



TUGAS AKHIR (SB-091358)

**EFEKTIVITAS PENGGUNAAN BIOETANOL
SARI BUAH SEMU JAMBU METE
(*Anacardium occidentale* L.) TERHADAP LAMA
PEMBAKARAN KOMPOR BIOETANOL**

**ASTRID RIZKA RAYSENDI
NRP 1510 100 019**

**Dosen Pembimbing
Ir. Sri Nurhatika, M.P
Dr. Anton Muhibuddin, S.P, M.P**

**Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014**



FINAL PROJECT (SB-091358)

THE EFFECTIVENESS OF *Anacardium occidentale* L. EXTRACT ON THE BURNING PROCESS OF BIOETHANOL STOVE

**ASTRID RIZKA RAYSENDI
NRP 1510 100 019**

Advisor Lecturer
**Ir. Sri Nurhatika, M.P
Dr. Anton Muhibuddin, S.P, M.P**

Department of Biology
Faculty Mathematics and Sains
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014

LEMBAR PENGESAHAN

**EFEKTIVITAS PENGGUNAAN BIOETANOL
SARI BUAH SEMU JAMBU METE
(*Anacardium occidentale* L.) TERHADAP LAMA
PEMBAKARAN KOMPOR BIOETANOL**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada
Jurusan S-1 Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**ASTRID RIZKA RAYSENDI
NRP. 1510 100 019**

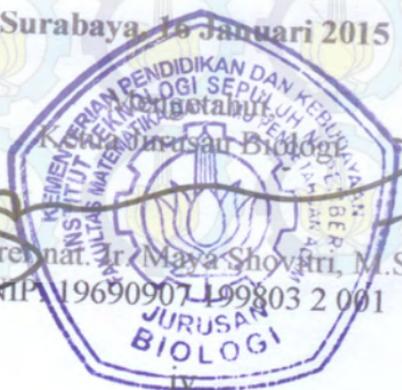
Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Ir. Sri Nurhatika, M.P. (Pembimbing 1)

Dr. Anton Muhibuddin, S.P., M.P. (Pembimbing 2)

Surabaya, 16 Januari 2015

Dr. rer. nat. Ir. Maya Shovatri, M.Si
NIP. 196909071998032001



EFEKTIVITAS PENGGUNAAN BIOETANOL SARI BUAH
SEMU JAMBU METE (*Anacardium occidentale* L.)
TERHADAP LAMA PEMBAKARAN KOMPOR BIOETANOL

Nama Mahasiswa : Astrid Rizka Raysendi
NRP : 1510 100 019
Jurusan : Biologi
Dosen Pembimbing : Ir. Sri Nurhatika, M.P
Dr. Anton Muhibuddin, S.P, M.P

Abstrak

Bioetanol merupakan bahan bakar alternatif ramah lingkungan dan sifatnya terbarukan. Indonesia kaya akan tanaman yang potensial sebagai bahan baku bioetanol, salah satunya jambu mete (Anacardium occidentale) melalui buah semunya yang mengandung karbohidrat sebanyak 15,8 gram per 100 gram buah semu. Pada penelitian ini dilakukan fermentasi limbah cair sari buah semu jambu mete menggunakan Saccharomyces cereviceae. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh bioetanol yang efektif dari sari buah semu jambu mete terhadap lama pembakaran kompor bioetanol.

Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah lama waktu nyala kompor dan kadar etanol yang dihasilkan. Etanol yang diperoleh dilakukan analisa kadar etanol dan diuji lama pembakaran pada kompor bioetanol.

Dari hasil penelitian, didapatkan etanol hasil destilasi dengan kadar 90% dan 70%. Data menunjukkan kecepatan pendidihan air menggunakan bahan bakar etanol 90% dengan waktu 17 menit 5 detik, bahan bakar etanol 70% dengan waktu pendidihan 21 menit 22 detik, hal ini dipahami karena nilai kalor dari etanol 90% masih lebih tinggi dari etanol 70%. Sedangkan untuk bahan bakar minyak tanah dengan waktu pendidihan 28 menit 7 detik. Jadi, bioetanol yang paling efektif terhadap lama pembakaran kompor bioetanol yaitu bioetanol kadar 90% dilihat dari kecepatan pendidihan air dan rata-rata lama pembakaran

jika dibandingkan dengan bioetanol kadar 70% dan minyak tanah.

Kata kunci : Bioetanol, Anacardium occidentale L., Saccharomyces cereviceae, Kecepatan Pendidihan Air, Lama Pembakaran

THE EFFECTIVENESS OF *Anacardium occidentale* L.
EXTRACT ON THE BURNING PROCESS OF BIOETHANOL
STOVE

Name : Astrid Rizka Raysendi
NRP : 1510 100 019
Department : Biology
Advisor Lecturer : Ir . Sri Nurhatika , M.P
Dr. Anton Muhibuddin , S.P, M.P

Abstract

*Bioethanol is an environmentally friendly alternative fuels and renewable nature. Indonesia have plants so much as a potential bioethanol feedstock, one of cashew (Anacardium occidentale) contains carbohydrates as much as 15.8 grams per 100 grams of juice that is processed into ethanol potential of high economic value. In this research, the fermentation liquid waste cashew juice using *Saccharomyces cereviceae*. This study aimed to obtain effective bioethanol from juice of cashew on long burning stove bioethanol .*

The parameters observed in this study is how long time for stove to be flammng and levels of ethanol final results produced. And after that the final results of ethanol product need to be threated analyzing to searching level of ethanol and tested to know how long time for stove burning using bioethanol .

From the results, obtained by the distillation of ethanol content of 90 % and 70 % . The data shows the speed of boiling water using 90 % ethanol fuel with a time of 17 minutes 5 seconds, fuel ethanol 70 % with boiling time 21 minutes 22 seconds, this is understandable because the calorific value of ethanol 90 % still more high of 70 % ethanol. It was different to boiling water needed time 28 minutes 7 seconds when we used fuel oil. The conclusion of this study bioethanol is most effective againts long burning stove need using level 90 % bioethanol content, this results can be known from speed of boiling water,

and the average length of time burning of stove when we have compared with levels of 70 % bioethanol or with kerosene .

Keywords : Bioethanol, Anacardium occidentale L., Saccharomyces cereviceae , Boiling Water Speed , Long Burning

EFEKTIVITAS PENGGUNAAN BIOETANOL SARI BUAH
SEMU JAMBU METE (*Anacardium occidentale* L.)
TERHADAP LAMA PEMBAKARAN KOMPOR BIOETANOL

Nama Mahasiswa : Astrid Rizka Raysendi
NRP : 1510 100 019
Jurusan : Biologi
Dosen Pembimbing : Ir. Sri Nurhatika, M.P
Dr. Anton Muhibuddin, S.P, M.P

Abstrak

Bioetanol merupakan bahan bakar alternatif ramah lingkungan dan sifatnya terbarukan. Indonesia kaya akan tanaman yang potensial sebagai bahan baku bioetanol, salah satunya jambu mete (Anacardium occidentale) melalui buah semunya yang mengandung karbohidrat sebanyak 15,8 gram per 100 gram buah semu. Pada penelitian ini dilakukan fermentasi limbah cair sari buah semu jambu mete menggunakan Saccharomyces cereviceae. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh bioetanol yang efektif dari sari buah semu jambu mete terhadap lama pembakaran kompor bioetanol.

Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah lama waktu nyala kompor dan kadar etanol yang dihasilkan. Etanol yang diperoleh dilakukan analisa kadar etanol dan diuji lama pembakaran pada kompor bioetanol.

Dari hasil penelitian, didapatkan etanol hasil destilasi dengan kadar 90% dan 70%. Data menunjukkan kecepatan pendidihan air menggunakan bahan bakar etanol 90% dengan waktu 17 menit 5 detik, bahan bakar etanol 70% dengan waktu pendidihan 21 menit 22 detik, hal ini dipahami karena nilai kalor dari etanol 90% masih lebih tinggi dari etanol 70%. Sedangkan untuk bahan bakar minyak tanah dengan waktu pendidihan 28 menit 7 detik. Jadi, bioetanol yang paling efektif terhadap lama pembakaran kompor bioetanol yaitu bioetanol kadar 90% dilihat dari kecepatan pendidihan air dan rata-rata lama pembakaran

jika dibandingkan dengan bioetanol kadar 70% dan minyak tanah.

Kata kunci : Bioetanol, Anacardium occidentale L., Saccharomyces cereviceae, Kecepatan Pendidihan Air, Lama Pembakaran

THE EFFECTIVENESS OF *Anacardium occidentale* L.
EXTRACT ON THE BURNING PROCESS OF BIOETHANOL
STOVE

Name : Astrid Rizka Raysendi
NRP : 1510 100 019
Department : Biology
Advisor Lecturer : Ir . Sri Nurhatika , M.P
Dr. Anton Muhibuddin , S.P, M.P

Abstract

*Bioethanol is an environmentally friendly alternative fuels and renewable nature. Indonesia have plants so much as a potential bioethanol feedstock, one of cashew (Anacardium occidentale) contains carbohydrates as much as 15.8 grams per 100 grams of juice that is processed into ethanol potential of high economic value. In this research, the fermentation liquid waste cashew juice using *Saccharomyces cereviceae*. This study aimed to obtain effective bioethanol from juice of cashew on long burning stove bioethanol .*

The parameters observed in this study is how long time for stove to be flammng and levels of ethanol final results produced. And after that the final results of ethanol product need to be threated analyzing to searching level of ethanol and tested to know how long time for stove burning using bioethanol .

From the results, obtained by the distillation of ethanol content of 90 % and 70 % . The data shows the speed of boiling water using 90 % ethanol fuel with a time of 17 minutes 5 seconds, fuel ethanol 70 % with boiling time 21 minutes 22 seconds, this is understandable because the calorific value of ethanol 90 % still more high of 70 % ethanol. It was different to boiling water needed time 28 minutes 7 seconds when we used fuel oil. The conclusion of this study bioethanol is most effective againts long burning stove need using level 90 % bioethanol content, this results can be known from speed of boiling water,

and the average length of time burning of stove when we have compared with levels of 70 % bioethanol or with kerosene .

Keywords : Bioethanol, Anacardium occidentale L., Saccharomyces cereviceae , Boiling Water Speed , Long Burning

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **Efektivitas Penggunaan Bioetanol Sari Buah Semu Jambu Mete (*Anacardium occidentale* L.) Terhadap Lama Pembakaran Kompor Bioetanol** di Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Tak lupa saya sampaikan penghargaan dan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu saya dalam melaksanakan penyusunan tugas akhir sehingga dapat terselesaikan dengan baik, khususnya kepada, ibu Ir. Sri Nurhatika, M.P selaku pembimbing 1, bapak Dr. Anton Muhibuddin, S.P., M.P selaku pembimbing 2 serta tim penguji, ibu Kristanti Indah Puwani, S.Si., M.Si dan ibu Nur Hidayatul Alami, S.Si., M.Si. Saya juga mengucapkan banyak terima kasih kepada kedua orang tua, atas bimbingan dan dukungan doanya, bapak Toni dan bapak Dani selaku staff CV. Tristar Chemical, bapak Prodjo selaku pemilik PT. Harapan Jaya Mandiri, bapak Kapten Rumadi selaku pemilik home industri Karang Tengah Imogiri Bantul Yogyakarta, teman-teman 2010 atas kebersamaannya serta seluruh pihak yang telah membantu.

Dalam penulisan ini saya menyadari akan adanya kekurangan akibat dari keterbatasan pengetahuan penulis. Untuk itu saya mengharapkan kritik dan saran membangun dari semua pihak untuk dapat lebih baik. Dan akhirnya saya mengharapkan semoga bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, 13 Januari 2015

Astrid Rizka Raysendi

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	viii
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Permasalahan.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Jambu Mete (<i>Anacardium occidentale</i> L.)	5
2.1.1 Klasifikasi jambu mete	8
2.1.2 Sifat dan khasiat jambu mete.....	9
2.1.3 Potensi jambu mete sebagai bioetanol.....	10
2.2 <i>Saccharomyces cereviceae</i>	11
2.3 Gula Reduksi.....	14
2.4 Etanol.....	15
2.5 Bioetanol.....	20
2.6 Bioetanol sebagai Sumber Energi Terbarukan Ramah Lingkungan.....	22
2.7 Proses Bioetanol.....	23
2.7.1 Hidrolisis.....	23
2.7.2 Fermentasi.....	25
2.7.3 Destilasi.....	30
2.8 Kompiler Bioetanol.....	32

2.9 CV. Tristar Chemical.....	36
BAB III METODOLOGI	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	39
3.2 Metode yang Digunakan	39
3.2.1 Teknik pengambilan bahan baku dan pretreatment.....	39
3.2.2 Proses fermentasi.....	39
3.2.3 Analisis gula reduksi.....	40
3.2.4 Proses produksi bioetanol.....	40
3.2.5 Pengujian kadar etanol.....	40
3.2.6 Pengujian bioetanol sebagai bahan bakar.....	40
3.3 Rancangan Penelitian dan Analisa Data.....	41
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Teknik Pengambilan Bahan Baku dan Pretreatment....	43
4.2 Proses Fermentasi.....	43
4.3 Analisis Gula Reduksi.....	45
4.4 Proses Produksi Bioetanol.....	47
4.5 Pengujian Kadar Etanol.....	48
4.6 Pengujian Bioetanol sebagai Bahan Bakar.....	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA.....	55
LAMPIRAN.....	63
BIODATA PENULIS.....	64

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 2.1	Kandungan Organik Jambu Mete.....	11
Tabel 2.2	Hasil Fermentasi Didestilasi dan Kadar Alkohol.....	14
Tabel 2.3	Sifat Fisik Etanol.....	17
Tabel 2.4	Kapasitas Produksi Etanol Tahun 2001-2005 di Indonesia.....	19
Tabel 2.5	Perbandingan Sifat Thermal, Kimia, Fisik Antara Etanol dan Premium.....	20
Tabel 2.6	Berbagai Bahan Baku Bioetanol dan Kadar Etanol yang Dihasilkan.....	22
Tabel 2.7	Perhitungan Efisiensi Pembakaran.....	36
Tabel 3.1	Konversi Gula Reduksi dan Kadar Etanol.	41
Tabel 3.2	Perbandingan Lama Pembakaran Bioetanol dengan Minyak Tanah.....	41
Tabel 4.1	Konversi Gula Reduksi dan Kadar Etanol.	45
Tabel 4.2	Perbandingan Lama Pembakaran Bioetanol dengan Minyak Tanah.....	49

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Jambu mete.....	7
Gambar 2.2 Siklus Hidup <i>Saccharomyces cereviceae</i>	13
Gambar 2.3 Skema Rangkaian Alat Fermentasi Anaerob.....	28
Gambar 2.4 Alat Destilasi.....	32
Gambar 2.5 Kompor Bioetanol Bertekanan.....	34
Gambar 2.6 Kompor Bioetanol.....	36
Gambar 4.1 Grafik Kecepatan Titik Didih Air dan Lama Pembakaran.....	49

DAFTAR PUSTAKA

Amerine, M.A. and W.V. Cruess. 1967. **The Technology of Wine Making**. The AVI Publishing Co. Inc. Westport, Connecticut.

