



**DISTILASI BIOETANOL DARI PROSES FERMENTASI
TETES TEBU (*MOLASSE*)**

SKRIPSI

Oleh:

Hisbullah

NIM. 091710201038

DPU : Dr. Ir. Iwan Taruna, M.Eng.

DPA : Ir. Setiyo Harri, M.S.

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER**

2017



**DISTILASI BIOETANOL DARI PROSES FERMENTASI TETES TEBU
(MOLASSE)**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Pertanian (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknologi Pertanian

Oleh

Hisbullah
NIM. 091710201038

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

PERSEMBAHAN

Persembahan untuk ayahanda Mistamun dan ibunda Su'iyah yang menjadi motivator terbesar dan tak pernah lelah mendo'akanku serta kepada Almamater Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember tempatku menempa ilmu selama ini.



MOTTO

“Kalau ingin melakukan perubahan jangan tunduk pada kenyataan, asal yakin di jalan yang benar”
(Gus Dur)

“Jika kamu sanggup menembus dan melintasi penjuru langit dan bumi, maka tembus dan lintasilah! Kamu tidak akan dapat menembus dan melintasinya kecuali dengan kekuatan (ilmu)”
(Q.S. AR-Rahman: 33)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hisbullah

NIM : 091710201038

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “**Distilasi Bioetanol dari Proses Fermentasi Tetes Tebu (*Molasse*)**” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali dalam kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember,

Yang menyatakan,

Hisbullah
NIM 091710201038

SKRIPSI

**DISTILASI BIOETANOL DARI PROSES FERMENTASI TETES TEBU
(MOLASSE)**

Oleh

Hisbullah
NIM 091710201038

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Iwan Taruna, M. Eng.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Setiyo Harri, M.S.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Distilasi Bioetanol dari Proses Fermentasi Tetes Tebu (*Molasse*)” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Kamis, 23 Maret 2017

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Dr. Ir. Iwan Taruna, M.Eng.
NIP. 196910051994021001

Ir. Setiyo Harri, M.S.
NIP. 195309241983031001

Tim Penguji:

Ketua

Anggota

Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M. Eng.
NIP. 196312121990031002

Dian Purbasari, S. Pi., M. Si.
NIP. 760016795

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember

Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng.
NIP. 196809231994031009

RINGKASAN

Distilasi Bioetanol dari Proses Fermentasi Tetes Tebu (*Molasse*); Hisbullah, 091710201038; 2017: 50 halaman; Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Energi merupakan hal yang sangat penting bagi kehidupan, tanpa energi semuanya akan mati atau terhenti. Salah satu energi yang dibutuhkan oleh manusia berasal dari Bahan Bakar Minyak (BBM). Semakin bertambahnya penduduk dunia maka akan sebanding dengan bertambahnya kebutuhan akan energi minyak, sedangkan persediaan minyak mentah semakin menipis, sehingga perlu untuk mencari energi baru untuk mensubsidi akan bahan bakar minyak. Bioetanol merupakan sumber energi terbarukan yang dihasilkan dari bahan-bahan mengandung pati dan gula, menjadi permasalahan baru ketika bahan-bahan berpati dan bergula digunakan untuk produksi bioetanol karena akan berdampak pada pengurangan persediaan pangan, sehingga penggunaan limbah yang masih mengandung gula dan pati menjadi alternatif. Salah satu fungsi alkohol adalah sebagai octane booster, artinya alkohol mampu menaikkan nilai oktan dengan dampak positif terhadap efisiensi bahan bakar dan menyelamatkan mesin. Fungsi lain ialah oxygenating agent, yakni mengandung oksigen sehingga menyempurnakan pembakaran bahan bakar dengan efek positif meminimalkan pencemaran udara. Bahkan, alkohol berfungsi sebagai fuel extender, yaitu menghemat bahan bakar fosil. Pada penelitian ini bahan baku yang digunakan adalah tetes tebu yang berkadar gula awal 79,5%, dan ragi roti. Tetes tebu kemudian diencerkan sehingga didapatkan kadar gula 14%, 24% dan 34%, difermentasi dengan menggunakan ragi roti 4 gram dan 8 gram selama 4 hari. Data yang telah di dapatkan dianalisis dengan uji korelasi untuk mengetahui pengaruh hubungan antara perlakuan kadar gula dan perbedaan jumlah ragi terhadap hasil rendemen. Pada penelitian ini hasil kondensat distilasi yang paling besar didapat dari bahan baku kadar gula 34% dengan pemberian ragi 8 gram yaitu sebesar 905 ml sedangkan yang terendah didapat dari bahan baku kadar gula 14% dengan pemberian ragi 8% yaitu sebesar 430 ml. Pada rendemen teoritis etanol murni nilai tertinggi pada perlakuan kadar gula 24% sedangkan pada perlakuan kadar gula 34% hasilnya cenderung lebih rendah dari perlakuan kadar gula 24%. Hasil energi etanol terendah dihasilkan pada perlakuan kadar gula 14% dengan jumlah ragi 4 gram yaitu 1718,33 kkal sedangkan energi yang tertinggi diperoleh dengan perlakuan kadar gula 34% dan jumlah ragi 8 gram dengan hasil energi etanol sebesar 4159,54 kkal. Dari data tersebut bisa dibandingkan dengan energi yang terpakai yaitu energi elpiji yang sebesar 1688,2 kkal, artinya produksi bioetanol berbahan baku molase dengan perlakuan diatas, serta dengan menggunakan bahan bakar gas layak diproduksi karena hasil energi yang didapat etanol lebih besar dari pada energi gas yang terpakai.

SUMMARY

Distillation of Bioethanol Production from Molasse; Hisbullah, 091710201038; 2017: 55 halaman; Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Technology, University of Jember.

