of a Low-Concentration Ethanol Stove without Pressure System. **Research Communications**. Laboratory of Applied Physics of the University of Fianarantoa. Madagaskar.

Halimatuddahlia, 2004. **Pembuatan n-Butanol Dari Berbagai Proses**. USU Digital Library.

Handayani, S. U. 2007. **Pemanfaatan Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Pengganti Bensin**.

Hardoyo, Tjahjono, A. E., Primarini, D., Hartono., dan Musa. 2007. Kondisi Optimum Fermentasi Asam Asetat Menggunakan *Acetobacter aceti* B166. **Jurnal Sains MIPA**. Vol.13. No.1.

Harjafu, B. 2015. **Jambu mete desa Blaru tanaman Belanda Tempo Dulu**. [www.kedirikab.go.id](http://www.kedirikab.go.id). Diakses pada tanggal 13 Desember 2015 pukul 21.05.

Harrison, J. S, and Graham J. G. J. 1970. **Yeast in Destilery Practice**. New York: Academic Press.

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.

Hogg, S. 2005. **Essential Microbiology**. John Wiley & Sons Ltd: England.

Hossain, S. K. M., and Anatharaman, A. 2014. **Studies on Alcohol Fermentation of Cashew Apple Juice Using *Saccharomyces cerevisiae***. **Research Paper**. Vol. 9, No. 3.

Ingram, L.O., H.C. Aldrich, A.C.C. Borges, T.B. Causey, A. Martinez, F. Morales, A. Saleh, S.A. Underwood, L.P. Yomano,

S.W. York, J. Zaldivar, and S.D. Zhou. 1999. Enteric bacterial catalysts for fuel ethanol production. **Biotechnol. Prog.** 15: 855–866.

Jeon, Bo Young . 2007. Development of a Serial Bioreactor System for Direct Ethanol Production from Starch Using *Aspergillus niger* and *Saccharomyces cerevisiae*. **Biotechnology and Bioprocess Engineering**, Vol. 12, pp. 566-573.

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

Jumari, A., W. A. Wibowo, Handayani dan I. Iriyani. 2009. **Pembuatan Etanol dari Jambu Mete Dengan Metoda Fermentasi**. Buletin Ekuilbrum 7(2) : 48-54.

Jutono et al, 1972, **Dasar-Dasar Mikrobiologi**. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Kartika, B. 1992. **Petunjuk Evaluasi Produk Industri Hasil Pertanian**. Proyek Pengembangan Pusat Fasilitas Bersama Antar Universitas–PAU Pangan dan Gizi UGM, Yogyakarta.

Kartikasari, D.S., Nurhatika, S., dan Muhibbudin, A. 2013. Potensi Alang-alang (*Imperata cylindrical* (L.) Beauv) Dalam Produksi Etanol Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis*. **Jurnal Sains dan Pomits**.

Kasim, S., Sjahrul, M., dan Usman, H. 2013. **Pemanfaatan Medium Ars-Chat pada Produksi Biomassa Fitoplankton Laut yang Potensial sebagai Bahan Baku Biofuel jenis Bioetanol**. 352-364.

KCPC. 2001. The Use of Ethanol as a Fuel. **KCPC Education Resorce**. kcpc.usyd.edu.au. diakses tanggal 10 januari 2016 pukul 20.16 WIB.

Kirk, R. E., and Othmer, R. F. 1951. **Encyclopedia of Chemical Technology**. vol. 9, Canada: John Wiley and Sons Ltd.

Komarayati, S. dan Gusmailina. 2010. **Prospek Bioetanol Sebagai Pengganti Minyak Tanah**. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan hasil Hutan.

Konig, H. 2009 . **Biology of Microorganisms on Grape, in Must and in Wine**. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pg. 47-56.

Kumalasari K. E. D., Nurwantoro, dan Mulyani, S. 2012. Pengaruh Kombinasi Susu dengan Air Kelapa terhadap Bakteri Asam laktat (BAL), Total Gula dan Keasaman *Drink Yogurt*. **Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan**. Vol 1No.2.