Anonim. 2014. **Wan Li She Bei**. China.

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

Azizah. 2013. **Pengaruh Suhu Fosforilasi terhadap Sifat Fisikokimia Pati Tapioka Termodifikasi**. Fakultas Pertanian. Makassar : Universitas Hasanuddin.

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

Bohnet, Mathias. 2003. **Ulmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry Volume 19**. New York : Wiley-VCH.

Buckle, K.A., 1987. **Ilmu Pangan**. Jakarta : Universitas Indonesia Press.

Bulawayo, B. 1996. Ethanol Production by Fermentation of Sweet-Stem Shorgum Juice Using Various Yeast Strains. **World Journal Microbiology & Biotechnology**. Volume 12. Page 357-360.

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

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

Ditjenbun. 2006. **Daftar Komoditi Binaan**. Direktorat Jenderal Perkebunan. <http://ditjenbun.deptan.go.id>

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

Fessenden, 1982. **Kimia Organik Edisi Ketiga**. Jakarta : Erlangga.

Groggins, P.H. 1958. **Unit Processes In Organik Syntetic 5th Edition**. Tokyo : Mc Graw Hill, Kogakusha, Ltd.

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

Hambali, E., Mujdalipah, S., Halomoan, A.T., Waries, A., dan Hendroko, R. 2007. **Teknologi Bioenergi**. Jakarta : Agromedia Pustaka.

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, Estiti B. 1995. **Anatomi Tumbuhan Berbiji**. Bandung : Penerbit ITB.

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

Kartikasaqri, D.S., Nurhatika, S., Dan Muhibuddin, A. 2013. Potensi Alang-Alang (*Imperata Cylindrica* (L.) Beauv.) Dalam Produksi Etanol Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis*. **Jurnal Sains Dan Senipomits**.

Kavanagh, K. 2005. **Fungi Biology and Application**. John Wiley & Sons Ltd.

Kirk, R.E. 1951. **Encyclopedia of Chemical Technology**. New York : Interscience Encyclopedia, Inc.

Kister, H. Z., 1992. **Distillation Design**. California : Mc Graw-Hill.

Komariyati, Sri. 2010. **Prospek Bioetanol Sebagai Pengganti Minyak Tanah**. Bogor : Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan.

Kumalaningsih, S. 1995. **Mikrobiologi Hasil Pertanian**. Malang : IKIP Malang.

Kusumaningati, A.M., Nurhatika, S., Dan Muhibuddin, A. 2013. Pengaruh Konsentrasi Inokulum Bakteri *Zymomonas Mobilis* Danlana Fermentasi Pada Produksi Etanol Dari Sampah Sayur Danbuah Pasar Wonokromo Surabaya. **Jurnal Sains Dan Senipomits. Vol. 2, No.2, (2013)**.

Laksmi, B.S., 1993. **Penanganan Limbah Industri Pangan**. Jakarta: Kanisius.

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

McKetta. 1983. **Encyclopedia Chemical Process and Design**. New York : Marchell Dekker Inc.

Muldjiono. 1978. **Laporan Penelitian Mutu Minyak & Nilai Gizi Biji Jambu Mete Kalimantan Selatan**. Banjar Baru : Balai Penelitian Banjar.

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

Nurdyastuti, I. 2008. **Teknologi Proses Produksi Bio-Ethanol, Prospek Pengembangan Biofuel Sebagai Substitusi Bahan Bakar Minyak**. Jakarta : Balai Besar Teknologi Pati – BPPT.

Nurhatika, S. And Arifiyanto, A. 2014. An Overview Of Bioethanol Application Made From Biomaterial Ingredient Forstove And Motorcycle. **Journal Of Applied Environmental And Biological Sciences**, 4 (4) 147-151.

Nurhatika, S., Arifiyanto, A., Kusumaningati, A.M. And Agustina,D. 2014. Bioethanol Application Made From Biomaterial Ingredient For Stove And Its Contribution Towards Renewable Energy Usage In Indonesia. **International Journal Of Academic Research**, Vol.6 No.5 Article ID : IJ14V6N5A34.

Pescott, Dunn. 1959. **Industrial Microbiology 4th Edition**. New York : Mc Graw Hill Company Inc.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri, 2011. **Majalah Semi Populer Tree Tanaman Rempah Dan Industri. Volume 2, Nomor 8**. Sukabumi : Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri. Page 32.

Rahayu. 1988. **Teknologi Pengolahan Minuman Beretanol**. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

Rahman, Ansory. 1992. **Teknologi Fermentasi**. Jakarta : Archan.
Rajvanshi, Anil K., Patil, S. M. and Mendoca, B. 2004. **Development of Stove Running on Low Ethanol Concentration**. India : Nimbkar Agricultural Research Institute (NARI).

Robinson, James. 2006. **Bio - Ethanol as a Household Cooking Fuel : A Mini Pilot Study of the SuperBlu Stove in Peri-Urban Malawi**. UK : MSc Thesis at Loughborough University.

Saragih, Y. P. dan Y. Haryadi. 2003. **Mete, Budidaya Jambu Mete, Pengupasan Gelondong**. Jakarta : Penerbit Penebar Swadaya. Page 86.

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

Schöpke T. 1887. **Koehler's Medicinal-Plants**. www.plant-pictures.de.

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

Shuler. 1992. **Bioprocess Engineering, Basic Concept**. USA : Prentice Hall Inc.

Simanjuntuak, Riswan. 2009. **Studi Pembuatan Etanol Dari Limbah Gula (Molase)**. Departemen Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. USU Repository.
Sugiharto. 1987. **Dasar – Dasar Pengelolaan Air Limbah**. Jakarta : UI Press.

Sulfahri, Nurhatika S., Nurhidayati T. 2011. Aerobic Andanaerobic Processes Of Spyrogyra Extract Using Different Doses of Zymomonas Mobilis. **Journal Of Aplied Enviromental And Biological Sciences. 1 (10) 420-425.**

Sumangat, D., E. Mulyono dan A. 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 Tanaman Obat.

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

Suyitno, Sujono, Kristiawan dan Dharmanto. 2009. Uji Unjuk Kerja Kompor Berbahan Bakar Bioetanol. **Jurnal Mekanika Volume 8 Nomor 1.** UNS : Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNS. p 114.

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

Umbreit, Wayne W., 1959. **Advances In Applied Microbiology Volume 1.** New Jersey : Rutgers University.

Widjaja, A. 2007. **Produksi Enzim Xilanase dari *Aspergillus niger* ATCC 6275 pada Media Fermentasi Terendam dengan Substrat dedak Gandum.** Surabaya : Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia.

Winarno, FG. 1983. **Enzim Pangan.** Jakarta: PT Gramedia.

Winkle, M. 1967. **Distillation.** New York : McGraw-Hill.

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

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

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Minyak bumi merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbarui. Dengan deposit yang terbatas, cepat atau lambat cadangannya pasti akan habis. Hal ini mendorong dilakukannya usaha penghematan energi dan pencarian sumber energi baru sebagai alternatif. Di antara berbagai alternatif, penggunaan etanol merupakan suatu pilihan yang mendapat perhatian di banyak negara. Keuntungan dari penggunaan etanol adalah dapat diproduksi terus menerus oleh mikroorganisme dan ramah lingkungan (Sardjoko, 1991).

Bioetanol (C_2H_5OH) merupakan salah satu *biofuel* yang hadir sebagai bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan dan sifatnya yang terbarukan. Merupakan bahan bakar alternatif yang diolah dari tumbuhan yang memiliki keunggulan karena mampu menurunkan emisi CO_2 hingga 18%, dibandingkan dengan emisi bahan bakar fosil seperti minyak tanah. Bioetanol dapat diproduksi dari berbagai bahan baku yang banyak terdapat di Indonesia, sehingga sangat potensial untuk diolah dan dikembangkan karena bahan bakunya sangat dikenal masyarakat. Bahan baku untuk pembuatan bioetanol terbagi tiga, yaitu bahan berpati, bergula, dan bahan berselulosa. Sebaiknya pengembangan bioetanol masa depan lebih ditujukan kepada penggunaan bahan yang tidak dikonsumsi manusia sehingga tidak mengganggu ketahanan pangan nasional (Komariyati, 2010).

Indonesia kaya akan tanaman yang potensial sebagai bahan baku bioetanol, salah satu diantaranya adalah tanaman jambu mete (*Anacardium occidentale*) melalui buah semunya. Mengingat bahwa sampai saat ini produk yang diperoleh dari jambu mete masih terbatas pada pengolahan buah sejati menjadi kacang mete (Saragih dan Haryadi, 2003). Buah semu jambu mete mengandung karbohidrat sebanyak 15,8 gram per 100 gram buah semu. Dengan kandungan karbohidrat tersebut, maka buah

semu mete merupakan bahan baku yang cukup potensial untuk diolah menjadi etanol yang bernilai ekonomis tinggi (Hermawan *et al.*, 2005).

Pada penelitian ini dilakukan fermentasi sari buah semu jambu mete menggunakan *Saccharomyces cereviceae*. Setelah fermentasi, dilakukan uji kadar etanol. Jika kadar kurang dari 90% maka dilakukan destilasi. Hasil bioetanol yang didapatkan, dilakukan uji lama nyala api dan uji kecepatan titik didih air.

1.2 Rumusan Permasalahan

Permasalahan yang timbul pada penelitian ini yaitu bagaimana memperoleh bioetanol yang efektif dari sari buah semu jambu mete terhadap lama pembakaran kompor bioetanol.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu sari buah semu jambu mete diambil di desa wisata perkebunan jambu mete Karang Tengah Imogiri Bantul Yogyakarta; ragi yang digunakan *Saccharomyces cereviceae* dengan fermentasi anaerob, alat destilasi digunakan destilator skala pelatihan milik CV. Tristar Chemical, etanol yang dihasilkan digunakan untuk kompor bioetanol merk acura tipe BPP 3 milik PT. Harapan Jaya Mandiri.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk memperoleh bioetanol yang efektif dari sari buah semu jambu mete terhadap lama pembakaran kompor bioetanol.

1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini yaitu :

1. Untuk memperoleh informasi tentang pembuatan bioetanol dari sari buah semu jambu mete;
2. Memanfaatkan sari buah semu jambu mete sebagai bahan dasar pembuatan bioetanol yang selama ini belum termanfaatkan secara optimal;

3. Meningkatkan nilai tambah dari sari buah semu jambu mete menjadi bioetanol agar nantinya 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 Jambu Mete (*Anacardium occidentale L.*)

Jambu mete (*Anacardium occidentale L.*) termasuk tumbuhan yang berkeping biji dua atau juga disebut tumbuhan berbiji belah. Nama yang tepat untuk mengklasifikasikan tumbuhan ini adalah tumbuhan yang berdaun lembaga dua atau disebut juga dikotil. Jambu mete mempunyai batang pohon yang tidak rata dan berwarna coklat tua (Hidayat, 1995).

Jambu mete ini juga merupakan tanaman buah berupa pohon yang berasal dari Brazil Tenggara. Tanaman ini dibawa oleh pelaut Portugis ke India 425 tahun yang lalu, kemudian menyebar ke daerah tropis dan subtropis lainnya seperti Bahama, Senegal, Kenya, Madagaskar, Mozambik, Srilangka, Thailand, Malaysia, Filipina, dan Indonesia. Diantara sekian banyak negara produsen, Brazil, Kenya dan India merupakan negara pemasok utama jambu mete dunia (Dalimartha, 2000).

Tanaman jambu mete sangat menyukai sinar matahari. Apabila tanaman jambu mete kekurangan sinar matahari, maka produktivitasnya akan menurun atau tidak akan berbuah bila dinaungi tanaman lain. Suhu harian di sentra penghasil jambu mete minimum antara 15-25⁰C dan maksimum antara 25-35⁰C. Tanaman ini akan tumbuh baik dan produktif bila ditanam pada suhu harian rata-rata 27⁰C (www.ristek.go.id).

Jambu mete tersebar diseluruh nusantara dengan nama berbeda-beda. Di Sumatera Barat (jambu erang/jambu monyet), di Lampung (gayu), di Jawa Barat (jambu mede), di Jawa Tengah dan Jawa Timur (jambu monyet), di Bali (jambu jipang/jambu dwipa) dan di Sulawesi Utara (buah yaki). Jambu mete mempunyai puluhan varietas, diantaranya ada yang berkulit putih, merah, merah muda, kuning, hijau kekuningan dan hijau (Liptan, 1999).

Tanaman jambu mete merupakan komoditi ekspor yang banyak manfaatnya, mulai dari akar, batang, daun dan buahnya.

Selain itu juga biji mete (kacang mete) dapat digoreng untuk makanan bergizi tinggi. Buah semu jambu mete dapat diolah menjadi beberapa bentuk olahan seperti sari buah mete, anggur mete, manisan kering, selai mete, buah kalengan, dan jem jambu mete (Gunawan, *et al.*, 2001).