Energy is very important in our live. Without the energy, all will die and stalled. One of the energy needed by humans is fuel oil. The world's increasing population is comparable to the increase in energy demand for oil energy, while crude oil inventories is dwindling, so it is necessary to look for the new energy, which it can substitute fuel oil. Bioethanol is a renewable energy sources, manufactured by plants containing starch and sugar. Its become a new problem when starchy and sugary substance used for bioethanol production reduce food supplies, so the use of starchy and sugary waste can be an alternative. Alcohol function is octane booster, it means alcohol can raise the octane value, so the fuel efficiency will increase and it can save machine. Another function is oxigenating agent, namely contains oxygen, which it can enhance fuel combustion and minimize air pollution. Moreover, alcohol function is fuel extender, that is can save fossil fuels. In this study, the raw material used is molasses that initial sugar content of 79.5%, and yeast breads. Molasses and diluted to obtain a sugar content of 14%, 24% and 34%, fermented using baker's yeast of 4 grams and 8 grams for 4 days. Data that has been analyzed with correlation get to know the relationship between treatment effect and the difference in the number of sugar yeast to yield results. The results of condensate distillation greatest obtained from the raw material sugar content of 34% by administration of yeast that is equal to 8 grams of 905 ml while the lowest was obtained from the raw material sugar content of 14% by administration of yeast 8% in the amount of 430 ml. On the theoretical yield of pure ethanol highest value in the treatment of sugar content of 24%, while the treatment of sugar by 34% the result is likely to be lower than 24% sugar treatment. The energy yield of ethanol produced in the treatment lowest sugar content of 14% by number 4 grams of yeast is 1718.33 kcal while the highest energy obtained by treatment with 34% sugar and 8 grams of yeast number with the energy yield of ethanol amounted to 4159.54 kcal. From these data can be compared to the energy used is the energy of LPG amounted to 1688.2 kcal, which means that the production of bioethanol made from molasses with the treatment of the above, and by using fuel gas produced feasible because the energy yield of ethanol obtained is greater than the energy of the gas unused.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Distilasi Bioetanol dari Proses Fermentasi Tetes Tebu (*Molasse*)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan Skripsi ini tidak terlepas dari kendala-kendala yang ada, namun berkat dukungan dan arahan dari berbagai pihak, akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Iwan Taruna, M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian serta bimbingan dalam penyusunan skripsi ini;
2. Ir. Setiyo Harri, M.S., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah banyak memberikan materi dan perbaikan dalam penyusunan skripsi ini;
3. Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M. Eng., selaku Ketua Penguji yang telah banyak memberikan materi dan perbaikan dalam penyusunan skripsi ini;
4. Dian Purbasari, S. Pi., M. Si., selaku Penguji Anggota yang telah banyak memberikan materi dan perbaikan dalam penyusunan skripsi ini;
5. Sahabatku yang telah memberikan dukungan, motivasi, perhatian dan bantuan dalam penyusunan skripsi ini;
6. Teman-teman angkatan 2009 yang telah banyak memberi bantuan, adik-adik angkatan Fakultas Teknologi Pertanian yang telah banyak berbagi pendapat dan pengalaman;
7. Seluruh teknisi Laboratorium Jurusan Teknik Pertanian atas kerjasamanya selama melaksanakan penelitian di Fakultas Teknologi Pertanian;
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa di dalam Skripsi ini masih banyak kesalahan dan kekurangan. Untuk itu kritik dan saran dari pembaca sangat dibutuhkan demi kesempurnaan Skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

Jember, 27 Februari 2017

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	viii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Bahan Bakar Minyak (BBM)	3
2.2 Bahan Bakar Nabati (BBN)	4
2.1.1 Biogas	4
2.1.2 Biodiesel	5
2.1.3 Bioetanol	5
2.3 Proses Pembuatan Bioetanol	6
2.3.1 Fermentasi Gula Menjadi Alkohol	6
2.3.2 Distilasi atau Penyulingan Bioetanol	7

2.4	Bahan Baku Pembuatan Bioetanol	8
2.5	Hasil-Hasil Studi Penelitian Terdahulu Bioetanol.....	9
BAB 3.	METODOLOGI PENELITIAN	11
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	11
3.2	Bahan dan Alat Penelitian	11
3.2.1	Bahan Penelitian	11
3.2.2	Alat Penelitian	11
3.3	Prosedur Penelitian	12
3.3.1	Penelitian Pendahuluan	13
3.3.2	Diskripsi Alat Distilasi	13
3.3.3	Prosedur Penyiapan Bahan	14
3.3.4	Rancangan Penelitian	15
3.3.5	Parameter yang Diukur	16
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1	Proses Pembuatan Bioetanol dari Molase	18
4.1.1	Persiapan Bahan Baku.....	18
4.1.2	Fermentasi	19
4.1.3	Distilasi.....	20
4.2	Hasil Pembuatan Bioetanol dari Molase	21
4.2.1	Kadar Etanol.....	24
4.2.2	Rendemen.....	25
4.2.3	Konsumsi Bahan Bakar	27
BAB 5.	PENUTUP	29
5.1	Kesimpulan	29
5.2	Saran	29
DAFTAR PUSTAKA		30
LAMPIRAN		32

DAFTAR TABEL

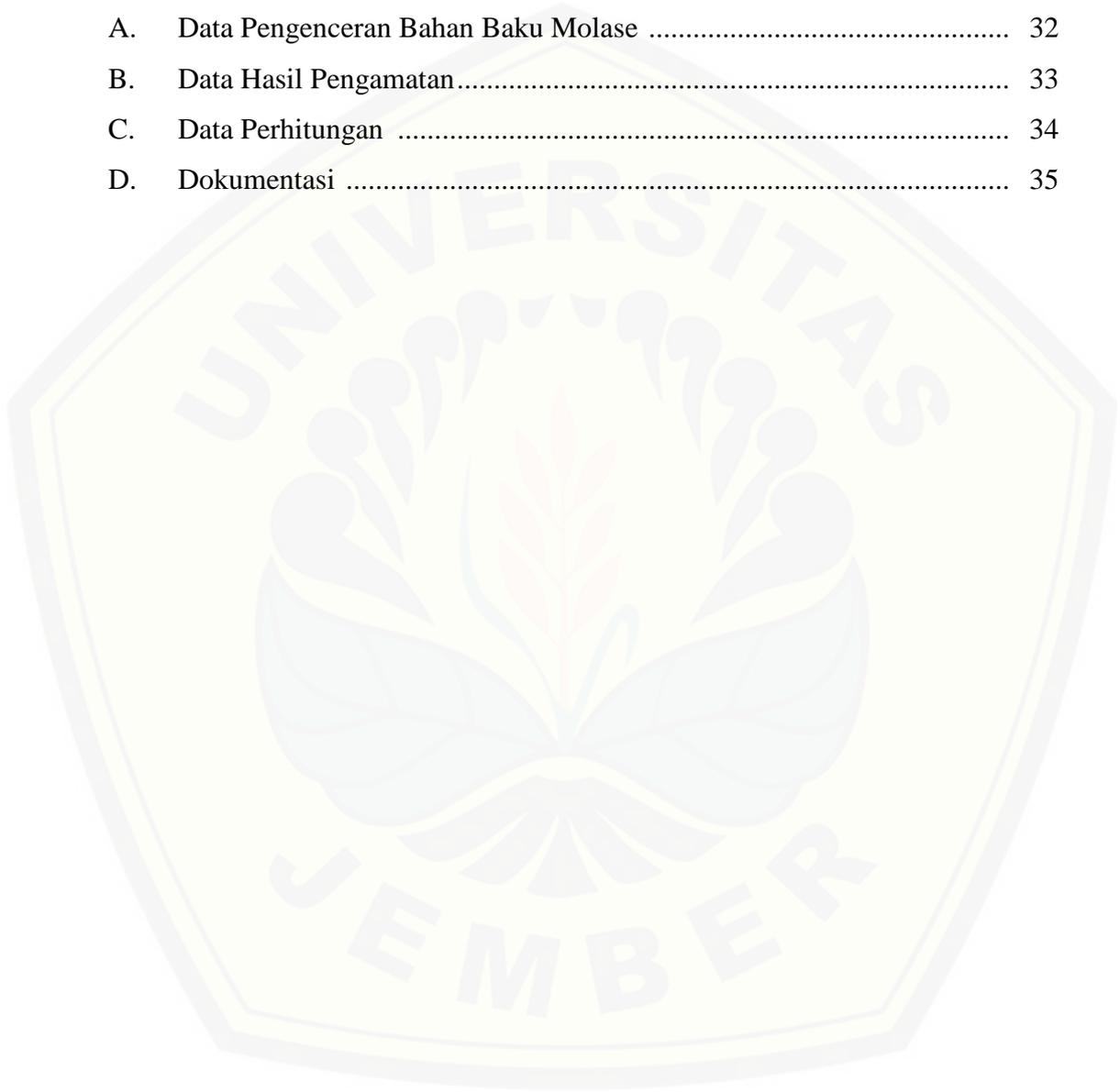
Tabel	Halaman
2.1 Penggunaan Bahan Bakar Minyak (BBM) di Indonesia Tahun 2000-2006.....	4
2.2 Konversi Biomassa Menjadi Bioetanol.....	8
3.1 Rancangan Percobaan Berdasarkan Variabel Perlakuan	16
4.1 Hasil Pengenceran Molase dengan Kadar Gula Awal 79,5%	18
4.2 Hasil Cairan Kondensat	21
4.3 Tabel Korelasi	23