Kusumaningati, A.M., Nurhatika, S., dan Muhibbudin, A. 2013. Pengaruh KonsentrasiInokulum Bakteri *Zymomonas Mobilis* Dan Lama Fermentasi padaProduksi Etanol dari Sampah Sayur dan Buah Pasar Wonokromo Surabaya. **Jurnal Sains dan Seni Pomits**. Vol. 2, No. 2.

Laopaiboon, L., Thanonkeo, P., Jaisil, P., and Laopaiboon, P. 2007. Ethanol Production from SweetSorgum Juice in Batch and Fed-Batch Fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*. **World Journal Microbiol Biotechnol**. No.23 : 1497-1501.

Lin Yan and Tanaka, S. 2006. Ethanol Fermentation from Biomass Resourch : Current State and Prospects. **Journal of Microbiol Biotechnol**. 69 : 627-642.

Liptan. 1999. **Jambu Mete Sebagai Tanaman Penghijauan**. Banjarbaru. : Balai Informasi Pertanian Banjarbaru.

Lloyd E., and Edwin H. Young. 2011. **Process Equipment Design**. John Wiley & Sons, Inc. : New York.

Lodolo, E. J., Kock johan, L. F., Axcell, B. C., and Brooks, M. 2008. The Yeast *Saccharomyces cerevisiae*-the Main Character in Beer Brewing. **Journal Compilation European Microbiological Societies**. 1018-1036.

Maddestra, Robbert. 1975. **Alcohol Burner Construction**. US Patent. 3,905,754.

Madigan, M. T., Martinko J. M., (2000),” **Nutrition Metabolism**”, Brock Biology of Microbiology, Prentice-Hall.

Mailool, J. C., Molenaar, R., Tooy, D., and Longdong, I. A. 2012. **Production Of Bioethanol From Cassava (*Manihot utilissima*) With Laboratory Scale**. Universitas Sam Ratulangi : Manado.

Mathur, H.B., 1988. “**Production and availability**”, **Alcohols – the Bio-solar Fuels**, p. 12. NARI (Nimbkar Agricultural Research Institute), 2006. Development of Ethanol Stove for Rural Areas, Final report submitted to Ministry of Non-Conventional Energy Sources, New Delhi.

Mcintosh, Neil. 2014. **Science : Distillation process**. [www.bbc.co.uk](http://www.bbc.co.uk). 19 November 2015 pukul 22.35.

McKetta, John J. and Cunningham, W. A. 1983. **Encyclopedia of Chemical Processing and Design**. New York and Bessel: Marcel Dekker, Inc.

Mulanovich. 2014. **Anaerob Fermentation**. [www.writinganythink.com](http://www.writinganythink.com) diakses pada tanggal 10 januari pukul 21.05.

Muljohardjo, M. 1983. **Jambu Mete dan Teknologi Pengolahannya (*Anacardium occidentale L.*)**. Yogyakarta : Liberty.

Nigam, P.S., and Singh, A., 2010. **Production of liquid biofuels from renewable resources**. *Prog. Energy Combust. Sci.* doi:10.1016/j.pecs.2010.01.003.

Nurdyastuti, I. 2005. Teknologi Proses Produksi Bioetanol. **Jurnal Pengembangan Biofuel Sebagai Substitusi Bahan Bakar Minyak**.

Nurhatika, S. and Arifyanto, A. 2014. An overview of Bioethanol Application Made from Biomaterial Ingredient for Stove and Motorcycle. **Journal of Applied Environmental and Biological Sciences** (4) 147-151.

Oketch, P.O., Ndirtu, 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.

Petersen EE, Margaritis A, Stewart RJ, Pilkington PH & Mensour NA. 2004. The effects of wort valine concentration on the total diacetyl profile and levels late in batch fermentations with brewing yeast *Saccharomyces carlsbergensis*. **J Am Soc Brew Chem** 62: 131–139.

Pinus Lingga dan Marsono, 2004. **Petunjuk Penggunaan Pupuk**. Penebar Swadaya. Jakarta.