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. Tanaman dapat 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 yang tua berwarna hijau gelap.
4. **Bunga.** Tumbuh pada ujung tunas / ranting, tanaman mulai berbunga umur 3 – 5 tahun, jambu mete bisa berbunga sepanjang tahun bila didukung oleh curah hujan yang merata sepanjang tahun, akan tetapi umumnya produksi puncak terjadi 1 tahun sekali. Ukuran bunga kecil, harum, bunga termasuk bunga majemuk, hermaprodit.
5. **Buah.** Jambu mete terdiri dari 2 bagian : buah sejati (biji mete) dan buah semu (tangkai buah yang membengkak mirip jambu air). Ukuran panjang gelondong 2,5 – 3,5 cm, lebar \pm 2 cm tebal kulit 1 – 1,5 mm, rata-rata berat gelondong 5 – 6 gr. Didalam gelondong terdapat kacang mete (kernel) yang biasa dikonsumsi dalam bentuk

kacang mete goreng atau lainnya, kacang mete terdiri dari dua keping berwarna putih.

(Yuniarti, 2008).



Gambar 2.1 Jambu Mete : a. Buah Semu; b. Buah Sejati (Dalimartha, 2000).

Jenis tanah paling cocok untuk pertanaman jambu mete adalah tanah berpasir, tanah lempung berpasir dan tanah ringan berpasir. Jambu mete paling cocok ditanam pada tanah dengan pH antara 6,3-7,3, tetapi masih sesuai pada pH antara 5,5-6,3 (Dalimartha, 2000).

Produksi biji mete Indonesia pada tahun 2006 adalah sebanyak 140.573 ton (Ditjenbun, 2006). 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 hasil ikutan 15 kg buah semu mete (Sumangat *et. al.*, 1990). Jadi dari 140.573 ton biji mete akan diperoleh buah semu mete sebanyak 2.108.595 ton. Dari 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. 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, *et al.*, 2001).

2.1.1 Klasifikasi Jambu Mete

Klasifikasi jambu mete (*Anarcadium occidentale*) menurut *Medicinal-Plants* (Schöpke, 1887) adalah sebagai berikut

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	: <i>Anacardium</i>
Species	: <i>Anacardium occidentale</i> L.

Ketika masyarakat menemukan buah ini, mereka memasukkannya ke kerabat jambu-jambuan karena bentuk dan warnanya yang mirip sekali dengan jambu air. Dalam biologi, pengelompokan spesies tumbuhan atau hewan bisa dilihat dari taksonominya. Setiap spesies memiliki kekerabatannya masing-masing. Hal itu bisa dilihat dari kesamaan familia antarspesies. Taksonomi jambu air yakni regnum Plantae, divisio Magnoliophyta, clasiss Magnoliopsida, ordo Myrtales, familia Myrtaceae, genus *Eugenia*, species *Eugenia aquea* Burm F. Taksonomi jambu mete regnum Plantae, divisio Spermaphyta, classis Dicotyledoneae, ordo Sapindales, familia Anacardiaceae, genus *Anacardium*, species *Anacardium occidentale* L. Dari kedua taksonomi tersebut, bisa disimpulkan bahwa jambu air dan jambu mete berbeda familia atau tidak memiliki hubungan kekerabatan. Jambu air termasuk familia Myrtaceae sedangkan jambu mete termasuk familia Anacardiaceae. Dibandingkan taksonomi jambu mete dengan mangga. Regnum Plantae, divisio

Spermatophyta, classis Magnoliopsida, ordo Sapindales, familia Anacardiaceae, genus *Mangifera*, species *Mangifera indica* L. Jelas terlihat dari familia antara jambu mete dan mangga adalah sama. Keduanya termasuk dalam familia Anacardiaceae. Selain itu, aroma dari daun dan buah jambu mete, dapat dirasakan aroma buah mangga.

(Azizah, 2013).

2.1.2 Sifat dan Khasiat Jambu Mete

Kulit kayu berbau lemah, rasanya kelat, dan lama-kelamaan menimbulkan rasa tebal di lidah. Khasiatnya sebagai pencahar, astringen, dan memacu aktivitas enzim pencernaan.

Daun berbau aromatik, rasanya kelat, berkhasiat antiradang dan penurun kadar glukosa darah (hipoglemik). Biji berkhasiat sebagai pelembut kulit dan penghilang nyeri (analgesik). Tangkai daun berfungsi sebagai pengelat dan akar berkhasiat sebagai pencahar (laksatif).

Penyakit-penyakit yang dapat diobati diabetes insipidus (sering buang air kecil), diabetes mellitus (kencing manis), sembelit, sariawan, jerawat, radang mulut rahim (servikitis), radang gusi, sakit gigi, gigitan ular berbisa, ruam kulit, borok, psoriasis, keracunan makanan, kanker kulit, tekanan darah tinggi (hipertensi), malaria, rematik

Kayunya dapat dijadikan bahan bangunan, peralatan rumah tangga, dan kerajinan tangan. Kulit kayunya digunakan pada industri batik atau untuk bahan penyamak. Daun muda bisa dimakan sebagai lalap (mentah atau dikukus terlebih dahulu). Buah semu rasanya sepat bisa dimakan sebagai rujak, dibuat minuman, anggur atau selai. Jika sudah diolah harga biji jambu monyet cukup mahal, dikenal dengan nama kacang mete. Kulit bijinya mengandung *Cashew Nut Shell Liquid* (CNSL). Jika cairan tersebut mengenai mulut dapat menimbulkan peradangan. Setelah diolah, CNSL dapat digunakan untuk bahan pelumas, insektisida, pernis, plastik, dan lain-lain. Jambu mete dapat diperbanyak dengan biji, cangkokan, enten, atau okulasi.

(Dalimartha, 2000).

2.1.3 Potensi Jambu Mete sebagai Bioetanol

Karbohidrat dan unsur gizi lainnya yang cukup tinggi, kandungan vitamin C pada buah semu jambu mete tiga kali lipat kandungan vitamin C pada jeruk. Karbohidrat adalah kelompok nutrisi yang penting dalam susunan makanan, sebagai sumber energi. Senyawa-senyawa ini mengandung karbon, hidrogen, oksigen dan dihasilkan dengan proses fotosintesa, dan didefinisikan secara tepat sebagai senyawa dengan rumus molekul $C_n(H_2O)_n$. Pada umumnya karbohidrat dapat dikelompokkan menjadi monosakarida, oligosakarida, serta polisakarida. Hermawan *et al.* (2005) mengemukakan bahwa buah semu jambu mete mengandung karbohidrat sebanyak 15,8 gram per 100 gram buah semu. Dengan kandungan karbohidrat tersebut, maka buah semu mete merupakan bahan baku yang cukup potensial untuk diolah menjadi etanol yang bernilai ekonomis tinggi.

Witjaksono *et al.*, (2005) menyatakan bahwa dalam buah semu mete mengandung karbohidrat, sebagian besar terdiri dari gula reduksi dengan kandungan yang berkisar 6,7–12,6%. 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 *et al.*, 2009).

Buah semu jambu mete adalah buah yang sebetulnya hanya tangkai buah yang membesar dan daging ini dapat berwarna merah nyala atau kuning terang bial matang. Kandungan air buahnya (juice) cukup banyak dan berasa sedikit asam dengan susunan 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).

Menurut analisa Direktorat Gizi Departemen Kesehatan Republik Indonesia di dalam tiap 100 gram buah semu terkandung; 64 kalori; 0,7 gram protein; 0,6 gram lemak; 15,8 gram karbohidrat; 4,0 miligram kalsium; 13,0 miligram pospor; 0,5

miligram besi; 25 IU vitamin A; 0,02 miligram vitamin B; 197,0 miligram vitamin C dan 82,6 gram air.

Tabel 2.1 Kandungan Organik Jambu Mete

No.	Unsur Gizi	Kadar/100 gr 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

(Jumari *et al.*, 2009).

Menurut analisa yang dilakukan oleh Muldjiono, 1978 pada buah semu jambu mete yang berasal dari Filipina tiap 80 gram jambu mete diperoleh : 80% daging buah; 14% padatan total; 2,5% padatan tak larut; 0,71% protein; 0,32% asam; 10,28% kadar gula; 0,31% sakarida; 0,37% abu dan 34 vitamin C.

2.2 *Saccharomyces cereviceae*

Dalam pembentukan alkohol melalui proses fermentasi peran mikroorganismenya sangat besar dan biasanya mikroorganismenya yang digunakan untuk fermentasi mempunyai beberapa syarat yaitu mempunyai kemampuan untuk memfermentasi karbohidrat yang cocok secara cepat, bersifat membentuk flokulasi dan sedimentasi (misal sel-sel yeast selalu ada pada bagian bawah tangki fermentasi, mempunyai genetik yang stabil (tidak mudah

mengalami mutasi) bersifat osmotolerans artinya mikroorganisme tersebut toleran terhadap tekanan osmosa yang tinggi, toleran terhadap kadar alkohol yang tinggi (sampai dengan 14-15 %), mempunyai sifat regenerasi yang cepat.

Penggunaan beberapa mikroorganisme disesuaikan dengan substrat atau bahan yang akan difermentasi dan kondisi proses yang akan berlangsung. Sebagai contoh untuk proses yang menggunakan suhu tinggi maka mikroorganisme yang digunakan sedapat mungkin yang bersifat thermofilik. Sedangkan mikroorganisme lain ada pula yang bersifat tahan terhadap kadar etanol yang tinggi (etanol tolerance), tahan terhadap toleransi gula yang tinggi (osmofilik) dan sebagainya. Sekarang ini mikroorganisme yang banyak digunakan dalam proses fermentasi alkohol adalah *Saccharomyces cerevisiae* yang dapat berproduksi tinggi, tahan atau toleran terhadap kadar alkohol yang tinggi, tahan terhadap kadar gula yang tinggi dan tetap melakukan aktivitasnya pada suhu 4 – 32⁰C.

Saccharomyces merupakan mikroorganisme yang sangat dikenal masyarakat luas sebagai ragi roti (*baker's yeast*). Ragi roti ini selain digunakan dalam pembuatan makanan dan minuman, juga digunakan dalam industri etanol (Umbreit, 1959).

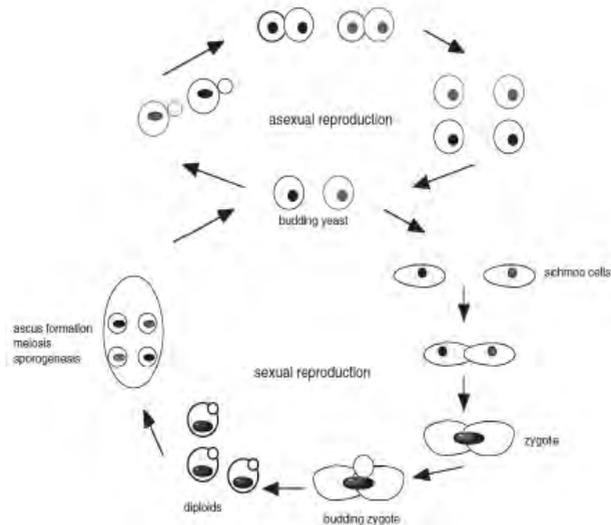
Saccharomyces cerevisiae adalah mikroorganisme bersel tunggal dengan ukuran antara 5 sampai 20 mikron dan berbentuk bola atau telur. *Saccharomyces cerevisiae* tidak bergerak karena tidak memiliki struktur tambahan di bagian luarnya seperti flagella (Prescott, 1959).

Saccharomyces cerevisiae mempunyai lapisan dinding luar yang terdiri dari polisakarida kompleks dan di bawahnya terletak membran sel (Buckle, 1987).

Saccharomyces cerevisiae dapat tumbuh dalam media cair dan padat. Pembelahan sel terjadi secara aseksual dengan pembentukan tunas, suatu bahan proses yang merupakan sifat khas dari khamir. Mula-mula timbul suatu gelembung kecil dari permukaan sel induk. Gelembung ini secara bertahap membesar, dan setelah mencapai ukuran yang sama dengan induknya terjadi

pengerutan yang melepaskan tunas dari induknya. Sel yang baru terbentuk selanjutnya akan memasuki tahap pertunasan kembali.

Tunas pada *Saccharomyces cerevisiae* dapat berkembang dari setiap bagian permukaan sel induk (pertunasan multipolar). *Saccharomyces cerevisiae* dapat berkembangbiak secara seksual dan umumnya melibatkan proses perkawinan yang diikuti dengan produksi spora seksual yang disebut akrospora dan spora-spora tersebut berada dalam bentuk kantung yang disebut askus. Biasanya khamir berkembang secara aseksual dan hanya pada kondisi lingkungan tertentu saja akan terjadi perkembangbiakan secara seksual (Buckle,1987).



Gambar 2.2 Siklus Hidup *Saccharomyces cerevisiae* (Kavanagh, 2005).

Toleransi beberapa mikrobia terhadap kadar alkohol dapat dilihat pada tabel 2.2. Minuman beralkohol yang dihasilkan tanpa distilasi (hasil fermentasi) biasanya mempunyai kadar alkohol antara 3 –18 %. Untuk mempertinggi kadar alkohol dalam produk

seringkali hasil fermentasi didestilasi dan kadar alkohol yang dihasilkan berkisar antara 29 – 50 %.

Tabel 2.2 Hasil Fermentasi Didestilasi dan Kadar Alkohol

Nama yeast	Toleransi alcohol (% berat alkohol)
Saccharomyces Cereviciae Hansen	5,79 – 11,58
Saccharomyces Cereviciae Hansen Rasse XII	8,68
Saccharomyces Cereviciae Hansen Rasse M	10,61
Zygosaccharomyces soja B	4,82
Zygosaccharomyces mellacei Jorgenson	7,72
Saccharomyces Ellipsoides Hansen.	9,65
Schizosaccharomyces pombe.	8,68

Sumber : Ansory Rahman, 1992

2.3 Gula Reduksi

Gula reduksi adalah gula yang mempunyai kemampuan untuk mereduksi. Hal ini dikarenakan adanya gugus aldehid atau keton bebas. Senyawa-senyawa yang mengoksidasi atau bersifat reduktor adalah logam-logam oksidator seperti Cu (II). Contoh gula yang termasuk gula reduksi adalah glukosa, manosa, fruktosa, laktosa, maltosa, dan lain-lain. Sedangkan yang termasuk dalam gula non reduksi adalah sukrosa (Team Laboratorium Kimia UMM, 2008). 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. Galaktosa merupakan komponen dari Cerebrosida, yaitu turunan lemak yang ditemukan pada otak dan jaringan saraf (Budiyanto, 2002). Sedangkan salah satu contoh dari gula non reduksi adalah Sukrosa. Sukrosa adalah 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).