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	12
3.2 Distilator	13
3.3 Alat Fermentasi	15
4.1 Alat Distilasi	20
4.2 Grafik Hasil Kondensat Distilasi	22
4.3 Grafik Hasil Etanol Murni	22
4.4 Grafik Rendemen	25
4.5 Grafik Hasil Etanol Murni/Bahan Baku Molase.....	26
4.6 Grafik Hasil Energi Etanol.....	27

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A. Data Pengenceran Bahan Baku Molase	32
B. Data Hasil Pengamatan.....	33
C. Data Perhitungan	34
D. Dokumentasi	35



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi merupakan hal yang sangat penting bagi kehidupan, tanpa energi semuanya akan mati atau terhenti. Salah satu energi yang dibutuhkan oleh manusia berasal dari Bahan Bakar Minyak (BBM). Energi yang berasal dari bahan bakar minyak ini menjadi peranan yang sangat penting dalam aktifitas kehidupan manusia, karena hampir seluruh aktifitas manusia modern memerlukan energi dari bahan bakar ini seperti aktifitas perindustrian, transportasi atau bahkan pertanian pun memerlukannya.

Semakin bertambahnya penduduk dunia maka akan sebanding dengan bertambahnya kebutuhan akan energi minyak, sedangkan persediaan minyak mentah semakin menipis. Menurut Apriyantono (dalam Prihandana, 2007:x-xi) cadangan minyak dunia diperkirakan hanya cukup untuk 45 tahun kedepan sehingga perlu untuk mencari energi baru untuk mensubstitusi kebutuhan akan bahan bakar minyak. Salah satu sumber energi terbarukan untuk menggantikan peranan bahan bakar minyak terutama bensin yaitu bioetanol.

Bioetanol termasuk Bahan Bakar Nabati (BBN) yang diperoleh dari bahan-bahan yang mengandung pati dan gula melalui alur proses fermentasi dan distilasi. Menjadi permasalahan baru ketika bahan-bahan berpati dan bergula yang merupakan bahan pangan dibutuhkan untuk memproduksi bioetanol, karena disisi lain akan berdampak pada pengurangan persediaan pangan, hal inilah yang menjadi dilema dalam permasalahan bioetanol. Mahalnya bahan baku pembuatan bioetanol juga menjadi kendala dalam usaha peningkatan produksi.

Untuk menghindari permasalahan tersebut perlu adanya pertimbangan bahan-bahan apa saja yang harus digunakan untuk bahan bakar bioetanol dan bahan pangan. Salah satu bahan alternatif yang bisa digunakan untuk bahan baku pembuatan bioetanol serta tidak akan berdampak pada pengurangan cadangan pangan yaitu dengan memanfaatkan limbah pertanian. Limbah pertanian yang bisa digunakan adalah limbah yang mengandung gula, pati, ataupun selulosa seperti daun, kulit buah-buahan, buaha-buahan busuk, tetes (*Molasse*) dan lain-lain.

Untuk itu dalam penelitian pembuatan bioetanol ini, bahan yang digunakan adalah limbah dari pembuatan atau produksi gula yaitu tetes (*molase*).

1.2 Rumusan Masalah

Menipisnya cadangan sumber energi dari bahan bakar minyak membuat manusia berfikir untuk mencari alternatif sumber energi lain. Salah satu sumber energi yang bisa menggantikan peran BBM yaitu bioetanol, selain terbaharukan penggunaan bioetanol juga lebih ramah lingkungan. Akan tetapi memproduksi bioetanol secara massal dari bahan-bahan berpati dan bergula (bahan pangan) akan berdampak pada menurunnya pesediaan pangan sehingga perlu adanya kebijakan dan pertimbangan pada penggunaan bahan baku, salah satunya dengan memanfaatkan limbah dari produksi gula yaitu tetes (*molasse*).

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini hanya dibatasi pada perlakuan perbedaan kadar gula dan variasi jumlah ragi terhadap hasil rendemen.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mempelajari dan melakukan distilasi bioetanol dari proses fermentasi tetes tebu (*molasse*).
2. Membandingkan hasil rendemen yang diperoleh dari perlakuan perbedaan kadar gula dan variasi jumlah ragi.
3. Membandingkan energi yang digunakan dalam proses distilasi dengan energi bioetanol yang dihasilkan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Bakar Minyak (BBM)

Bahan bakar minyak (BBM) berasal dari cairan berwarna hitam yang dipompa dari perut bumi dan biasa disebut *crude oil*. Cairan ini mengandung hidrokarbon. Atom-atom karbon dalam cairan ini saling berhubungan dan membentuk rantai dengan panjang yang berbeda-beda, bertambah panjangnya rantai hidrokarbon akan menaikkan titik didihnya. Prinsip inilah yang digunakan di pengilangan minyak untuk memisahkan berbagai fraksi hidrokarbon dari minyak mentah yaitu dengan cara distilasi (Prihandana, 2007 :4).