Piskur, J., E. Rozpedowska, S. Polakova, A. Merico, and C. Compagno. 2006. **How did Saccharomyces Evolve to Become A Good Brewer ?**. *Trends in Genetics* 22:183-186

Prescott, S. C and Dunn, C. G. 1959. **Industrial Microbiology**. New York: McGraw-Hill Book Company, Inc.

Prescott, A.M., J.P. Harley, and D.A. 2002. **Microbiology**. McGraw-Hill, New York.

Prihandana. 2007. **Bioetanol Ubi Kayu: Bahan Bakar Masa Depan**. Jakarta: PT AgroMedia Pustaka.

Rahman, Ansory. 1992. **Teknologi Fermentasi**. Jakarta : Archan.

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.

Reysendi, A. R, Nurhatika, S., Muhibbudin, A. 2014. Efektifitas Penggunaan Bioetanol Buah Semu Jambu Mete Terhadap Lama Pembakaran Kompor Bioetanol. **Jurnal Sains dan Seni ITS**. Vol. 4, No.1

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.

Sardjoko. 1991. **Bioteknologi : Latar Belakang dan Beberapa Penerapannya**. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.

Schopke, T. 1887. **Koehler's Medicinal- Plants**. [www.plant-pictures.de](http://www.plant-pictures.de).

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

Stokes, H. 2004. Commercialization of a New Stove and Fuel System for Household Energy in Ethiopia Using Ethanol from

**Sugar cane Residues and Methanol from natural gas. GAIA Project In Ethiopia overview.**

Sulastri, S., Hasyim, Sofwani, Soewarno. 1999. Analisis Potensi Produk Unggulan Bidang Agrokompleks di Wilayah Kabupaten Kediri. **Jurnal Agritek**. Vol 7. No 4.

Sumangat, D., E. Mulyono dan Abdullah. 1990. **Peningkatan Manfaat Nilai Tambah Buah Semu Jambu Mete dalam Industri Pedesaan. Perkembangan Penelitian Tanaman Jambu Mete. Edisi Khusus Penelitian Tanaman Rempah dan Obat**. Vol. VI. No. 2. Bogor : Balai Penelitian Tanmana Obat.

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

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

Syahrudin, H. 2013. **Pengaruh Penggaraman Terhadap Protein Ikan Layang (*Decapterus rucell*)**. Surabaya: Fakultas Farmasi Universitas Surabaya.

Volk, Wesley A. 1993. **Mikrobiologi Dasar edisi ke-5**. Jakarta: Erlangga.

Walangare, K. B. A., Lumenta, A. S. M., Wuwung, J. O., dan Sugiarsa. 2013. Rancang bangun Alat Konversi Air laut menjadi Air minum dengan proses Destilasi Sederhana menggunakan Pemanas Elektrik. **Jurnal Teknik Elektro dan Komputer**.

Walker, JR., Mullins, J. W., and Orville C. 2010. **Marketing Management : A Strategic Decision-Making Approach**. Seven Edition. New York: McGraw-Hill.

Wasito. 1981. BPPT, **Kajian Lengkap Prospek Pemanfaatan Biodiesel Dan Bioethanol Pada Sektor Transportasi Di Indonesia.**

Winarno, F.G., 1984 .**Pengantar Teknologi Pangan.** Jakarta: PT Gramedia.

Winkle, Van N. 1967. Distillation. McGraw-Hill. New York.

Witjaksono, J., A. Sulle dan S. Ruku. 2005. **Strategi Akselerasi Peningkatan Pendapatan Petani Jambu Mete di Sulawesi Tenggara.** Kendari: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Tenggara.

Yang, Y., Boots, K., and Zhang, D. 2012. A Sustainable Ethanol Distillation System. **Journal of Sustainability.** Vol. 4. No.92-105.

Yarrow, D. 1984. **The Yeast. A Taxonomic Studi.** 3rd ed. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B. V.

Yokogawa. 2014. **Second Generation Ethanol Plant in Brazil.** GranBio. Alagoas Brazil.

Yuniarti, T. 2008. **Ensiklopedia Tanaman Obat Tradisional.** Yogyakarta : Media Pressindo.