Gula reduksi adalah gula yang dalam bentuk larutan alkali membentuk aldehida atau keton. Gula reduksi dapat mereduksi ion logam karena mempunyai gugus aldehida atau keton yang dapat menarik kembali O_2 dari logam basa, sehingga logam basa akan tereduksi dan mengendap sebagai Cu_2O . Gula invert termasuk golongan gula reduksi karena dapat mereduksi ion tembaga dalam larutan alkali. Salah satu yang termasuk gula reduksi adalah gula invert. Gula invert dihasilkan dari hidrolisis sukrosa menghasilkan glukosa dan fruktosa. Sukrosa bereaksi bersama asam dalam campuran air dengan bantuan enzim *invertase*.

a. Glukosa

Glukosa merupakan salah satu monosakarida yang terpenting, kadang-kadang disebut gula darah (karena dijumpai di dalam darah), gula anggur (karena dijumpai dalam buah anggur), atau dekstrosa (karena memutar bidang polarisasi ke kanan). Di dalam molase terdapat glukosasekitar 14%.

b. Fruktosa

Fruktosa merupakan monosakarida sederhana yang banyak terdapat didalam makanan dan merupakan isomer dari glukosa. Fruktosa berwarna putih dan mudah larut dalam air. Fruktosa juga sulit dikristalisasi dalam bentuk larutan. Didalam molase terdapat fruktosa sekitar 16%.

2.4 Etanol

Etanol atau etil alkohol (C_2H_5OH) merupakan bahan kimia organik yang mengandung oksigen dengan kombinasi sifat-sifat uniknya yang dapat digunakan sebagai pelarut, germisida, minuman, bahan anti beku, bahan bakar, bahan *depressant* dan khususnya karena kemampuannya sebagai bahan kimia intermediet untuk menghasilkan bahan kimia yang lain.

Etanol merupakan nama IUPAC dari bahan kimia ini. Selain itu, nama etil alkohol juga lazim digunakan. Nama alkohol nama umum yang berasal dari bahasa arab dan merupakan gabungan

dari dua kata yaitu *al* dan *kohl* yang didefinisikan sebagai debu lembut yang digunakan oleh wanita Asia untuk menggelapkan alis mata.

Etanol merupakan senyawa penyusun minuman beralkohol. Sebagai minuman beralkohol, etanol telah dikenal sejak dahulu oleh raja-raja Mesir. Sebagai bukti adalah fakta tentang Nabi Nuh yang dipercaya telah berkebudan anggur yang dapat difermentasi menjadi minuman beralkohol (Kirk, 1951).

Pada kondisi standar/atmosferik, etanol merupakan cairan volatil yang mudah terbakar, jernih dan tidak berwarna, aromanya menyegarkan, mudah dikenali dan berkarakter khas. Cairan ini juga mudah larut dalam air.

Sifat fisik dan kimia etanol tergantung pada gugus hidroksilnya. Gugus ini menyebabkan polaritas molekul dan menyebabkan ikatan hidrogen antarmolekul. Kedua sifat tersebut menyebabkan perbedaan sifat fisik alkohol berat molekul rendah dengan senyawa hidrokarbon yang mempunyai berat molekul ekuivalen. Spektrografi infra merah menunjukkan bahwa dalam keadaan cair ikatan hidrogen terbentuk karena tarik-menarik antara atom hidrogen pada gugus hidroksil molekul satu dengan atom hidrogen pada gugus hidroksil molekul yang kedua. Sifat tersebut dapat dianalogikan seperti sifat air, walaupun ikatan pada air lebih kuat sehingga membentuk gugusan yang lebih dari dua molekul. Ikatan hidrogen pada etanol terjadi pada fase cair, sedang pada fase gas senyawa ini bersifat monomerik. Secara detail, sifat-sifat fisik etanol dapat dilihat dalam tabel 2.3.

Tabel 2.3 Sifat Fisik Etanol

Keterangan	Nilai
Titik didih normal, °C, 1 atm	+78,32
Suhu kritis, °C	243,1
Tekanan kritis, kPa	6383,48
Volume kritis, L/mol	0,167
Densitas, d_4^{20} , g/ml	0,7893
Viskositas pada 20 °C, mPa.s (=cP)	1,17
Kelarutan dalam air pada 20 °C	Saling larut
Autoignition temperature, °C	793,0
Titik nyala, °C	14

Sumber: Kirk, 1951

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

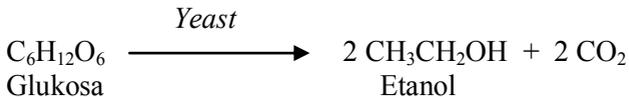
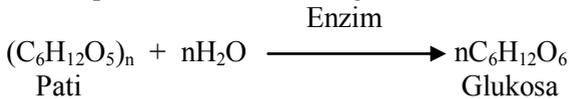
Etanol digunakan dalam beragam industri seperti bahan baku industri turunan alkohol, bahan baku farmasi dan kosmetika serta campuran bahan bakar kendaraan (gasohol). Etanol dapat dioksidasi untuk membentuk asetaldehid dan kemudian asam asetat. Etanol merupakan pelarut yang baik dan digunakan dalam pembuatan berbagai produk seperti parfum, pernis dan bahan-bahan eksplosif (Sen, 1989).

Selain sebagai bahan bakar, etanol banyak digunakan pada minuman, kosmetik, kesehatan, solvent, serta sebagai bahan baku industri (McKetta, 1983). Etanol terkandung dalam minuman dengan kadar yang berbeda-beda. Contoh minuman yang mengandung etanol antara lain bir, anggur (*wine*), arak, sake, dan lain-lain. Di bidang kesehatan, etanol banyak dimanfaatkan sebagai zat antiseptik, dan di bidang kecantikan etanol banyak digunakan dalam pembuatan parfumes. Kebanyakan parfume menggunakan pelarut etanol karena aromanya yang sedap. Selain itu, etanol juga banyak digunakan sebagai solvent. Nama-nama

ethanolic solvent yang dikenal diantaranya synasol, shellacol, quakersol, tecsol, jaysol, pacosol, neosol, solox, anhydrol, paco, filmcol, filmex, dan sebagainya. Etanol juga merupakan bahan yang dapat digunakan sebagai bahan baku reaksi kimia. Produk yang dihasilkan misalnya acetaldehide dan vinegar.

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

Reaksi pembuatan etanol dengan fermentasi sebagai berikut:



(Hermawan, 2005).

Etanol yang diperoleh dari proses fermentasi biomassa (tanaman) dan melalui proses biologi (enzimatik dan fermentasi) lebih dikenal dengan istilah Bioetanol. Bahan baku yang sering digunakan dikelompokkan menjadi tiga kelompok yaitu sebagai berikut:

1. Bahan bergula (*sugary materials*) : Tebu dan sisa produknya (molase, bagase), gula bit, tapioca, kentang manis, sorghum manis, material yang di dalamnya terdapat karbohidrat (bahan yang sebesarnya dari mana alkohol dibuat) dalam bentuk sederhana, enam dan dua belas molekul gula karbon seperti glukosa, fruktosa, dan maltosa yang dapat langsung difermentasikan.

2. Bahan-bahan berpati (*starchy materials*) : tapioka, maizena, barley, gandum, padi, dan kentang. Jagung dan ubi kayu mengandung karbohidrat yang lebih kompleks seperti pati dan

inulin yang dapat dipecah menjadi enam dan duabelas molekul gula karbon dengan proses hidrolisis dengan asam atau enzim di dalam proses yang disebut *malting*. Beberapa material yang mengandung saripati, seperti : jagung, biji sorghum, jawawut (*barley*), gandum, kentang, ubi jalar, jerusalem artichokes, ubi kayu, akar panah (*arrowroot*), dan lain-lain.

3. Bahan-bahan lignoselulosa (*lignosellulosic material*) : sumber selulosa dan lignoselulosa berasal dari limbah pertanian dan kayu. seperti kayu, limbah kayu, kertas, jerami, batang jagung, tongkol jagung, kapas dan lain-lain, yang mengandung material yang dapat dihidrolisis dengan asam, enzim atau dengan kata lain dirubah menjadi gula yang dapat difermentasikan. Penggunaan paling besar dari gula untuk fermentasi adalah molasesnya yang mengandung sekitar 35-40% berat sukrosa, 15-20% berat gula invers seperti glukosa dan fruktosa, dan 28-35% berat padatan bukan gula. Molases diencerkan untuk memperoleh 10-20% berat gula. Setelah pH dijadikan 4-5 dengan asam mineral kemudian diinokulasikan dengan yeast dan difermentasi pada suhu 20-320C selama kira-kira 1-3 hari. Fermentasi langsung nira gula tebu, nira gula bit, molases gula bit, buah segar, sorghum, whey, susu skim digunakan untuk mendapatkan ethanol, tapi molasses adalah bahan terbaik untuk menghasilkan ethanol.

(Simanjuntak, 2009).

Tabel 2.4 Kapasitas Produksi Etanol Tahun 2001-2005 di Indonesia

Tahun	Produksi (ton)	Pertumbuhan (%)
2001	1.368	0
2002	32.689,808	2.289,61
2003	40.814,710	24,85
2004	42.171,204	3,32
2005	33.455,545	-20,67

Sumber : BPS, tahun 2005

Tabel 2.5 Perbandingan Sifat Thermal, Kimia, Fisik Antara Etanol dan Premium (Djojonegoro, 1981)

No	Keterangan	Unit	Etanol	Premium
1	Sifat termal			
	a. Nilai kalor	kkal/l	5023,3	8308,0
	b. Panas penguapan pada 20°C	kkal/l	6,4	1,8
	c. Tekanan uap pada 38°C	bar	0,2	0,8
	d. Angka oktan motor	MON	94,0	82,0
	e. Angka oktan riset	RON	111,0	91,0
	f. Index Cetan	°C	3,0	10,0
	g. Suhu pembakaran sendiri		363,0	221,0-260,0
	h. Perbandingan nilai bakar terhadap premium		0,6	1,0
2	Sifat Kimia			
	a. Analisis berat:			
	C		52,1	87,0
	H		13,1	13,0
	O		34,7	0
	C/H		4,0	6,7
	b. Keperluan udara (kg udara/kg bahan bakar)		9,0	14,8
3	Sifat Fisika			
	a. Berat jenis	g/cm ³	0,8	0,7
	b. Titik didih	°C	78,0	32,0-185,0
	c. Kelarutan dalam air		Ya	tidak

2.5 Bioetanol (C₂H₅OH)

Bioetanol merupakan salah satu *biofuel* yang hadir sebagai bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan dan sifatnya yang terbarukan. Merupakan bahan bakar alternatif yang diolah dari tumbuhan yang memiliki keunggulan karena mampu menurunkan emisi CO₂ hingga 18%, dibandingkan dengan emisi bahan bakar fosil seperti minyak tanah (Hambali *et al.*, 2007).

Bioetanol dapat diproduksi dari berbagai bahan baku yang banyak terdapat di Indonesia, sehingga sangat potensial untuk diolah dan dikembangkan karena bahan bakunya sangat dikenal masyarakat. Tumbuhan yang potensial untuk menghasilkan bioetanol antara lain tanaman yang memiliki kadar karbohidrat tinggi, seperti tebu, nira, aren, sorgum, ubi kayu, jambu mete (limbah jambu mete), garut, batang pisang, ubi jalar, jagung, bonggol jagung, jerami, dan bagas (ampas tebu). Banyaknya variasi tumbuhan, menyebabkan pihak pengguna akan lebih leluasa memilih jenis yang sesuai dengan kondisi tanah yang ada.

Di sektor kehutanan bioetanol dapat diproduksi dari sagu, siwalan dan nipah serta kayu atau limbah kayu (Nurdyastuti, 2008).

Bioethanol diproduksi dengan teknologi biokimia, melalui proses fermentasi bahan baku, kemudian ethanol yang diproduksi dipisahkan dari air dengan proses destilasi. Cara lama dilakukan dengan destilasi tetapi kemurnian hanya sampai 96%. Maka kemudian dilakukan proses dehidrasi *molecular sieve* karena proses ini dapat menghilangkan air hingga kadar etanol menjadi 99,5% dan dihasilkan etanol absolute (Ulman, 2003).

Secara umum ethanol/bioethanol dapat digunakan sebagai bahan baku industri turunan alkohol, campuran untuk miras, bahan dasar industri farmasi, campuran bahan bakar untuk kendaraan. Mengingat pemanfaatan ethanol/bioethanol beraneka ragam, sehingga grade ethanol yang dimanfaatkan harus berbeda sesuai dengan penggunaannya. Untuk ethanol/bioethanol yang mempunyai grade 90-96,5% dapat digunakan pada industri, sedangkan ethanol/bioethanol yang mempunyai grade 96-99,5% dapat digunakan sebagai campuran untuk miras dan bahan dasar industri farmasi. Berlainan dengan besarnya grade ethanol/bioethanol yang dimanfaatkan sebagai campuran bahan bakar untuk kendaraan yang harus betul-betul kering dan anhydrous supaya tidak korosif, sehingga ethanol/bioethanol harus mempunyai grade sebesar 99,5-100%. Perbedaan besarnya grade akan berpengaruh terhadap proses konversi karbohidrat menjadi gula (glukosa) larut air (Ulman, 2003).

Bahan bakar fosil seperti minyak bumi saat ini harganya semakin meningkat, selain kurang ramah lingkungan juga termasuk sumber daya yang tidak dapat diperbaharui. Bahan bakar berbasis produk proses biologi seperti bioetanol dapat dihasilkan dari hasil pertanian yang tidak layak/tidak dapat dikonsumsi, seperti dari sampah/limbah pasar, limbah pabrik gula (tetes/mollases). Yang penting bahan apapun yang mengandung karbohidrat (gula, pati, selulosa, dan hemiselulosa) dapat diproses menjadi bioetanol. Melalui proses sakarifikasi (pemecahan gula kompleks menjadi gula sederhana), fermentasi, dan destilasi,

bahan-bahan tersebut dapat dikonversi menjadi bahan bakar bioetanol. Untuk menjaga kestabilan pasokan bahan pangan sebaiknya bioetanol diproduksi dari bahan-bahan yang tidak layak/tidak dapat dikonsumsi, seperti singkong gajah yang beracun, sampah atau limbah apapun yang mengandung karbohidrat, melalui proses sakarifikasi dan seterusnya (pemecahan gula seperti tersebut di atas), bahan-bahan tersebut dapat dikonversi pula menjadi bioetanol (Edi *et al.*, 2009).