Bensin merupakan salah satu bahan bakar minyak (BBM) yang sangat penting keberadaannya karena bensin dibutuhkan manusia untuk mesin-mesin transportasi seperti mobil dan motor. Akan tetapi penggunaan bensin juga berdampak buruk pada lingkungan. Menurut Prihandana (2007:5) bensin merupakan senyawa hidrokarbon yang berisi hidrogen dan atom karbon, pada mesin yang “beres” oksigen mengubah semua hidrogen dalam bahan bakar menjadi air dan mengubah semua karbon menjadi karbon dioksida, namun kenyataannya proses pembakaran itu tidak selamanya berlangsung sempurna. Akibatnya mesin mobil mengeluarkan beberapa jenis polutan berbahaya seperti hidrokarbon (HC), oksida nitrogen (NO_x), karbon monoksida (CO), oksida belerang (SO_x), partikel debu halus (PM₁₀), dan yang paling berbaya adalah timbel (Pb).

Penggunaan bensin secara global tidak hanya berdampak pada pencemaran lingkungan, akan tetapi ketersediaannya yang terbatas dan tidak terbarukan membuat energi ini sangat berharga. Bensin atau premium merupakan BBM peringkat kedua terbesar penggunaannya setelah solar dengan kebutuhan yang meningkat dari tahun ke tahun. Berikut ini Tabel 2.1 penggunaan bahan bakar minyak (BBM) di Indonesia tahun 2000-2006:

Tabel 2.1 Penggunaan Bahan Bakar Minyak (BBM) di Indonesia Tahun 2000-2006

Jenis BBM	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Solar	22.072	23.357	24.276	24.064	26.488	27.466	25.092 ^{*)}
Premium	12.429	13.067	13.630	14.647	16.418	17.459	17.067
Minyak Tanah	12.458	12.280	11.753	11.753	11.846	11.370	10.018
Minyak Diesel	1.472	1.434	1.360	1.183	1.093	892	498

Sumber: Ditjen Migas (dalam Prihandana *et al.*, 2007:2)

Catatan: -Satuan kiloliter (kl)

*) belum termasuk impor BBM swasta sekitar 350.000 kl 60% untuk solar dan 40% untuk minyak bakar.

2.2 Bahan Bakar Nabati (BBN)

Energi Indonesia saat ini masih bertumpu sepenuhnya pada minyak bumi. Sekitar 50% energi Indonesia masih berasal dari minyak bumi. Padahal seperti diketahui, minyak bumi adalah sumber energi yang tidak terbarukan dan dalam pemanfaatannya berpotensi mengeluarkan gas rumah kaca. Sesuai peraturan Presiden No.5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional, kondisi energi Indonesia harus dirubah dengan target pada tahun 2025 bahwa komponen minyak bumi konsumsinya di tahun 2006 masih melebihi angka 50% diturunkan menjadi di bawah 20% dan digantikan diantaranya oleh energi baru terbarukan sebesar 17%. Energi baru terbarukan tersebut diantaranya berasal dari biomassa (Gan Thay Kong, 2010:22).

2.1.1 Biogas

Biogas merupakan salah satu jenis biofuel atau bahan bakar yang bisa diperbarui yang berwujud gas. Biogas terbentuk dari hasil penguraian kotoran hewan atau sisa tanaman oleh mikroorganisme, hasil penguraiannya terdiri dari karbondioksida (30-40%), hidrogen (1-5%), metana (50-70%), uap air (0,3%), nitrogen (1-2%), dan hidrogen sulfat (endapan). Metana sebagai komponen terbesar dapat dimanfaatkan untuk memasak selain itu dalam produksi yang besar biogas juga dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik. Banyaknya metana yang dihasilkan akan menentukan daya listrik yang dihasilkan. Satu meter kubik

(m³) biogas setara dengan 0,62 liter minyak tanah, 0,52 liter solar, dan 0.80 liter bensin (Wahyuni, 2013:28).

2.1.2 Biodiesel

Biodiesel merupakan suatu energi alternatif yang bisa digunakan sebagai bahan bakar layaknya bahan bakar fosil (baca: solar). Biodiesel diperoleh dari minyak nabati ataupun minyak hewani sehingga bersifat dapat diperbaharui. Karena biodiesel merupakan minyak non fosil maka sudah tentu hasil pembakarannya bebas dari sulfur dan senyawa aromatik. Biodiesel mempunyai sifat yang sangat mirip dengan petrodiesel ataupun minyak diesel sintetis, yaitu memiliki energi pembakaran dan angka setana (*cetan number*) yang lebih tinggi (>60) sehingga selain pembakarannya lebih efisien juga sekaligus melumasi piston (Manay, 2010:1).

2.1.3 Bioetanol

Salah satu fungsi alkohol adalah sebagai *octane booster*, artinya alkohol mampu menaikkan nilai oktan dengan dampak positif terhadap efisiensi bahan bakar dan menyelamatkan mesin. Fungsi lain ialah *oxigenating agent*, yakni mengandung oksigen sehingga menyempurnakan pembakaran bahan bakar dengan efek positif meminimalkan pencemaran udara. Bahkan, alkohol berfungsi sebagai *fuel extender*, yaitu menghemat bahan bakar fosil. Alkohol berasal dari bahasa arab yakni *al-kuhl (al kohl)*, artinya senyawa yang mudah menguap. Bahkan kimia organik ini adalah salah satu senyawa kimia tertua yang telah dikenal umat manusia. Alkohol berupa larutan jernih tak berwarna, beraroma khas yang dapat diterima, berfasa cair pada temperatur kamar, dan mudah terbakar (Prihandana *et al.*,2007:25).

Penggunaan bioetanol dianggap sebagai salah satu alternatif untuk menghambat pemanasan global karena penggunaan bioetanol yang ramah lingkungan selain itu bioetanol juga merupakan energi terbarukan sehingga energi ini menjadi jawaban atas kecemasan dunia terkait dengan menipisnya cadangan energi fosil. Namun disisi lain memproduksi bioetanol secara besar-besaran akan

mengganggu ketahanan pangan, hal ini disebabkan bahan baku pembuatan biofuel merupakan bahan pangan seperti jagung, singkong, tebu, dan bahan bergula lain (Kong, 2010:20).