## Lampiran 1. Skema kerja

### Pretreatment

Buah semu jambu mete

- diperas (menggunakan tangan)
- diblender
- diperas dengan saringan
- disimpan dalam wadah yang bersih

Hasil

### Fermentasi

Hasil pretreatment

- ditambahkan 22 gr yeast *Saccharomyces cerevisiae*, 20 gr urea, dan 20 gr NPK
- dihomogenkan dengan cara diaduk
- dibiarkan selama 5 hari
- ditutup rapat fermentor (ferementasi anaerob)
- disaring dengan kain untuk memisahkan endapan dengan larutan etanol-air

Hasil

### Analisis Kadar Gula Reduksi

Hasil fermentasi

- diambil 1-3 tetes larutan
- ditetaskan pada day light plate (refraktometer)
- dilihat skalanya dengan menghadapkan ke tempat cahaya

Hasil

## Skema kerja (lanjutan)

### Distilasi

Hasil fermentasi

- Dipindahkan larutan kedalam evaporator yang tersambung ke destilizer
- Dipanaskan cairan(etanol-air) pada suhu  $78^{\circ}\text{C}$  atau setara titik didih etanol
- Dialirkan uap etanol melalui pipa kondensor yang terendam air sehingga terkondensasi kembali menjadi etanol

Hasil

### Pengujian Kadar Etanol

Destilat

- Diambil 100 ml larutan kedalam gelas ukur
- Dimasukkan alcoholmeter kedalam gelas ukur, dan dibaca skalanya (skala menunjukkan kadar bioetanol)

Hasil

### Pengujian Etanol Sebagai Bahan bakar ke kompor generasi ke-3 dan generasi ke-4

Bioetanol (kadar tertentu)

- Diambil bioetanol 25 ml
- Dimasukkan kedalam tangki kompor
- Dimasukkan 50 ml air kedalam panci
- Diletakkan diatas kompor
- Dinyalakan kompor, dan dicatat lama waktu pembakaran dan kecepatan titik didihnya

Hasil

## Lampiran 2 Metodologi

Proses	Gambar	Keterangan
Pretreatment		Buah semu dipisahkan dengan buah sejati
		Buah semu jambu mete diperas
		Buah semu jambu mete diblender
		Buah semu jambu mete disaring

Fermentasi		Penambahan yeast <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , NPK, Urea.
		Pencampuran yeast, NPK, dan Urea
		Proses pegadukan
		Pemasukan larutan kedalam fermentor

		Fermentasi anaerob (berlangsung 5 hari)
		Penyaringan setelah fermentasi menggunakan kain
Analisis Gula Reduksi		Pengukuran kadar gula reduksi menggunakan refraktometer
Distilasi		Distilator yang digunakan

		Bioetanol hasil distilasi
Pengujian kadar bioetanol		Pengambilan bioetanol 100 ml
		Pengukuran kadar bioetanol dengan alkoholmeter

<p>Pengujian bioetanol sebagai bahan bakar ke kompor generasi ke-3 dan generasi ke-4 dengan metode WBT</p>		<p>Pengujian Lama pembakaran titik didih pada kompor generasi ke-3</p>
	 	<p>Pengujian Lama pembakaran dan titik didih pada kompor generasi ke-4</p>

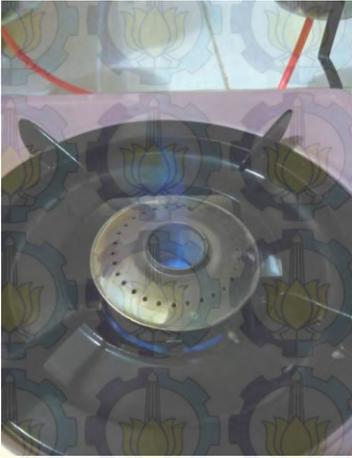
**Lampiran 3. Hasil uji kadar bioetanol hasil destilasi**