Tabel 2.6 Berbagai Bahan Baku Bioetanol dan Kadar Etanol yang Dihasilkan

Biomasa (kg)	Kandungan gula (Kg)	Jumlah hasil bioethanol (Liter)	Biomasa : Bioethanol
Ubi kayu 1.000	250-300	166,6	6,5 : 1
Ubi jalar 1.000	150-200	125	8 : 1
Jagung 1.000	600-700	400	2,5 : 1
Sagu 1.000	120-160	90	12 : 1
Tetes 1.000	500	250	4 : 1

Sumber: Balai Besar Teknologi Pati-BPPT 2006,

2.6 Bioetanol Sebagai Sumber Energi Terbarukan Ramah Lingkungan

Penggunaan bioetanol sebagai campuran bahan bakar minyak (BBM) dapat mengurangi emisi karbon monoksida dan senyawa lain (asap, gas, dan partikel padat timbal) dari kendaraan. Hal ini sudah dibuktikan oleh beberapa negara yang sudah lebih dulu mengaplikasikan bioetanol tersebut, seperti Brasil dan Jepang. Perkembangan bisnis bioetanol di Indonesia seharusnya juga bisa menyamai kedua negara tersebut. Dengan melimpahnya bahan

baku, seharusnya kita bisa menggantikan sebagian pemakaian BBM yang sudah semakin langka dengan bioetanol. Selain untuk bahan bakar, bioethanol (FGE) dapat digunakan untuk industri kimia, farmasi, kedokteran, kosmetik, bahan baku aneka minuman, dan sebagainya. Bioetanol dapat dijadikan pengganti bahan bakar minyak tanah. Selain hemat, pembuatannya dapat dilakukan di rumah sendiri dengan mudah. Selain itu juga pengoperasian bioetanol lebih ekonomis dibandingkan menggunakan minyak tanah. Bila sehari menggunakan minyak tanah seharga Rp 16.000,-, maka dengan bioetanol dapat menghemat Rp 4.000,-.

2.7 Proses Bioetanol

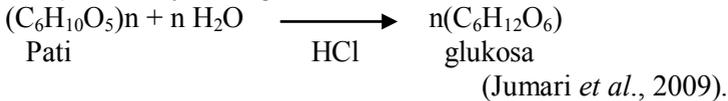
2.7.1 Hidrolisis

Untuk menghasilkan etanol dari bahan glukosa terjadi beberapa tahap. Pertama adalah proses hidrolisis, yakni proses konversi pati menjadi glukosa. Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan α -glikosidik. Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas, fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi tidak terlarut disebut amilopektin. Amilosa mempunyai struktur lurus dengan ikatan α -(1,4)-D-glikosidik sedangkan amilopektin mempunyai struktur bercabang dengan ikatan α -(1,6)-D-glikosidik sebanyak 4-5% dari berat total (Winarno, 1983).

Prinsip dari hidrolisis pati pada dasarnya adalah pemutusan rantai polimer pati menjadi unit-unit dekstrosa ($C_6H_{12}O_6$). Pemutusan rantai polimer tersebut dapat dilakukan dengan berbagai metode, misalnya secara enzimatik, kimiawi ataupun kombinasi keduanya. Hidrolisis secara enzimatik memiliki perbedaan mendasar dibandingkan hidrolisis secara kimiawi dan fisik dalam hal spesifitas pemutusan rantai polimer pati. Hidrolisis secara kimiawi dan fisik akan memutus rantai polimer secara acak, sedangkan hidrolisis enzimatik akan memutus rantai polimer secara spesifik pada percabangan tertentu. Enzim yang digunakan adalah α -*amylase* padatahap likuifikasi, sedangkan

tahap sakarifikasi digunakan enzim *gluko-amylase*. Berdasarkan penelitian, penggunaan α -*amylase* pada tahap likuifikasi menghasilkan DE tertinggi yaitu 50.83 pada konsentrasi α -*amylase* 1.75 U/g pati dan waktu likuifikasi 210 menit, dan *gluko-amylase* pada tahap sakarifikasi menghasilkan DE tertinggi yaitu 98.99 pada konsentrasi enzim 0.3 U/g pati dengan waktu sakarifikasi 48 jam (Nurdyastuti, 2008).

Hidrolisa adalah proses antara reaktan dengan menggunakan air atau asam supaya suatu persenyawaan pecah atau terurai. Karbohidrat (pati) yang terkandung dalam jambu mete dapat diubah menjadi alkohol melalui proses biologi dan kimia (biokimia), reaksinya sebagai berikut :



Zat-zat penghidrolisis ada beberapa macam, antara lain :

1. Air

Kelemahan zat penghidrolisa ini adalah prosesnya berjalan lambat, kurang sempurna dan hasilnya kurang baik. Biasanya ditambahkan katalisator. Untuk mempercepat reaksi dapat dipakai uap air pada temperatur tinggi.

2. Asam

Asam biasanya berfungsi sebagai katalisator dengan pengaktif air dengan kadar asam yang encer. Umumnya kecepatan reaksi sebanding dengan ion H^+ tetapi konsentrasi yang tinggi hubungannya tidak terlihat lagi. Dalam industri asam yang dipakai H_2SO_4 , HCl, asam oksalat. Tetapi asam oksalat jarang digunakan karena harganya mahal. HCl lebih menguntungkan karena lebih reaktif dibandingkan H_2SO_4 .

3. Basa

Basa yang dipakai dalam 3 bentuk yaitu basa encer , basa pekat, dan basa padat.

4. Enzim

Suatu zat yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Penggunaan dalam industri misalnya pembuatan alkohol dari tetes tebu dan enzim.

(Jumari *et al.*, 2009).

Peruraian pati oleh air berjalan lambat. Usaha-usaha yang dapat dilakukan untuk mempercepat atau menyempurnakan reaksi adalah dengan mengatur variabel yang berpengaruh pada proses, sebagai berikut :

- Katalisator, yang dapat digunakan untuk hidrolisa diantaranya enzim atau asam yaitu HCl, H₂SO₄, HNO₃.
- Suhu dan tekanan, hal ini mengikuti persamaan Arrhenius, dimana makin tinggi suhu makin cepat jalannya reaksi.
- Pencampuran, pada proses basah dapat dilakukan dengan cara mengaduk, untuk proses kontinyu dapat dilakukan dengan mengatur masuknya bahan agar timbul olakan.
- Perbandingan zat pereaksi, salah satu pereaksi apabila diberi berlebihan agar dapat menggeser kesetimbangan kearah kanan. Suspensi pati yang rendah kadarnya justru memberikan hasil yang lebih baik karena molekul zat pereaksi mudah bergerak.

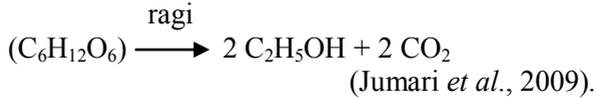
(Groggins, 1958).

2.7.2 Fermentasi

Tahap kedua adalah proses fermentasi untuk mengkonversi glukosa (gula) menjadi etanol dan CO₂. Fermentasi etanol adalah perubahan 1 mol gula menjadi 2 mol etanol dan 2 mol CO₂. Pada proses fermentasi etanol, khamir terutama akan memetabolisme glukosa dan fruktosa membentuk asam piruvat melalui tahapan reaksi pada jalur Embden-Meyerhof-Parnas, sedangkan asam piruvat yang dihasilkan akan didekarboksilasi menjadi asetaldehida yang kemudian mengalami dehidrogenasi menjadi etanol (Amerine *et al.*, 1987).

Glukosa yang dihasilkan dari proses hidrolisa kemudian difermentasi oleh ragi atau yeast (*Sacharomyces cerevisiae*)

untuk menghasilkan etil alkohol (etanol) dan CO₂ melalui reaksi sebagai berikut:



Tahap-tahap proses fermentasi (Sri Kumalaningsih, 1995) :

1. Pengolahan bahan baku. Pengolahan bahan baku sangat penting dalam proses pembuatan alkohol. Pengolahan ini dimaksudkan untuk mendapatkan kondisi yang optimum untuk pertumbuhan khamir dan untuk fermentasi selanjutnya. Yang perlu disesuaikan dalam pengolahan ini adalah pH, konsentrasi dalam pemakaian nutrisi.

2. Sterilisasi Bahan. Untuk mencegah adanya mikroba kontaminan hidup selama pembibitan maupun selama fermentasi. Dilakukan sterilisasi dengan pemanasan pada suhu 75⁰C. Kemudian didinginkan selama 1 jam sampai suhu 30⁰C. Bahan yang telah disterilkan untuk kebutuhan pembibitan dan fermentasi.

3. Pembibitan Khamir. Proses ini dimaksudkan untuk memperbanyak sel-sel khamir supaya sejumlah sel khamir tersebut cukup digunakan dalam fermentasi alkohol. Pengembangan sel-sel khamir ini dapat dilakukan secara bertahap. Mula-mula dilakukan dalam jumlah kecil pada skala laboratorium. Kemudian dikembangkan lebih lanjut dalam tangki-tangki secara bertahap dari tangki stater terus ke tangki induk. Tahap-tahap pembiakan tersebut dilakukan secara aerobik dengan aerasi udara. Tangki-tangki tersebut dilengkapi dengan pendingin dengan maksud untuk mengatur suhu 28-30⁰C selama inkubasi. Pengembangan dilakukan berulang kali dan bergantiganti menurut tahap-tahap pembiakan sehingga dapat dipertahankan bibit yang mencukupi kebutuhan bibit selama beroperasi.

Fermentasi dapat terjadi karena adanya aktifitas mikroba penyebab fermentasi pada substrat organik yang sesuai.

Faktor-faktor yang mempengaruhi fermentasi antara lain:

a. Keasaman (pH)

Makanan yang mengandung asam biasanya tahan lama, tetapi jika oksigen cukup jumlahnya dan kapang dapat tumbuh serta fermentasi berlangsung terus, maka daya awet dari asam tersebut akan hilang. Tingkat keasaman sangat berpengaruh dalam perkembangan bakteri. Kondisi keasaman yang baik untuk pertumbuhan bakteri adalah 3,5 – 5,5.

b. Mikroba

Fermentasi biasanya dilakukan dengan kultur murni yang dihasilkan di laboratorium. Kultur ini dapat disimpan dalam keadaan kering atau dibekukan.

c. Suhu

Suhu fermentasi sangat menentukan macam mikroba yang dominan selama fermentasi. Tiap-tiap mikroorganisme memiliki suhu pertumbuhan maksimal, suhu pertumbuhan minimal, dan suhu pertumbuhan optimal, yaitu suhu yang memberikan pertumbuhan terbaik dan perbanyak diri tercepat.

d. Oksigen

Udara atau oksigen selama proses fermentasi harus diatur sebaik mungkin untuk memperbanyak atau menghambat pertumbuhan mikroba tertentu. Setiap mikroba membutuhkan oksigen yang berbeda jumlahnya untuk pertumbuhan atau membentuk sel-sel baru, dan untuk fermentasi. Misalnya ragi roti (*Sacharomyces cereviseae*) akan tumbuh lebih baik pada keadaan aerobik, tetapi keduanya akan melakukan fermentasi terhadap gula jauh lebih cepat pada keadaan anaerobik.

e. Waktu

Laju perbanyak bakteri bervariasi menurut spesies dan kondisi pertumbuhannya. Pada kondisi optimal, bakteri akan membelah sekali setiap 20 menit. Untuk beberapa bakteri memilih waktu generasi, yaitu selang waktu antara pembelahan, dapat dicapai selama 12 menit. Jika waktu

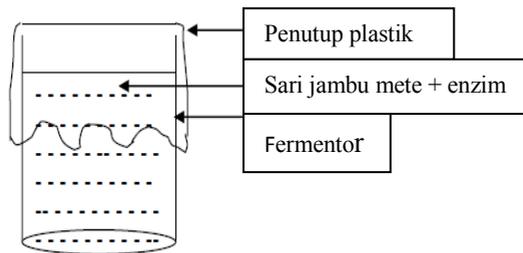
generasinya 20 menit, pada kondisi yang cocok sebuah sel dapat menghasilkan beberapa juta sel selama 7 jam.

f. Makanan

Semua mikroorganisme memerlukan makanan dan nutrisi yang berfungsi untuk menyediakan:

- Energi, biasanya diperoleh dari substansi yang mengandung karbon, yang salah satu sumbernya adalah gula.
- Nitrogen, sebagian besar mikroba yang digunakan dalam fermentasi berupa senyawa organik maupun anorganik sebagai sumber nitrogen. Salah satu contoh sumber nitrogen yang dapat digunakan adalah urea.
- Mineral, mineral yang diperlukan mikroorganisme salah satunya adalah fosfat yang dapat diambil dari pupuk TSP.
- Vitamin, sebagian besar sumber karbon dan nitrogen alami mengandung semua atau beberapa vitamin yang dibutuhkan. Defisiensi vitamin tertentu dapat diatasi dengan cara mencampur berbagai substrat sumber karbon atau nitrogen

(Fessenden, 1982).



Gambar 2.3 Skema Rangkaian Alat Fermentasi Anaerob (Jumari *et al.*, 2009).

Fermentasi dilakukan dalam tangki fermentasi, pH diatur antara 4-5. Untuk terjadinya fermentasi alkohol, maka dibutuhkan kondisi anaerob hingga diharapkan sel-sel ragi dapat melakukan fermentasi yang akan mengubah gula menjadi alkohol. Pada proses fermentasi terjadi peningkatan panas, agar panas yang

timbul dapat diserap maka diperlukan pendinginan untuk menjaga suhu tetap pada 30 °C selama proses fermentasi yang berlangsung selama 30-72 jam.