Bioetanol merupakan sumber energi alternatif yang berasal tanaman yang bergula dan berpati. Bioetanol merupakan bahan bakar yang diperoleh dari proses fermentasi bahan baku yang mengandung pati atau gula seperti tetes tebu dan singkong. Jenis bioetanol ini digunakan sebagai pengganti premium (gasoline). Etanol yang dapat digunakan sebagai BBN adalah alcohol murni yang bebas air (*anhydrous alcohol*) dan berkadar lebih dari 99,5%, atau disebut *fuel grade ethanol* (FGE). Campuran premium dan FGE disebut dengan *gasohol*. Di Indonesia, Pertamina memberikan merek dagang Biopremium untuk produk tersebut (Prihandana *et al.*, 2007:28).

Bioetanol terbagi menjadi 2 macam berdasarkan cara pembuatannya yaitu etanol sintesis atau sering disebut juga sebagai methanol atau methyl alkohol atau alkohol kayu, terbuat dari etilen, salah satu derivat minyak bumi atau batu bara. Bahan ini diperoleh dari proses sintesis kimia yang disebut dehidrasi. Kedua adalah bioetanol yang diperoleh dari proses biologi (enzimatik dan fermentasi) dengan bahan baku pembuatnya berasal dari bahan-bahan berpati (singkong, ubi jalar, tepung sagu dan lain-lain), bahan-bahan bergula (tetes tebu, nira aren, nira kelapa dan lain-lain) serta bisa juga dari bahan-bahan berselulosa (jerami padi, janggal jagung, batang pisang, ampas tebu dan lain-lain) (Murdiyatmo, 2006).

2.3 Proses Pembuatan Bioetanol

2.3.1 Fermentasi Gula Menjadi Alkohol

Fermentasi adalah perubahan 1 mol glukosa menjadi 2 mol etanol dan 2 mol CO₂. Proses fermentasi dilakukan dengan menambahkan yeast atau ragi untuk mengkonversi glukosa menjadi bioetanol yang bersifat anaerob. *Saccharomyces cerevisiae* merupakan mikroorganisme yang paling banyak digunakan pada fermentasi alkohol karena dapat berproduksi tinggi, tahan terhadap kadar alkohol yang tinggi, tahan terhadap kadar gula yang tinggi dan tetap aktif melakukan

aktifitasnya pada suhu 4-32⁰C (Kartika *et.al.*,1992). Menurut Gay-lussac (dalam schlegel, 1994) glukosa dan heksosa lain dapat difermentasi menjadi etanol oleh mikro organisme *Saccharomyces cerevisiae* dengan reaksi:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$$

(Energi yang dilepaskan: 118 kj per mol).

2.3.2 Distilasi atau Penyulingan Bioetanol

Menurut Earle (1969), distilasi adalah proses pemindahan, yaitu memisahkan komponen-komponen di dalam suatu campuran, membuat suatu kenyataan bahwa komponen lebih cepat menguap dari pada yang lain. Kegunaan utama dalam proses distilasi adalah untuk mengentalkan minyak atsiri, bahan beralkohol dan aroma. Secara garis besar kita mengenal tiga metode distilasi masing-masing adalah:

1. Penyulingan dengan air (*Water Distillation*).
2. Penyulingan dengan air dan uap (*Water & Steam Distillation*).
3. Penyulingan dengan uap langsung (*Direct Steam Distillation*).

Sedangkan menurut Musanif (2008), distilasi merupakan proses pemisahan komponen berdasarkan titik didihnya, titik didih etanol murni sebesar 78⁰C, sedangkan air adalah 100⁰C, dengan pemanasan larutan pada suhu rentang 78 – 100⁰C akan mengakibatkan sebagian besar etanol menguap dan melalui titik unit kondensasi akan dihasilkan etanol dengan konsentrasi 95% volume.

Menurut Nurdyastuti (2008), bioetanol yang digunakan sebagai campuran bahan bakar untuk kendaraan harus benar-benar kering dan *anhydrous* supaya tidak korosif. Sehingga bioetanol harus mempunyai grade sebesar 99,5 -100% volume. Oleh karena itu, bioetanol hasil distilasi harus ditambahkan suatu bahan yang dapat menyerap atau menarik kandungan air yang masih terdapat dalam bioetanol. Bahan yang sering digunakan diantaranya yaitu CaCO₃, dan zeolit atau dilakukan distilasi vakum, sehingga dapat dihasilkan bioetanol yang lebih murni yang dapat dijadikan sebagai bahan bakar.

2.4 Bahan Baku Pembuatan Bioetanol

Bahan baku tanaman yang mengandung karbohidrat (pati) seperti ubi kayu, ubi jalar, jagung, sorgum, beras, ganyong dan sagu yang kemudian dipopulerkan dengan nama bioetanol. Bahan baku lain adalah tanaman atau buah yang mengandung gula seperti tebu, nira, buah mangga, nenas, pepaya, anggur, lengkeng, dan lain-lain. Bahan berserat (selulosa) seperti sampah organik dan jerami padi pun saat ini telah menjadi salah satu alternatif penghasil ethanol. Bahan baku tersebut merupakan tanaman pangan yang biasa ditanam rakyat hampir di seluruh wilayah Indonesia, sehingga jenis tanaman tersebut merupakan tanaman yang potensial untuk dipertimbangkan sebagai sumber bahan baku pembuatan bioethanol. Namun penggunaan bahan baku pembuatan bioetanol harus juga mempertimbangkan ketahanan pangan. Berikut Tabel 2.2 penggunaan bahan-bahan untuk produksi etanol:

Tabel 2.2 Konversi Biomassa Menjadi Bioetanol

Biomassa	Berat (kg)	Kandungan Gula/Pati (kg)	Jumlah Bioetanol (l)	Biomassa : Bioetanol
Ubi kayu	1.000	240-300	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	450-520	250	4 : 1

Sumber: Wahono (dalam prihandana *et al.*, 2007:29)

Molase adalah hasil ikutan utama dalam pengolahan gula, yang berasal dari cairan tebu. Sekitar 25 hingga 50 kg molase dihasilkan dari produksi 100 Kg gula refinasi. Molasse merupakan sumber energi utama dan merupakan hasil ikutan utama dalam pengolahan gula. Molasse dari tebu mengandung 25 hingga 40% sukrosa, kandungan protein kasar relatif kecil yaitu sekitar 3% dan kandungan abu berkisar antara 8-10% yang terdiri dari K, Ca, CL dan Garam Sulfat. Molase merupakan sumber trace mineral yang bagus akan tetapi pada umumnya memiliki kandungan vitamin yang rendah. Pada penggunaan secara komersial molase yang digunakan memiliki kandungan air sekitar 25%, sehingga perlu pengeringan atau

teknik pencampuran tersendiri bila ingin dicampurkan pada pakan kering agar tidak menggumpal (Prayitno, 2010).