Hasil destilasi awal  
dihasilkan kadar  
bioetanol 84 %

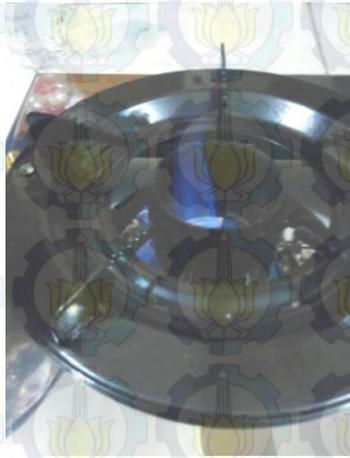


Hasil destilasi akhir  
dihasilkan kadar  
bioetanol 65 %

#### Lampiran 4. Hasil uji Lama pembakaran pada kompor 3 dan 4



Uji lama pembakaran  
pada kompor generasi  
ke-3

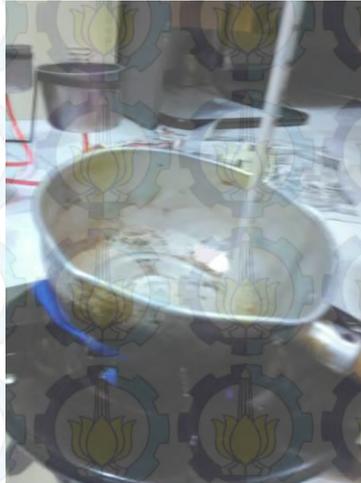


Uji lama pembakaran  
pada kompor generasi  
ke-4

**Lampiran 5. Hasil uji kecepatan titik didih pada kompor 3 dan 4**



Uji kecepatan titik  
pada kompor generasi  
ke-3



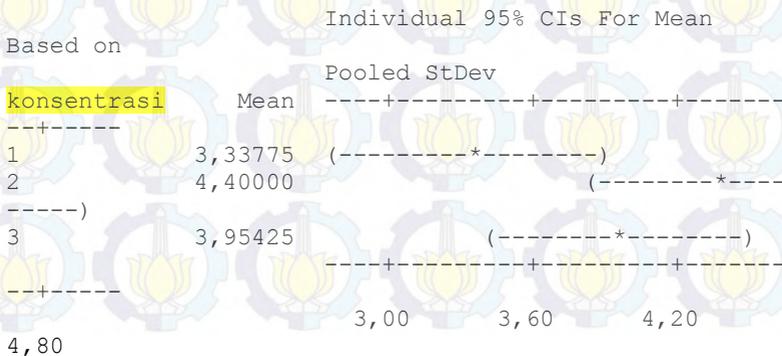
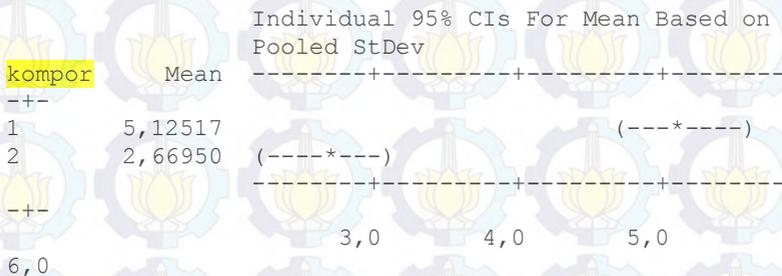
Uji kecepatan titik  
pada kompor generasi  
ke-4

## Lampiran 6. Hasil uji anova two-way untuk lama pembakaran

### Two-way ANOVA: waktu versus kompor; konsentrasi

Source	DF	SS	MS	F	P
kompor	1	18,0909	18,0909	88,24	0,000
konsentrasi	2	2,2762	1,1381	5,55	0,043
Interaction	2	2,3406	1,1703	5,71	0,041
Error	6	1,2302	0,2050		
Total	11	23,9378			

S = 0,4528 R-Sq = 94,86% R-Sq(adj) = 90,58%



Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

kompors	N	Mean	Grouping
1	6	5,1	A
2	6	2,7	B

Means that do not share a letter are significantly different.