Proses fermentasi etanol dapat dilakukan secara curah/batch maupun secara sinambung/kontinyu. Proses batch dilakukan dengan cara yang sederhana sehingga produktivitasnya rendah, membutuhkan waktu yang lama, dan biaya buruh tinggi (Bohnet, 2003). Hal tersebut berbeda dengan fermentasi secara kontinyu yang mempunyai produktivitas tinggi dan kebutuhan biaya buruh rendah. Produktivitas etanol dengan proses kontinyu adalah sekitar tiga kali proses batch. Oleh karena itu, untuk hasil yang sama dibutuhkan reaktor batch sebanyak tiga kali lipat reaktor kontinyu (Bohnet, 2003). Penelitian terdahulu dengan bahan dan yeast yang sama menunjukkan perbedaan produktivitas antara proses batch dan kontinyu. Kadar gula awal sama yaitu 10% (v/v), percobaan batch menghasilkan produktivitas etanol sebesar 1,8 gram/ljam dengan yield produk 23,67%. Pada percobaan kontinyu didapat nilai produktivitas sebesar 30,09 gram/ljam dengan yield produk sebesar 49,22% (Widjaja, 2007).

Masalah yang sering timbul pada proses fermentasi adalah terjadinya inhibisi produk etanol. Selain itu, produk etanol akan berpengaruh terhadap pertumbuhan yeast, misalnya etanol akan merusak membran plasma, denaturasi protein, dan terjadinya perubahan profil suhu pertumbuhan (Galeote, 2001). Hal-hal tersebut dapat menghambat pertumbuhan atau mematikan mikroba sehingga akan menurunkan produktivitas. Pada konsentrasi alkohol 15% mikroba tidak dapat tumbuh (Bulawayo, 1996). Persoalan ini dapat diatasi dengan pengambilan produk etanol yang terbentuk dari substrat fermentasi. Pengambilan produk etanol harus dilakukan pada kondisi yang tidak mengganggu pertumbuhan mikroba. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah dengan fermentasi vakum (fermentor dikondisikan pada tekanan di bawah 1 atmosfer). Pada kondisi tersebut, etanol dan air akan menguap pada suhu yang sesuai dengan kondisi hidup mikroba (Bohnet, 2003). Adanya

penguapan yang terus-menerus menyebabkan kadar etanol dalam fermentor stabil dan tidak mengganggu pertumbuhan mikroba.

2.7.3 Destilasi

Setelah proses fermentasi selesai, dilakukan destilasi untuk memisahkan etanol. Destilasi atau penyulingan adalah suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan menguap (volatilitas) bahan. Dalam penyulingan, campuran zat dididihkan sehingga menguap, dan uap ini kemudian didinginkan kembali ke dalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap lebih dulu. Metode ini merupakan termasuk unit operasi kimia jenis perpindahan massa. Penerapan proses ini didasarkan pada teori bahwa pada suatu larutan, masing-masing komponen akan menguap pada titik didihnya. Bahan yang akan didestilasikan pada drum pemasakan tidak boleh penuh, melainkan harus menyediakan sedikitnya 10% ruang kosong dari kapasitas penuh drum pemasakan pada drum pemasakan (Kister, 1992).

Produk hasil fermentasi mengandung alkohol rendah (8-10 %) yang disebut bir, oleh karena itu perlu dinaikkan konsentrasinya dengan jalan distilasi yaitu untuk memisahkan etanol dari campuran etanol air. Untuk larutan yang terdiri dari komponen-komponen yang berbeda nyata suhu didihnya, maka distilasi merupakan cara yang paling mudah dioperasikannya dan merupakan cara pemisah metode thermal yang efisien. Pada tekanan atmosfer, air mendidih pada suhu 100°C dan etanol mendidih pada suhu 77°C . Perbedaan titik didih inilah yang memungkinkan pemisahan etanol-air.

Destilator adalah alat yang digunakan dalam proses produksi bioetanol. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, alat ini bekerja berdasarkan perbedaan titik didih (air dan etanol).

Macam-Macam Destilasi (Winkle, 1967) :

1. Destilasi Sederhana, prinsipnya memisahkan dua atau lebih komponen cairan berdasarkan perbedaan titik didih yang jauh berbeda.

2. Destilasi Fraksionasi (Bertingkat), sama prinsipnya dengan destilasi sederhana, hanya destilasi bertingkat ini memiliki rangkaian alat kondensor yang lebih baik, sehingga mampu memisahkan dua komponen yang memiliki perbedaan titik didih yang berdekatan.

3. Destilasi Azeotrop : memisahkan campuran azeotrop (campuran dua atau lebih komponen yang sulit di pisahkan), biasanya dalam prosesnya digunakan senyawa lain yang dapat memecah ikatan azeotrop tersebut, atau dengan menggunakan tekanan tinggi.

4. Destilasi Kering : memanaskan material padat untuk mendapatkan fasa uap dan cairnya. Biasanya digunakan untuk mengambil cairan bahan bakar dari kayu atau batu bata.

5. Destilasi Vakum: memisahkan dua komponen yang titik didihnya sangat tinggi, metode yang digunakan adalah dengan menurunkan tekanan permukaan lebih rendah dari 1 atm, sehingga titik didihnya juga menjadi rendah, dalam prosesnya suhu yang digunakan untuk mendistilasinya tidak perlu terlalu tinggi.

Destilat (sulingan) berupa campuran azeotrop 95% alkohol, 5% air (suatu campuran azeotrop ialah suatu campuran yang mendidih pada suatu titik didih konstan seakan-akan suatu senyawa murni). Destilat ini dapat dicampurkan kembali ke campuran peragian atau fermentasi untuk meningkatkan keadaan kadar alkoholnya atau dapat ditambahi air untuk mendapatkan kadar yang diinginkan (Fessenden, 1982).



Gambar 2.4 Alat Destilasi (Anonim, 2014).

2.8 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 (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, *et al.*, 2009).

Dalam dokumen Paten No 3,905,754 tanggal 16 September 1975, Robert Maddestra, dkk (Maddestra, 1975) telah menemukan konstruksi burner alkohol (*alcohol burner construction*). Penemuan ini merupakan penyempurnaan dari peralatan burner alkohol yang awalnya terdiri dari botol berisi alkohol yang dibagian atasnya dilubangi dan diberi sumbu. Sehingga terdapat kelemahan yang dapat menyebabkan ledakan karena botol mengalami tegangan dan dapat berakibat pecah demikian juga pada saat jatuh dan botol menggelinding. Pada penemuan ini, botol dilindungi dengan sepasang pelindung yang terbuat dari metal namun masih memungkinkan ketinggian

alkohol dilihat dari luar. Pelindung metal ini juga sekaligus berfungsi sebagai penampung panas dari burner. Keuntungan lain dari sepasang pelindung metal ini adalah memudahkan botol untuk naik dan turun dalam burner sehingga ketinggian burner dapat diatur dengan cara yang sederhana. Kompor ini juga sudah dilengkapi dengan gasket sumbu yang mampu mencegah uap merembes keluar.

Dalam dokumen US Patent No 4,164,930 tanggal 21 Agustus 1979, Harold E. Johnston (Johnston, 1979) menemukan kompor masak (*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. Bukaan buangan dibuat dekat dengan panci masak yang ditempatkan pada bagian atas *screen* angin sehingga gas buang panas dari pembakaran bahan bakar mengalir menuju panci. Panas pembakaran diperoleh dari plat burner berbentuk silinder termasuk bagian ceruknya dimana pada bagian pusat membentuk piringan bahan bakar alkohol yang dikelilingi oleh rim yang lebar. Panas dari bahan bakar diberikan ke bagian bawah panci diradiasikan ke rim dari pelat burner ke panas untuk kemudian memanasi bahan bakar dalam piringan bahan bakar yang tujuannya untuk meningkatkan penguapan bahan bakar yang akhirnya dapat meningkatkan panas yang dihasilkan oleh kompor.

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

Anil K. Rajvanshi, S.M. Patil dan B. Mendonca (2007) meneliti tentang kompor etanol kadar 50% dengan tekanan 50–150 kPa. Gambar kompor tersebut dapat dilihat pada gambar 2.5.

Penelitian dilaksanakan di daerah pedesaan India. 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).

James Robinson pada tahun 2006 mengembangkan kompor berbahan bakar etanol. Kompor tersebut diuji unjuk kerjanya menggunakan metode pendidihan air (*water boiling test, WBT*). Unjuk kerja kompor hasil rancangan James Robinson adalah sekitar 40 - 43%. Kompor ini mampu mendidihkan air sebanyak 2 liter dalam waktu 18 menit (Robinson, 2006).

Kelebihan menggunakan kompor bioetanol, yaitu :

- Perbandingan penggunaan bioethanol dan minyak tanah adalah 1:3;
- 100 cc bioetanol bisa 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.

Hingga saat ini telah hadir empat generasi kompor bioetanol dengan melakukan perbaikan dibanding generasi sebelumnya.

Adapun spesifikasi dari masing-masing generasi kompor tersebut adalah :

1. Kompor Generasi I

Kompor ini memiliki kapasitas tangki 250 ml dan habis digunakan untuk memasak selama 1 jam. Kelemahan dari kompor generasi I yaitu apabila bioetanol habis ditengah kegiatan memasak, saat diisi ulang, uap bioetanol yang diisikan akan naik dan ketika dinyalakan akan terjadi letupan yang memberikan efek traumatis bagi pengguna.

2. Kompor Generasi II

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

3. Kompor Generasi III

Kompor ini menggunakan jerigen sebagai tangki bahan bakar yang dihubungkan dengan selang. Satu liter bahan akan habis dalam 5 jam. Kelemahan dari kompor generasi III ini adalah ketika panas, selang mengendor sehingga bioetanol merembes dan sebagian konsumen rumah tangga mengeluh karena jerigen harus dalam posisi tergantung. Solusi dari kelemahan tersebut yaitu selang dari plastic tahan panas hingga 200°C, tangki galvanum dan bunner dari stainless steel dengan pipa aliran dari stainless steel.

4. Kompor Generasi IV

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

(Sumasroh, 2013).



Gambar 2.6 Kompor Bioetanol (Dokumen pribadi).

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

Tabel 2.7 Perhitungan Efisiensi Pembakaran

Bahan Bakar	Qin	Kalor sensibel (SH)	Kalor laten (LH)	Efisiensi	Rugi panas kelingkungan	Rugi panas
	W	W	W		W	
Minyak Tanah	5.737,2	2.112,5	2.087,7	73,21%	1.537,0	27%
Etanol 50%	2.426,6	432,2	334	31,59%	1.660,1	68%
Etanol 70%	4.024,5	841,5	1.158	49,69%	2.024,7	50%
Etanol 90%	8.725,4	1135,4	1.292	27,82%	6.297,6	72%

2.9 CV. Tristar Chemical

CV. Tristar Chemical merupakan distributor bahan kimia untuk keperluan industri dan bahan kimia untuk pembuatan formula pembersih, kosmetik, makanan, minuman dan

sebagainya. CV Tristar Chemical terletak di jalan Tunjungan lantai 1 nomor 103 Surabaya. Selain distributor bahan-bahan kimia, Tristar juga memberikan konsultasi, kursus home industri dan seminar yang didukung oleh instruktur yang ahli di bidangnya. Tristar saat ini telah berusaha meningkatkan pelayanan dengan melebarkan jalur usaha di bidang penyediaan mesin-mesin untuk home industri, sehingga dapat memenuhi kebutuhan para peserta seminar, kursus dan pelatihan yang ingin serius dalam menjalankan usahanya. Peserta pelatihan diajarkan mulai dari pengetahuan bahan, step by step pengolahan baik secara manual, menggunakan mesin dan peralatan industri sederhana, cara pengemasannya, bahkan sampai cara pengurusan ijin usaha. Tristar memberikan layanan konsultasi dan pelatihan industri di bidang teknologi pangan, kosmetik, kuliner, roti dan es krim, sabun dan pembersih, otomotif, cat tembok, kayu, besi, industri aneka lem, industri rokok, tinta whiteboard, inkjet, jamu tradisional, handicraft: lilin, fiber, clay, daur ulang kertas, home industri batik dan lain-lain. Pelatihan praktis ini didukung oleh ahli farmasi, ahli teknologi makanan, dan ahli kimia berpengalaman. Hasil dari pelatihan singkat ini diharapkan akan membuka lapangan pekerjaan dan meningkatkan ketrampilan serta penghasilan. Tristar melayani penjualan bahan mulai dari skala kecil atau eceran hingga memenuhi permintaan untuk jumlah besar (partai). Tristar saat ini telah meningkatkan pelayanan dengan melebarkan jalur usaha di bidang penyediaan mesin dan peralatan untuk home industry. Selain mesin dan peralatan buatan pabrik beberapa diantaranya adalah hasil penemuan dari Tristar Machinery sendiri.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2014 sampai Januari 2015, di rumah dan di TEC (*Tunjungan Electronic Center*) CV. Tristar Chemical Jalan Tunjungan lantai 1 nomor 103 Surabaya.

3.2 Metode yang Digunakan

3.2.1 Teknik pengambilan sari buah semu dan pretreatment

Sari buah semu jambu mete (*Anacardium occidentale* L.) diambil dari tempat pengolahan jambu mete (*Anacardium occidentale* L.) di home industry desa wisata Karang Tengah Imogiri Bantul Yogyakarta. Pretreatment secara fisik, buah semu di blender lalu disaring dengan saringan untuk mendapatkan sarinya. Sterilisasi dilakukan dengan pemanasan. Sari buah semu disimpan dalam wadah bersih.

3.2.2 Proses fermentasi

Ditambahkan 4 gram ragi *Saccharomyces cerevisiae* (digunakan ragi yang sudah diperdagangkan merk fermipan), 2 g urea dari Trubus, 2 g NPK dari Trubus, dibiarkan larutan selama 5 hari. Namun, sebelum difermentasi pastikan kadar gula larutan tersebut maksimal 17-18 % yang merupakan kadar gula maksimum yang disukai *Saccharomyces cerevisiae* untuk hidup dan bekerja mengurai gula menjadi alkohol. Jika kadar gula lebih tinggi, ditambahkan air hingga mencapai kadar yang diinginkan. Bila sebaliknya, ditambahkan larutan gula pasir agar mencapai kadar gula yang dikehendaki. Ditutup rapat fermentor untuk mencegah kontaminasi agar ragi bekerja optimal mengurai glukosa. Fermentor menggunakan galon 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 dan pH 4,5-5,5. Selesaiya fermentasi ditandai dengan aroma seperti tape, munculnya banyak gelembung gas. Hasil proses fermentasi disaring dengan kain untuk memisahkan endapan dengan larutan etanol-air.