Derajat Brix (*Molasse Brix*) adalah istilah yang sekarang ini digunakan untuk menunjukkan komposisi molases. Brix menggambarkan derajat yang digunakan untuk mengindikasikan persentase bobot gula dalam larutan sukrosa. Salah satu cara untuk mengukur derajat Brix pada larutan sukrosa adalah mengukur spesifik gravitasi dan kemudian dikonversikan dengan tabel yang memperlihatkan derajat Brix dari hasil level sukrosa yang dihasilkan. Pemasalahan yang dihadapi dalam pemanfaatan molasse adalah kandungan molases yang sangat bervariasi (kecuali molasse dari jagung). Jenis tebu, umur dan kualitas tebu, kesuburan tanah, cara pemanenan dan proses pengolahan sangat berpengaruh terhadap kandungan molasse (Prayitno, 2010).

2.5 Hasil-Hasil Studi Penelitian Terdahulu Bioetanol

Telah banyak penelitian yang dilakukan tentang biofuel baik dari segi bahan-bahan yang digunakan ataupun efisiensinya. Hasil penelitian itu antara lain:

1. Telah dilakukan penelitian tentang produksi bioetanol dari singkong (*Manihot utilissima*) dengan skala laboratorium yang dilakukan oleh Mailool *et al.*(2013) di Manado, Indonesia. Penelitian ini membuktikan bahwa memproduksi bioetanol dari singkong dengan bahan bakar minyak tanah pada proses distilasi tidak layak secara ekonomi. Nilai energi yang digunakan (minyak tanah) 11.700 kkal lebih besar dari pada nilai energi yang didapatkan (etanol) yaitu 2558,33 kkal. Dalam penelitian ini juga membuktikan hasil etanol yang diperoleh memiliki nilai pH yang sesuai dengan standar mutu bioetanol sebagai bahan bakar.
2. Telah dilakukan penelitian tentang produksi bioetanol dari limbah kulit kopi dengan proses fermentasi yang dilakukan oleh Siswati *et al.* (2010). Penelitian ini membuktikan bahwa kulit kopi dapat digunakan sebagai bahan baku alternatif pembuatan bioetanol dengan proses hidrolis dan fermentasi. Kulit kopi yang mengandung selulosa sebesar 49,87%, setelah dihidrolis menggunakan katalis HCL konsentrasi 20% (v/v) menghasilkan

glukosa dengan kadar 10,04%. Proses fermentasi pada penambahan starter 11% dan waktu fermentasi 7 hari menghasilkan bioetanol berkadar 9,04%. Pada proses fermentasi ini bakteri *Zymomonas mobilis* mampu mengkonversi glukosa sebesar 97,99% dan *yield* etanol diperoleh sebesar 51,02%. Proses distilasi yang dilakukan selama 8 jam menghasilkan bioetanol dengan kadar 38,68%.

3. Pembuatan bioetanol dari singkong karet (*Manihot glazioni*) untuk bahan bakar kompor rumah tangga sebagai upaya mempercepat konversi minyak tanah ke bahan bakar nabati merupakan penelitian yang dilakukan oleh Hapsari *et al.* (2013). Pada penelitian ini membuktikan bahwa penambahan volume enzim akan berpengaruh pada peningkatan kadar glukosa. Volume enzim terbaik sebanyak 3 ml mampu menghidrolisis larutan 800 gr pati dalam 4 liter yang menghasilkan kadar glukosa 18 %. Waktu fermentasi berpengaruh terhadap kadar bioetanol yang diperoleh. Dari tiga variabel waktu fermentasi, waktu fermentasi 168 jam menghasilkan kadar bioetanol tertinggi yaitu 94%. Masa ragi juga berpengaruh terhadap kadar etanol yang diperoleh. Semakin besar masa ragi maka akan semakin besar pula kadar etanol yang dihasilkan. Masa ragi 15 gr menghasilkan kadar bioetanol tertinggi yaitu 94%. Bioetanol yang dihasilkan dengan kadar 94% layak digunakan sebagai bahan bakar kompor rumah tangga.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2015 sampai Mei 2016, di Laboratorium Enjiniring Hasil Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- a. Tetes tebu (*molasse*).
- b. Ragi roti.
- c. Air.
- d. Pupuk npk dan urea.

3.2.2 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian antara lain:

- a. Seperangkat alat distilasi atau penyulingan.
- b. Timbangan digital ketelitian 0,01 gram.
- c. Seperangkat alat fermentasi.
- d. Gelas ukur.
- e. Botol penampung hasil distilasi.
- f. Corong.
- g. Kompresor gas.
- h. Termometer.
- i. Stopwatch.
- j. Refraktometer.

3.3 Prosedur Penelitian

Adapun diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



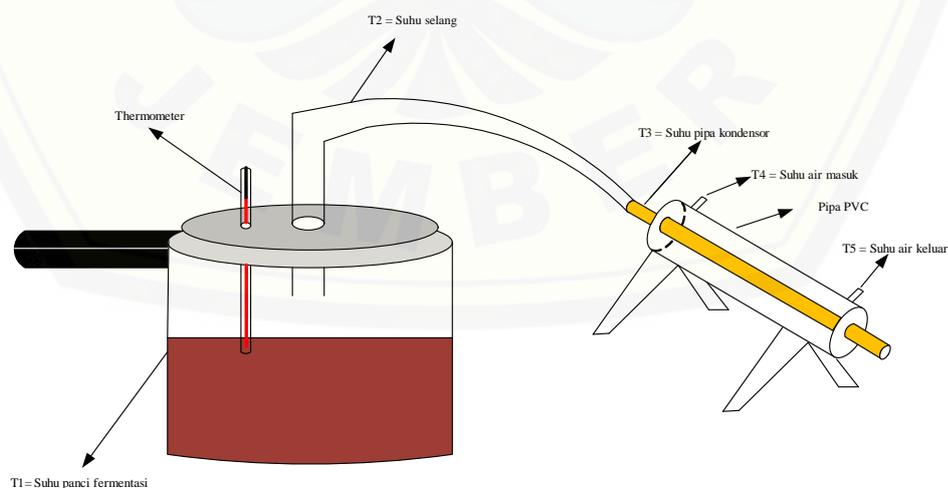
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui lamanya proses fermentasi dan mengetahui kadar gula pada molase sehingga dapat ditentukan metode yang sesuai. Dari hasil penelitian pendahuluan ditetapkan lama proses fermentasi adalah 4 hari, hal ini di tunjukkan pada hari ke 4 fermentasi sudah tidak ada gelembung udara (CO_2) di dalam botol kecil. Selain itu pada penelitian pendahuluan ini juga didapatkan bahwa kadar gula dalam molase cukup tinggi dan bervariasi sehingga perlunya persamaan agar didapatkan kadar gula yang diinginkan.