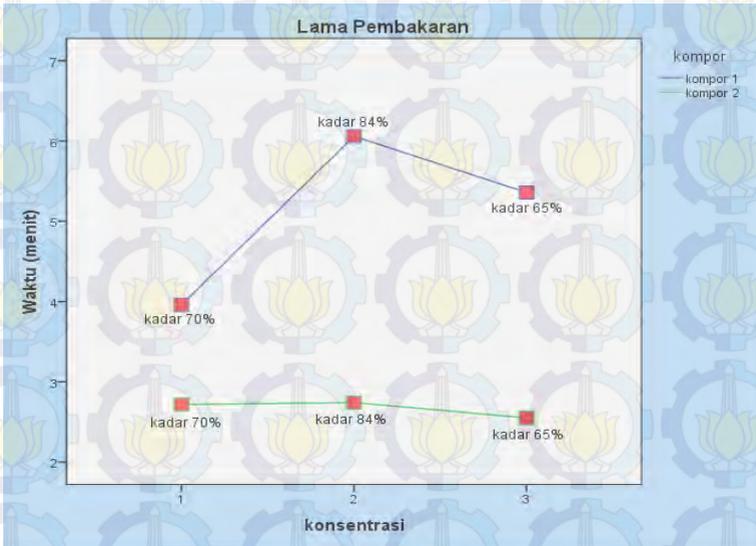
konsentrasi	N	Mean	Grouping
2	4	4,4	A
3	4	4,0	A
1	4	3,3	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

komporkonsentrasi	N	Mean	Grouping
1	2	6.059	A
1	3	5.358	A B
1	1	3.959	B C
2	2	2.742	C
2	1	2.717	C
2	3	2.550	C

### Lampiran 7. Grafik kombinasi korelasi jenis kompor bioetanol dan % bioetanol untuk lama pembakaran bioetanol



Keterangan:

(Garis warna biru) kompor generasi ke-3;

(garis warna hijau) kompor generasi ke-4;

1= konsentrasi 70% (kontrol);

2=konsentrasi 84%;

3=konsentrasi 65%.

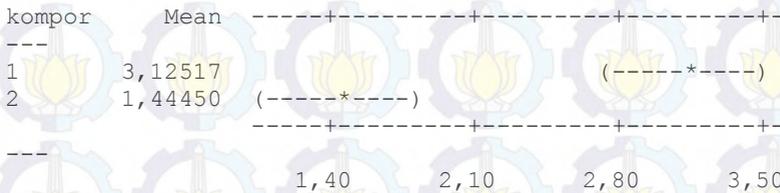
### Lampiran 8. Hasil uji anova two-way untuk titik didih

#### Two-way ANOVA: waktu versus kompor; konsentrasi

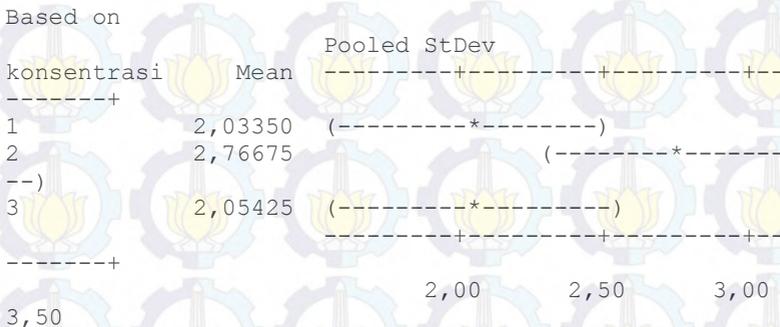
Source	DF	SS	MS	F	P
kompor	1	8,4739	8,47392	54,53	0,000
konsentrasi	2	1,3943	0,69716	4,49	0,064
Interaction	2	1,6168	0,80841	5,20	0,049
Error	6	0,9325	0,15541		
Total	11	12,4175			

S = 0,3942    R-Sq = 92,49%    R-Sq(adj) = 86,23%

Individual 95% CIs For Mean Based on  
Pooled StDev



Individual 95% CIs For Mean



Grouping Information Using Tukey Method and 95,0%  
Confidence

kompork	N	Mean	Grouping
1	6	3,1	A
2	6	1,4	B

Means that do not share a letter are significantly different.