3.2.3 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 sebelum dan setelah proses fermentasi.

3.2.4 Proses produksi bioetanol

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%.

3.2.5 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.

3.2.6 Pengujian bioetanol sebagai bahan bakar

Setelah didapatkan kadar etanol yang diinginkan, dilakukan uji pada kompor bioetanol dengan cara diambil sebanyak 500 mL bioetanol dimasukkan dalam kompor bioetanol dan ditunggu berapa lama dapat mendidihkan air. Kompor bioetanol yang

digunakan adalah kompor merk acura dari PT. Harapan Jaya Mandiri. Pengujian unjuk kerja kompor dilakukan dengan metode uji pendidihan air (WBT). Prosedur dalam uji WBT adalah pada saat kompor dalam keadaan dingin kemudian bahan bakar dinyalakan. Kompor dinyalakan dengan nyala api standar untuk memasak air dalam panci terbuka untuk semua variabel bahan bakar. Target yang ingin dicapai adalah mendidihkan air dalam panci. Panci yang sudah berisi air 1 liter diletakkan di atas kompor pada saat dicapai nyala api standart stabil. Termometer diletakkan di dalam air dengan posisi di tengah panci dengan ujung bawah thermometer berjarak 3 cm dari dasar panci. Pengukuran dimulai pada saat panci diletakkan di atas kompor. Dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar minyak tanah.

3.3 Rancangan Penelitian dan Analisis Data

Penelitian ini bersifat deskriptif kuantitatif. Data dianalisis secara deskriptif. Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah lama waktu nyala kompor, volume etanol yang dihasilkan dan kadar etanol yang dihasilkan. Hasil data yang diperoleh dilakukan analisa kadar etanol yang dihasilkan dan diuji lama pembakaran pada kompor bioetanol.

Tabel 3.1 Kadar Gula Reduksi dan Kadar Etanol (%)

Perlakuan	Gula Reduksi (%)		Kadar Etanol (%)
	Awal	Akhir	
Hasil Fermentasi			

Tabel 3.2 Perbandingan Lama Pembakaran Bioetanol dengan Minyak Tanah

Jenis Bahan Bakar	Rata-Rata Lama Pembakaran (Menit)	Rata-Rata Titik Didih (Menit)
Bioetanol 70 %		
Bioetanol 90 %		
Minyak Tanah		

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh bioetanol yang efektif dari sari buah semu jambu mete terhadap lama pembakaran kompor bioetanol. Penelitian ini menggunakan sari buah semu jambu mete karena sampai saat ini produk yang diperoleh dari jambu mete masih terbatas pada pengolahan buah sejati menjadi kacang mete. Buah semu jambu mete mengandung karbohidrat sebanyak 15,8 gram per 100 gram buah semu. Dengan kandungan karbohidrat tersebut, maka buah semu jambu mete merupakan bahan baku yang cukup potensial untuk diolah menjadi etanol yang bernilai ekonomis tinggi.

4.1 Teknik Pengambilan Buah Semu dan Pretreatment

Sari buah semu jambu mete (*Anacardium occidentale* L.) didapatkan sebanyak 10 liter dari tempat pengolahan di home industry desa wisata Karang tengah Imogiri Bantul Yogyakarta. Buah diblender hingga halus. Lalu disaring dengan saringan untuk mendapatkan sarinya. Saringan yang digunakan yaitu saringan dari kain yang memiliki pori-pori kecil. Setelah disaring didapatkan 8 liter sari buah semu jambu mete. Sterilisasi limbah cair dilakukan dengan pemanasan. Pemanasan dilakukan untuk mematikan mikroorganisme yang terdapat pada sari buah semu jambu mete. Pemanasan dilakukan sesingkat mungkin untuk menghindari terjadinya pembentukan senyawa inhibitor.

4.2 Proses Fermentasi

Hasil fermentasi yang dihasilkan berupa etanol yang masih bercampur air, dengan kadar etanol $\pm 12\%$. Proses fermentasi dilakukan untuk mengkonversi glukosa (gula) dalam buah semu jambu mete dapat dirubah menjadi etanol dan CO₂.

Fermentasi dilakukan secara *batch* sederhana, yaitu inokulum dan substrat dimasukkan sekaligus pada waktu awal dan proses fermentasi berlangsung sampai waktu tertentu.

Sacharomyces cereviseae digunakan karena dapat berproduksi tinggi, tahan atau toleran terhadap kadar alkohol yang tinggi, tahan terhadap kadar gula yang tinggi dan tetap melakukan aktivitasnya pada suhu 4 – 32⁰C. *Saccharomyces* merupakan mikroorganisme yang sangat dikenal masyarakat luas sebagai ragi roti (*baker's yeast*). Ragi roti ini selain digunakan dalam pembuatan makanan dan minuman, juga digunakan dalam industri etanol (Umbreit, 1959). Digunakannya ragi roti daripada ragi tape dikarenakan pada ragi roti mengandung enzim yang langsung berkaitan dengan fermentasi ada 3 yaitu *maltase*, *invertase* dan *zimase*. *Maltase* mengubah maltosa menjadi glukosa. *Invertase* mengubah sukrosa menjadi fruktosa dan glukosa. *Zimase* mengubah fruktosa dan glukosa menjadi gas karbondioksida (Bamforth, 2005). Keuntungan menggunakan ragi roti antara lain adalah hemat biaya, mudah digunakan, memiliki kemampuan fermentasi tinggi, dosis pemakaian rendah. Ragi kering instan (*instant dry yeast*) dibuat dari ragi yang dipanaskan dan lalu dikeringkan hingga mengandung 94% – 95% materi kering dengan jumlah sel ragi 10⁵-10⁷ per gram ragi, berbentuk vermicelli (seperti potongan pasta yang sangat pendek), mendekati butiran kecil yang halus (Bamforth, 2005). Ragi memerlukan sumber karbon, nitrogen, mineral, dan vitamin. Kombinasi nutrien ini diformulasikan dalam media fermentasi untuk mendukung pertumbuhan dan viabilitas sel ragi. Digunakan NPK dan urea sebagai sumber nutrisi untuk ragi melakukan proses fermentasi. Fermentasi dilakukan selama 5 hari untuk mendapatkan hasil kadar etanol yang tinggi.

Pencampuran sari buah semu jambu mete, ragi roti, urea dan NPK dilakukan dalam galon sebagai fermentor kemudian diaduk merata supaya menjadi homogen. Fermentor adalah peralatan untuk mengendalikan pertumbuhan mikroorganisme dalam medium cair. Fungsi fermentor yaitu menyediakan kondisi lingkungan yang cocok bagi mikrobia didalamnya untuk menghasilkan biomassa, menghasilkan enzim, menghasilkan metabolit, memberikan lingkungan terkontrol bagi pertumbuhan

mikroorganisme atau campuran tertentu mikroorganisme untuk memperoleh produk yang diinginkan. Setelah homogen, ditutup rapat fermentor untuk mencegah kontaminasi agar ragi bekerja optimal mengurai glukosa. Fermentasi berlangsung anaerob. Gelembung gas muncul 2 jam setelah dilakukannya proses fermentasi. Fermentasi akan menghasilkan gas, hal ini dapat dibuktikan dengan munculnya gelembung-gelembung udara pada botol yang berisi air, jika hal ini terjadi maka proses fermentasi sedang berlangsung.

4.3 Analisis Gula Reduksi

Pengukuran kadar gula reduksi dilakukan sebelum dan setelah proses fermentasi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui berapa banyak gula reduksi yang dimanfaatkan oleh *Saccharomyces cerevisiae*. Pengukuran kadar gula dilakukan dengan menggunakan refraktometer. Refraktometer adalah sebuah alat yang biasa digunakan untuk mengukur kadar atau konsentrasi bahan atau zat terlarut. Metode kerja dari refraktometer ini dengan memanfaatkan teori refraksi cahaya. Kadar gula reduksi awal dan akhir dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kadar Gula Reduksi dan Kadar Etanol (%)

Perlakuan	Gula Reduksi (%)		Kadar Etanol (%)
	Awal	Akhir	
Hasil Fermentasi	5%	5%	12%

Dari tabel tersebut, dapat diketahui bahwa kadar gula reduksi awal dan akhir tidak terjadi perubahan. Hasil yang didapat yaitu pada kadar gula reduksi awal 5%, sedangkan pada kadar gula reduksi akhir juga 5%. Sebagian gula reduksi yang tidak

terkonversi, juga disebabkan konsentrasi gula di luar sel yang terlalu tinggi menyebabkan perbedaan konsentrasi dan tekanan osmosa yang besar antara lingkungan dan cairan sel khamir sehingga terjadi peristiwa plasmolisis (Rahayu, 1988). 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. Efisiensi penggunaan substrat dihitung berdasarkan persentase perbandingan antara total substrat glukosa yang dikonsumsi dengan jumlah substrat awal yang tersedia.

Gula reduksi merupakan faktor penting bagi sel *Saccharomyces cerevisiae* sebagai sumber energi untuk melakukan metabolisme yang pada akhirnya akan berpengaruh terhadap konsentrasi etanol yang dihasilkan. Semakin banyak gula reduksi yang dapat dimanfaatkan oleh sel *Saccharomyces cerevisiae* semakin tinggi pula konsentrasi etanol yang dihasilkan oleh sel *Saccharomyces cerevisiae*. Hal ini sesuai dengan pendapat Winarti (1996) yang menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi substrat atau gula reduksi yang dapat dipecah oleh sel khamir menjadi etanol maka semakin tinggi pula konsentrasi etanol yang dihasilkan.

Kadar gula yang baik antara 10–18%, apabila dipergunakan lebih dari 18% akan mengakibatkan pertumbuhan ragi terhambat dan waktu fermentasi lama mengakibatkan banyak gula yang tidak terfermentasi, sehingga hasil alkohol akan rendah begitu juga bila konsentrasi kurang dari 10%, maka alkohol yang dihasilkan juga rendah. Kadar gula yang didapatkan kurang dari 10% dikarenakan pada saat pretreatment tidak langsung dilakukan fermentasi sehingga kadar gula berkurang. Besarnya konsentrasi etanol yang akan didapatkan dari proses fermentasi tidak dapat ditentukan hanya berdasarkan konsentrasi gula reduksi awal karena proses fermentasi dipengaruhi oleh banyak faktor.

Menurut Sutiari *dalam* Sugiharto (1991) faktor-faktor yang mempengaruhi fermentasi adalah kultur inokulum yang digunakan, lama fermentasi, suhu, pH medium, jumlah makro dan mikro nutrien yang ada dalam media fermentasi, konsentrasi media fermentasi, gula reduksi dan sebagainya. Konsentrasi etanol yang didapatkan pada penelitian ini cukup tinggi. Hal ini disebabkan karena dalam proses fermentasi terjadi proses pemecahan disakarida dan hidrolisa polisakarida menjadi monosakarida.

Dalam rangka mempertahankan hidupnya sel *Saccharomyces cerevisiae* menghasilkan enzim tertentu yaitu kelompok enzim *invertase* yang berfungsi untuk memecah disakarida menjadi glukosa atau gula reduksi sehingga kadar gula reduksi di dalam media fermentasi bertambah. Peningkatan kadar gula reduksi ini menyebabkan peningkatan konsentrasi etanol.

4.4 Proses Produksi Bioetanol

Alat destilasi yang digunakan dalam percobaan ini yaitu alat destilasi milik CV. Tristar Chemical. Alat ini merupakan alat destilasi skala pelatihan dengan tangki 8 liter dan dapat menghasilkan etanol dengan kadar tinggi. Sebelumnya, didapatkan hasil dari fermentasi yang diperoleh 7,7 liter. Etanol yang diperoleh hanya sebanyak 300 ml. Jika dibandingkan dengan bahan baku cair lain seperti air kelapa dan legen, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hadi (2012), untuk 200 liter air kelapa bisa menghasilkan tidak kurang dari 90 liter bioetanol dengan kadar 70 %, sedangkan untuk bahan dari legen setiap 200 liter nya bisa menghasilkan tidak kurang dari 110 liter bioetanol dengan kadar 70 %. Hasil destilat yang sangat sedikit ini disebabkan karena volume substrat yang sangat sedikit dan tidak ada perlakuan tambahan untuk meningkatkan volume dan kadar etanol seperti melakukan hidrolisis substrat atau menambahkan zat pati agar semakin banyak glukosa yang didegradasi oleh *Saccharomyces cerevisiae*. Gokarn *et al.* (1997) mengatakan bahwa rendahnya efisiensi produksi etanol dapat

disebabkan karena produk biomassa yang rendah selama proses fermentasi dan pembentukan produk samping selain etanol.

Destilasi atau penyulingan adalah suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan menguap (volatilitas) bahan. Dalam penyulingan, campuran zat dididihkan sehingga menguap, dan uap ini kemudian didinginkan kembali ke dalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap lebih dulu. Metode ini merupakan termasuk unit operasi kimia jenis perpindahan massa. Penerapan proses ini didasarkan pada teori bahwa pada suatu larutan, masing-masing komponen akan menguap pada titik didihnya. Bahan yang akan didestilasikan pada drum pemasakan tidak boleh penuh, melainkan harus menyediakan sedikitnya 10% ruang kosong dari kapasitas penuh drum pemasakan pada drum pemasakan (Kister, 1992). Produk hasil fermentasi mengandung alkohol rendah (8-10%) yang disebut bir, oleh karena itu perlu dinaikkan konsentrasinya dengan cara destilasi yaitu untuk memisahkan etanol dari campuran etanol air. Untuk larutan yang terdiri dari komponen-komponen yang berbeda nyata suhu didihnya, maka destilasi merupakan cara yang paling mudah dioperasikannya dan merupakan cara pemisah metode thermal yang efisien. Pada tekanan atmosfer, air mendidih pada suhu 100⁰C dan etanol mendidih pada suhu 77⁰C. Perbedaan titik didih inilah yang memungkinkan pemisahan etanol-air.