3.3.2 Diskripsi Alat Distilasi

Dalam penelitian ini digunakan beberapa alat yang salah satunya alat distilasi. Alat distilasi ini terbuat dari beberapa bahan antara lain panci presto sebagai tempat atau wadah cairan. Pipa tembaga sebagai *Heat Exchanger* fungsinya untuk merubah fase uap menjadi fase cair. Selang karet sebagai penyambung antara wadah cairan (panci presto) dengan pipa tembaga, dan pipa PVC berfungsi sebagai tempat air pendingin. Adapun alat distilasi dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Distilator

Proses distilasi merupakan proses pemisahan bioetanol dengan air, yaitu akibat perbedaan titik didih, air mendidih pada suhu 100°C sedangkan bioetanol mendidih pada suhu 78°C. Uap bioetanol masuk ke bagian *Heat Exchanger* setelah melalui selang karet. Perubahan fase uap ke fase cair terjadi di pipa tembaga karena sifat dari pipa ini yang dapat dengan cepat melepas dan menyerap panas. Untuk menjaga agar suhu pipa tetap dingin maka diperlukan air di sepanjang permukaannya. Fungsi dari termometer yang terpasang pada panci distilasi untuk mengetahui panas cairan yang ada didalam panci sehingga akan memudahkan pengontrolan suhunya. Energi input dari penelitian ini berasal dari gas LPG, pengukuran konsumsinya dengan cara menimbang berat gas sebelum dan sesudah proses distilasi. Selisih dari angka penimbangan merupakan nilai energi yang digunakan pada proses tersebut.

3.3.3 Prosedur Penyiapan Bahan

Tetes tebu merupakan bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini. Tetes tebu diperoleh dari limbah proses pembuatan gula pasir. Tetes tebu yang diperoleh kemudian diukur kadar gulanya dengan menggunakan Refraktometer. Kadar gula pada molase berbeda-beda, bergantung dari jenis tebu, usia dan pabrik gula yang mengelolanya. Dari penelitian peahuluan yang telah dilakukan yaitu pengukuran kadar gula pada molase didapatkan kadar gulanya sebesar 80,59%. Kadar gula ini terlalu besar untuk proses fermentasi karena jika kadar gula terlalu besar maka akan menghambat proses fermentasi itu sendiri sehingga perlu untuk diencerkan. Pengenceran dilakukan dengan cara penambahan air sampai kekonsentrasi tertentu, pada penelitian ini dibutuhkan konsentrasi sebesar 14%, 24% dan 34%. Adapun cara untuk mendapatkan larutan molase dengan konsentrasi diatas yaitu dengan rumus sebagai berikut.

$$V_1.M_1 = V_2.M_2$$

Keterangan: V_1 = volume sebelum pengenceran (ml)

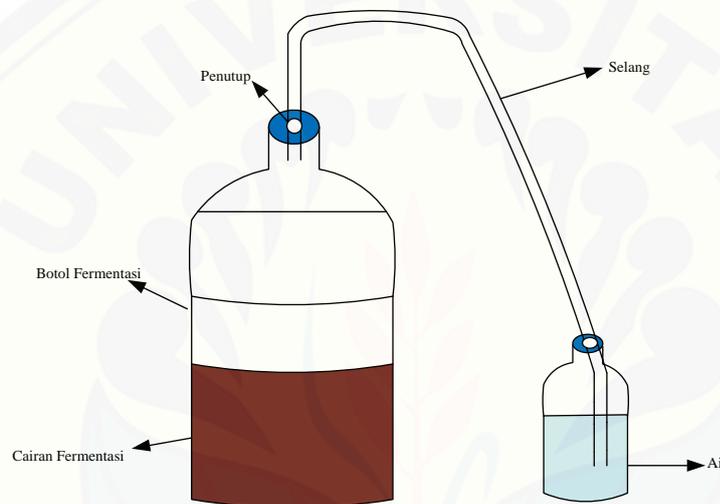
M_1 = konsentrasi sebelum pengenceran(%)

V_2 = volume setelah pengenceran (ml)

M_2 = konsentrasi setelah pengenceran (%)

Setelah mendapatkan konsentrasi 14%, 24% dan 34% selanjutnya bahan ini difermentasi dengan ragi roti dengan konsentrasi 4 gram, dan 8 gram.

Dalam proses fermentasi perlu ditambah pupuk urea sebesar 0,5 % dari kadar gula, sedangkan untuk pemberian NPK sebesar 0,1% dari kadar gula. Setelah di beri ragi dan urea serta NPK cairan tersebut difermentasi selama 4 hari. Adapun alat fermentasi dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Alat Fermentasi

3.3.4 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) factorial 3 x 2, tiga untuk variasi kadar gula yang digunakan, dan dua untuk jumlah ragi yang digunakan pada proses fermentasi. Perlakuan percobaan ini merupakan kombinasi dari variabel percobaan yang terdiri dari variasi konsentrasi kadar gula dan jumlah pemberian ragi. Variabel variasi konsentrasi kadar gula yang digunakan adalah dari konsentrasi kadar gula 14% (A1), konsentrasi kadar gula 24% (A2), dan konsentrasi kadar gula 34% (A3). Untuk variabel variasi jumlah pemberian ragi adalah B1 (4 gr), dan B2 (8 gr). Dari kombinasi variabel yang digunakan maka rancangan percobaan dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Rancangan Percobaan Berdasarkan Variabel Perlakuan

No	Variabel Eksperimen	Perlakuan	Kode	Parameter Respon
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Konsentrasi kadar gula	14%	A1	a. Kadar etanol b. Hasil rendemen c. Konsumsi bahan bakar d. Energi bioetanol yang dihasilkan
		24%	A2	
		34%	A3	
2	Jumlah pemberian ragi	4 gr	B1	
		8 gr	B2	