konsentrasi	N	Mean	Grouping
2	4	2,8	A
3	4	2,1	A
1	4	2,0	A

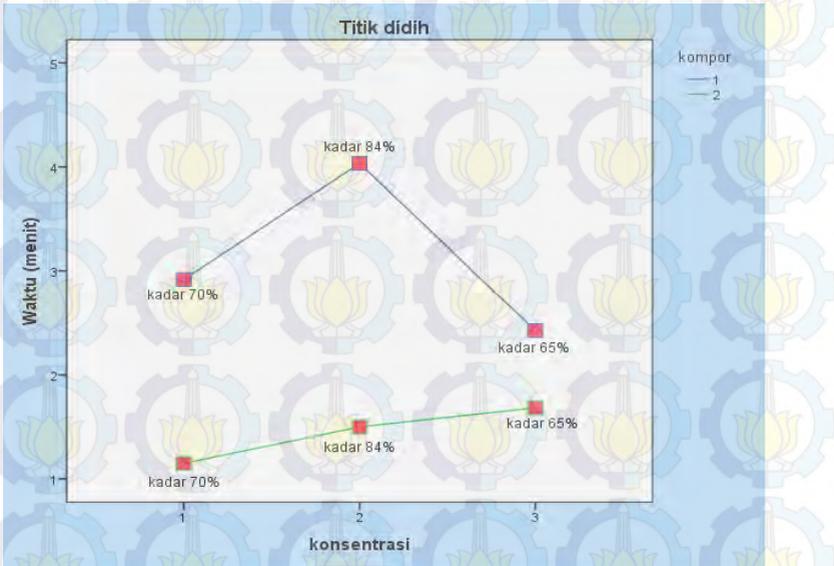
Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

komporkonsentrasi	N	Mean	Grouping
1	2	4.034	A
1	1	2.917	A B
1	3	2.425	B C
2	3	1.683	B C
2	2	1.500	B C
2	1	1.150	C

Means that do not share a letter are significantly different.

## Lampiran 9. Grafik kombinasi korelasi jenis kompor bioetanol dan % bioetanol untuk titik didih



Keterangan:

(Garis warna biru) kompor generasi ke-3;

(garis warna hijau) kompor generasi ke-4;

1=konsentrasi 70%(control);

2=konsentrasi 84%;

3=konsentrasi 65%.

### Lampiran 10. Data Pengamatan Lama Pembakaran

Lama pembakaran

Jenis kompor bioetanol	% Bioetanol	Ulangan		Total	Rata-rata
		1	2		
G1	B1	6 menit 4 detik (6,067)	6 menit 3 detik (6,050)	12 menit 7 detik (12,117)	6 menit 35 detik (6,0585)
	B2	5 menit 18 detik (5,300)	5 menit 25 detik (5,417)	10 menit 43 detik (10,717)	6 menit 21 detik (5,3585)
	B3	3 menit 25 detik (3,417)	4 menit 30 detik (4,500)	7 menit 55 detik (7,917)	3 menit 57 detik (3,9585)
G2	B1	2 menit 39 detik (2,650)	2 menit 39 detik (2,650)	5 menit 18 detik (5,300)	2 menit 39 detik (2,65)
	B2	2 menit 59 detik (2,983)	2 menit 7 detik (2,117)	5 menit 6 detik (5,100)	2 menit 33 detik (2,55)
	B3	2 menit 22 detik (2,367)	3 menit 4 detik (3,067)	5 menit 26 detik (5,433)	2 menit 43 detik (2,7165)