4.5 Pengujian Kadar Etanol

Alkoholmeter adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur kadar alkohol dalam air. Di bagian atas alkoholmeter tersebut dilengkapi dengan skala yang menunjukkan kadar alkohol. Prinsip kerjanya berdasarkan berat jenis campuran antara alkohol dengan air. Kadar etanol yang didapatkan dari hasil destilasi pertama yaitu 90%. Dan pada hasil destilasi kedua berkadar 70%.

Kadar etanol dari hasil destilasi kedua menurun hingga 20 %, menjadi hanya 70%. Hal ini disebabkan karena pada destilasi

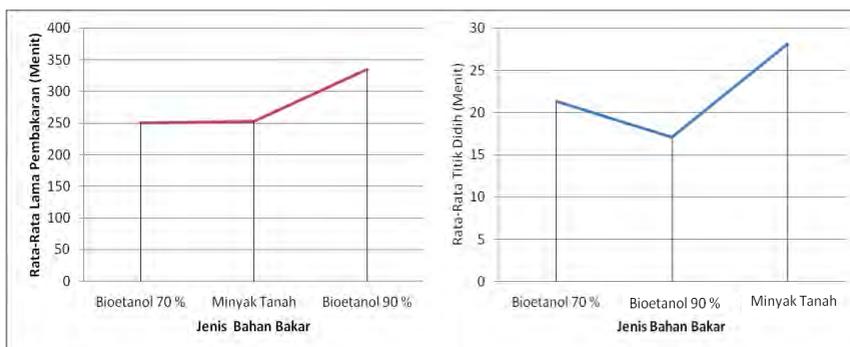
kedua terjadi peningkatan suhu pemanasan pada alat destilasi sehingga menyebabkan kadar etanol yang dihasilkan berkurang.

4.6 Pengujian Bioetanol sebagai Bahan Bakar

Kompur bioetanol yang digunakan adalah kompor merk acura tipe BPP 3 dari PT. Harapan Jaya Mandiri. Pengujian unjuk kerja kompor dilakukan dengan metode uji pendidihan air (*Water Boiling Test*, WBT). 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°C . Rata-rata lama pembakaran dan rata-rata titik didih air dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Perbandingan Lama Pembakaran Bioetanol dengan Minyak Tanah

Jenis Bahan Bakar	Rata-Rata Lama Pembakaran (Menit)	Rata-Rata Titik Didih (Menit)
Bioetanol 70 %	4 jam 10 menit (250')	21 menit 22 detik
Bioetanol 90 %	5 jam 35 menit (335')	17 menit 5 detik
Minyak Tanah	4 jam 13 menit (253')	28 menit 7 detik



Gambar 4.1 Grafik Kecepatan Pendidihan Air dan Lama Pembakaran

Data menunjukkan kecepatan pendidihan air menggunakan bahan bakar etanol 90% menempati urutan pertama dengan waktu 17 menit 5 detik, urutan kedua ditempati oleh bahan bakar etanol 70% dengan waktu pendidihan 21 menit 22 detik, hal ini dipahami karena nilai kalor dari etanol 90% masih lebih tinggi dari etanol 70%. Sedangkan untuk bahan bakar minyak tanah dengan waktu pendidihan 28 menit 7 detik. Kecepatan dan efisiensi pendidihan ini juga sangat bergantung dari desain kompor yang digunakan. Penggunaan bahan kompor dengan sifat konduktor lebih baik akan dapat mempercepat proses penguapan bahan bakar yang akan dioksidasi di burner. Selain itu rancangan lubang untuk asupan udara untuk di ruang bakar juga berpengaruh dalam kesempurnaan proses oksidasi di ruang bakar untuk pemanasan bahan bakar menjadi gas yang kemudian dioksidasi lagi di head kompor.

Dari hasil penelitian etanol kadar 90%, api keluaran dari burner stabil berwarna biru sedikit kemerahan. Sedangkan etanol kadar 70%, api kurang stabil berwarna biru sedikit kemerahan sehingga pada saat digunakan untuk memasak air suhu air bertahan pada suhu 91°C. Mulai menit ke-10 dan stabil tanpa ada kenaikan hingga ditunggu sampai 5 menit tidak ada kenaikan suhu bahkan kadang turun. Pada kompor minyak tanah, api kurang stabil berwarna merah dan banyak asap. Api kompor bioetanol terlihat dalam ruangan terbuka, warna biru tidak nampak jelas karena cahaya luar lebih kuat. Api tidak terlihat, menandakan bahwa api kompor tetap berwarna biru.

Antara etanol 70 % dan etanol 90% ada perbedaan dalam hal kalori. Untuk etanol 70%, karena jumlah airnya yang 30%, maka kalorinya tidak sebesar daripada etanol 90%. Akibatnya, pemasakan menggunakan kompor etanol yang memakai konsentrasi 70% lebih lama. Ketika etanol dengan kadar 70% hasil sulingan langsung tanpa pencampuran dengan air, nyala api birunya lebih stabil dibandingkan jika kita mencampur etanol 90% dengan air untuk mencapai 70%. Saat menggunakan etanol 70% hasil campuran dengan air, penampilan api kompor sering

terlihat berwarna merah. Hal itu mengindikasikan, uap air yang terbakar. Berbeda ketika menggunakan etanol 70% hasil sulingan, warna merah lebih sedikit dibandingkan dengan hasil campuran dan stabil. Hal ini dapat dikarenakan nilai kelarutan dari etanol campuran tidak sempurna, hingga pada saat proses penguapan etanol pada kompor pun tidak sempurna.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Didapatkan data yaitu pada bioetanol 70 % kualitas api kurang stabil berwarna biru sedikit kemerahan, kecepatan pendidihan air 21 menit 22 detik dan lama pembakaran 4 jam 10 menit; bioetanol 90 % kualitas api stabil berwarna biru sedikit kemerahan kecepatan pendidihan air 17 menit 5 detik dan lama pembakaran 5 jam 35 menit; minyak tanah kualitas api kurang stabil berwarna merah, kecepatan pendidihan air 28 menit 7 menit dan lama pembakaran 4 jam 13 menit.

Jadi, berdasarkan data yang diperoleh, bioetanol yang paling efektif terhadap lama pembakaran kompor bioetanol yaitu bioetanol kadar 90% dilihat dari kecepatan pendidihan air dan rata-rata lama pembakaran jika dibandingkan dengan bioetanol kadar 70% dan minyak tanah.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan dilakukannya proses hidrolisis dengan penambahan enzim untuk memperoleh hasil gula reduksi yang tinggi yang dimanfaatkan metabolisme mikroorganisme sehingga bioetanol yang dihasilkan lebih banyak.

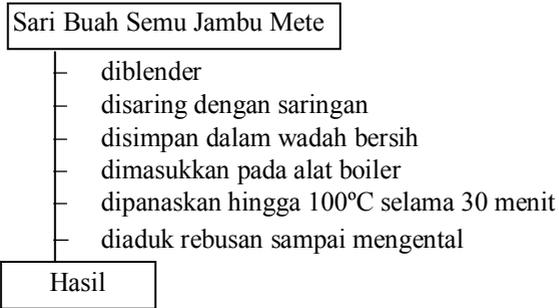
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

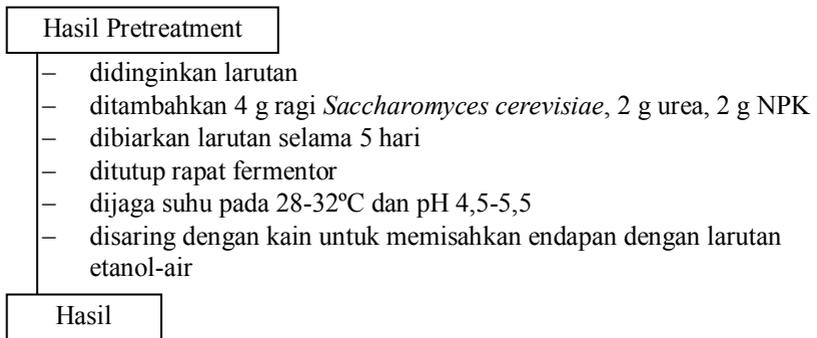
	Halaman
Lampiran 1	Skema Kerja..... 63
Lampiran 2	Skema Kerja (lanjutan)..... 64
Lampiran 3	Bahan Pembuatan Bioetanol Secara Umum..... 65
Lampiran 4	Proses Pembuatan Bioetanol..... 66
Lampiran 5	Tabel Perbandingan Lama Pembakaran Bioetanol dengan Minyak Tanah..... 67
Lampiran 6	Metodologi..... 68
Lampiran 7	Metodologi (lanjutan)..... 69
Lampiran 8	Metodologi (lanjutan)..... 70
Lampiran 9	Metodologi (lanjutan)..... 71
Lampiran 10	Hasil..... 72

Lampiran 1. Skema Kerja

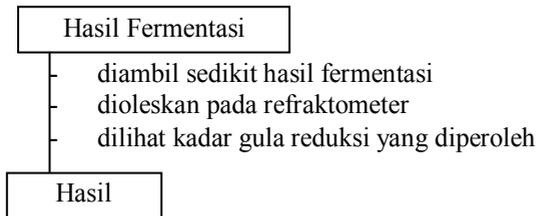
Pretreatment



Proses Fermentasi

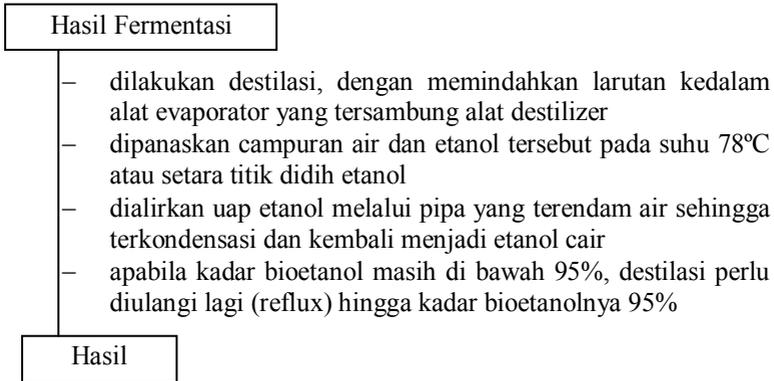


Analisis Gula Reduksi

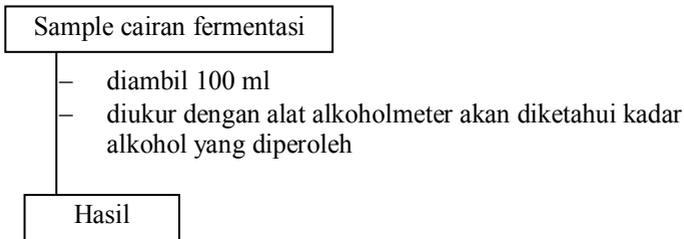


Lampiran 2. Skema Kerja (lanjutan)

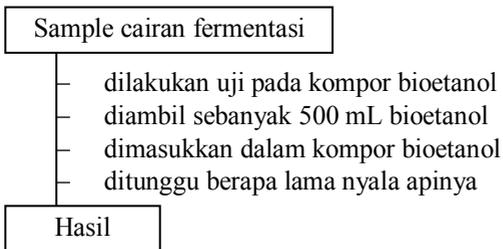
Proses Produksi Bioetanol



Pengujian Kadar Etanol



Pengujian Bioetanol Sebagai Bahan Bakar



Lampiran 3. Bahan Pembuatan Bioetanol Secara Umum

Ragi

Enzim

Limbah cair

Bioetanol

(Anonim, 2014).

Lampiran 4. Proses Pembuatan Bioetanol



(Anonim, 2014).

Lampiran 5. Tabel Perbandingan Lama Pembakaran Bioetanol dengan Minyak Tanah

Jenis Bahan Bakar	Lama Pembakaran (Menit)	
	U1	U2
Bioetanol 70%	4 jam 10 menit	4 jam 16 menit
Bioetanol 90%	4 jam 40 menit	4 jam 50 menit
Minyak Tanah	4 jam 30 menit	4 jam 40 menit

Lampiran 6. Metodologi

Proses	Gambar	Keterangan
Pretreatment		Penyaringan sari buah semu jambu mete
Fermentasi		Penambahan ragi
		Penambahan NPK

Lampiran 7. Metodologi (lanjutan)

Proses	Gambar	Keterangan
Fermentasi	 A person is pouring a thick, pinkish liquid from a plastic bag into a blue cup. The liquid appears to be a mixture of yeast and nutrients. The person is wearing a red shirt and has red nail polish. The background is a yellow and blue patterned surface.	Penambahan urea
	 A person is pouring a yellowish liquid from a blue cup into a red funnel. The funnel is placed over a large green plastic bottle. The person is wearing a blue shirt and has red nail polish. The background is a light-colored floor.	Pencampuran ragi, urea dan npk dalam fermentor
	 A person is using a long wooden stick to stir the contents of a large green plastic bottle. The bottle is filled with a greenish liquid. The person is wearing a blue shirt and has red nail polish. The background is a light-colored floor.	Proses pengadukan

Lampiran 8. Metodologi (lanjutan)

Proses	Gambar	Keterangan
Fermentasi		Fermentasi anaerob
		Penyaringan setelah fermentasi
Analisis Reduksi		Pengukuran kadar gula reduksi dengan refraktometer

Lampiran 9. Metodologi (lanjutan)

Proses	Gambar	Keterangan
Destilasi		Alat destilasi yang digunakan
		Bahan baku dimasukkan dalam alat destilasi
		Bioetanol destilasi hasil

Lampiran 10. Hasil



(a)



(b)



(c)

Gambar Hasil Uji Nyala Api : (a) Bioetanol 70%; (b) Bioetanol (90%); (c) Minyak Tanah



(a)



(b)

Gambar *Water Boiling Test* : (a) Kompor Bioetanol; (b) Kompor Minyak Tanah



(a)



(b)

Gambar Uji Titik Didih dengan Termometer : (a) Kompor Bioetanol; (b) Kompor Minyak Tanah