### Lampiran 11. Data Pengamatan Kecepatan titik didih

Titik diih

Jenis kompor bioetanol	% Bioetanol	Ulangan		Total	Rata-rata
		1	2		
G1	B1	4 menit 22 detik (4,367) (95 <sup>0</sup> C)	3 menit 42 detik (3,700) (96,5 <sup>0</sup> C)	8 menit 4 detik (8,067)	4 menit 2 detik (4,0335)
	B2	2 menit 25 detik (2,417) (92 <sup>0</sup> C)	2 menit 26 detik (2,433) (88 <sup>0</sup> C)	4 menit 51 detik (4,850)	2 menit 25 detik (2,425)
	B3	2 menit 25 detik (2,417) (89 <sup>0</sup> C)	3 menit 25 detik (3,417) (93,5 <sup>0</sup> C)	5 menit 50 detik (5,833)	2 menit 55 detik (2,9165)
G2	B1	1 menit 25 detik (1,417) (100 <sup>0</sup> C)	1 menit 35 detik (1,583) (99 <sup>0</sup> C)	3 menit (3,000)	1 menit 30 detik (1,5)
	B2	1 menit 24 detik (1,400) (96 <sup>0</sup> C)	1 menit 58 detik (1,967) (99 <sup>0</sup> C)	3 menit 22 detik (3,367)	1 menit 41 detik (1,6835)
	B3	1 menit 1 detik (1,017) (94 <sup>0</sup> C)	1 menit 17 detik (1,283) (94 <sup>0</sup> C)	2 menit 18 detik (2,300)	1 menit 9 detik (1,15)

## Lampiran 12. Spesifikasi etanol 70% (Kontrol) komersil



**PT. MOLINDO RAYA INDUSTRIAL**

Ice & Factory : Jl. Sumber Waras 255, Lawang, 65216 Malang - INDONESIA  
 mail:mir1@indo.net.id

Telp. (0341) 426881 (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

  
 Agus Sattini  
 Head Of QA/QC

QCT/S-03/01

### Lampiran 13. Spesifikasi fermipan yang digunakan (komersil)

#### Formulation

Native wheat starch (Roquette)	85%
Gluten (Gluvital)	15%
Xanthan gum (Keltrol F)	0.5%
Glucose	1.2%
Salt	2%
Shortening	0.5%
Water	57%
Ascorbic acid	100 ppm
Fungal $\alpha$ -amylase	
P200 (Gist-brocades)	100 ppm
Grindamyl (Grinsted)	300 ppm
$\text{NH}_4\text{Cl}$	300 ppm
$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	375 ppm
Fermipan™	
(Instant dry yeast from Gist-brocades)	1% or 2%

#### Procedure

Mixing time	10 minutes, 52 r.p.m. (pin mixer)
Dough temperature	28°C
Scaling weights	150 g (pup loaves)
Bench time	20 minutes at room temperature
Proof time	1, 2 or 3 hours at 30°C

## BIODATA PENULIS



Indah Safitri Novitasari, lahir pada 9 September 1994 di Kediri sebagai anak tunggal dari pasangan Jumadi dan Pujiati. Setelah menempuh pendidikan formal di SD N Kedungsari 1, SMP N 2 Tarokan dan SMA N 1 Grogol, penulis melanjutkan pendidikan tinggi di S1 Biologi Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2012.

Ketika menempuh pendidikan di Biologi ITS penulis mengambil fokus bidang Botani-Mikrobiologi. Penulis pernah menjadi staff Departemen Ekonomi dan Sosial di BEM Fakultas selama satu periode, penulis juga pernah menjadi staff Keputrian di Forum Kajian Islam Qurani (FKIQ) di Jurusan Biologi selama satu periode. Penulis pernah mengikuti ASEAN-KOREA Symposium pada tahun 2015. Penulis juga ikut serta dengan tim penelitian Ir. Sri Nurhatika, MP. mengenai *“Training of Using Bioethanol Stove to Housewife in ITS Campus”* di Yamaguchi University Jepang.

Penulis melakukan penelitian di bidang Botani-Mikrobiologi untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan jenjang S1 Biologi ITS. Penulis mengambil topik tentang Energi baru terbarukan di bawah bimbingan Ir.Sri Nurhatika, MP.

Ketekunan, keuletan dan motivasi tinggi untuk belajar dan berusaha, telah mengantarkan penulis berhasil menyelesaikan pengerjaan Tugas Akhir. Semoga dengan penulisan laporan tugas akhir ini mampu memberikan kontribusi positif bagi dunia pendidikan serta permulaan bagi penelitian lanjutan mengenai energi baru terbarukan di Indonesia khususnya tentang Bioetanol.

Data pribadi:

Email : hadniindah19@gmail.com