Kombinasi Perlakuan

A1 B1	A2 B1	A3 B1
A1 B2	A2 B2	A3 B2

3.3.5 Parameter yang Diukur

a. Kadar Etanol

Pengukuran kadar etanol dilakukan untuk mengetahui konsentrasi yang dihasilkan, sehingga besarnya energi yang diperoleh dari bioetanol tersebut dapat dihitung. Pengukuran kadar etanol dilakukan dengan cara membakar kondensat hasil distilasi, dengan asumsi bahan yang terbakar adalah etanol murni dan yang tersisa adalah air. Pada pengukuran ini mengabaikan adanya air yang ikut hilang pada saat dibakar tersebut. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut.

$$d = (b-c) / (b-a) \times 100\%$$

Keterangan: d = kadar etanol (%)

a = berat cawan (gram)

b = berat cairan + cawan (gram)

c = berat setelah dibakar (gram)

b. Hasil Rendemen

Pengukuran rendemen bertujuan untuk mengetahui hasil yang maksimal dari beberapa perlakuan yang dilakukan. Pengukuran rendemen dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{vol.hasil distilasi}}{\text{vol.bahan baku}} \times 100\%$$

c. Konsumsi Bahan Bakar

Pengukuran konsumsi bahan bakar dilakukan dengan cara menimbang gas LPG sebelum dan sesudah proses distilasi. Sehingga dapat diketahui besarnya energi yang digunakan dalam proses tersebut karena besarnya kalori dalam elpiji yaitu 11.254,61 kkal/kg.

d. Energi Bioetanol yang Dihasilkan

Pengukuran energi bioetanol yang dihasilkan sangat diperlukan, karena bertujuan untuk melihat kelayakan produksi etanol tersebut. Jika hasil energi yang dipakai untuk produksi bioetanol lebih kecil dari energi bioetanol yang dihasilkan maka proses tersebut dikatakan layak. Namun sebaliknya jika energi prosesnya lebih besar dari apa yang dihasilkan maka proses tersebut tidak layak. Untuk nilai kalori bioetanol dengan kadar etanol dikisaran 75% yakni mempunyai rata-rata \pm 6.100 kkal/liter. Persamaan untuk mengetahui energi bioetanol yang dihasilkan yaitu.

$$Q = \frac{\text{kadar etanol yang dihasilkan}}{\text{kadar etanol acuan}} \times 6100 \text{ kkal/liter} \times \text{Jumlah kondensat distilasi}$$

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian studi pembuatan bioetanol dari molase, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kadar etanol tertinggi diperoleh dari perlakuan kadar gula 24 % dan jumlah ragi 8 gram yaitu 70,1% dan yang terendah pada perlakuan kadar gula 14% jumlah ragi 4 gram yaitu 45,4%, perbedaan hasil kadar etanol ini dipengaruhi oleh ketidakstabilan panas pada proses distilasi.
2. Perolehan rendemen etanol murni terbesar diperoleh dari perlakuan kadar gula 24% dan ragi 4 gram 37,4%. Hasil ini berbeda dengan rendemen kondensat distilasi dimana hasil terbesar diperoleh dari perlakuan kadar gula 34% dan ragi 8 gram 22,6%, hal ini dipengaruhi oleh penguapan air pada proses distilasi.
3. Efisiensi pada penelitian didapatkan pada perlakuan kadar gula 24%.
4. Energi etanol terbesar diperoleh dari perlakuan kadar gula 34% dan ragi 8 gram yaitu 4159,54 kkal sedangkan yang terendah dari perlakuan kadar gula 14% ragi 4 gram 1718,33 kkal.
5. Produksi etanol berbahan baku molase ini layak diproduksi karena hasil energi yang diperoleh lebih besar yaitu 3663,83 kkal dari yang terpakai dari gas LPG yaitu 1688,2 kkal..

5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, pada produksi bioetanol dari molase proses distilasi merupakan proses yang sangat menentukan hasil rendemen. Penelitian lanjutan diharapkan adanya perancangan alat distilasi etanol yang lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Earle, R.L. *Satuan Operasi Dalam Pengolahan Pangan*. Teremahan oleh Zein Nasution. 1969. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Hapsari, M.A., dan Alice P. 2013. Pembuatan Bioetanol dari Singkong Karet (*Manihot glaziovii*) Untuk Bahan Bakar Kompor Rumah Tangga Sebagai Upaya Mempercepat Konversi Minyak Tanah Kebahan Bakar Nabati. *Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri*, Vol. 2, No. 2, Tahun 2013 : 240-245. [Serial online]. <https://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jtki> [27 Maret 2017].
- Kartika, B., A.D. Guritno, D. Purwadi. D. Ismoyowati. 1992. *Petunjuk Evaluasi Produk Industri Hasil Pertanian*. Yogyakarta: PAU Pangan dan Gizi UGM.
- Kewas, J.C. 2013. Pengaruh Variasi Persentase Minyak Kelapa Pada Bahan Bakar Solar Terhadap Sudut dan Intermitensi Atomisasi. *Indonesian Green Technology Journal*. Vol. 2: 94-97. [Serial online]. <https://www.litbang.pertanian.go.id/berita/one/403/file/Biofuel-PUH.pdf> [3 Januari 2017].
- Kong, G.T. 2010. *Peran Biomassa Bagi Energi Terbarukan Pengantar Solusi Pemanasan Global Yang Ramah Lingkungan*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- Mailool, J.C., R. Molenaar, D. Tooy, dan I.A. Longdong. 2013. Produksi Bioetanol Dari Singkong (*Manihot utilissima*) Dengan Skala Laboratorium. *Indonesian Green Technology Journal*. Vol. 5: 31-41 [Serial online]. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/cocos/article/viewFile/729/586> [3 Januari 2017].
- Manay, S. 2010. *Membuat Sendiri Biodiesel (Bahan Bakar Alternatif Pengganti Solar)*. Yogyakarta: C.V. ANDI OFFSET.
- Murdiyatmo. 2006. *Pengembangan Industri Biortanol: Prospek, Kendala dan Tantangan*. Jakarta: Kadin dan IPB.
- Musanif, J. 2008. Bioetanol. Bonggol Pisang *Jurnal Bio-fuel*. Vol 3 (2) : 18-20. [Serial online]. https://academia.edu/3513647/Bioetanol_Bonggol_Pisang [27 Maret 2017].

Nurdyastuti, I. 2008. Teknologi Proses Produksi Bioetanol. *Jurnal Prospek Pengembangan Bio-fuel Sebagai Substitusi Bahan Bakar Minyak*. Vol 9 (2): 7583.[Serialonline].https://geocities.ws/markal_bppt/publish/biofbbm/biindy.pdf [27 Maret 2017].

Prayitno, Edi. 2010. *Molasse*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Prihandana, R., K. Noerwijati, P.G. Adinurani, D. Setyaningsih, S. Setiadi, dan R. Hendroko. 2007. *Bioetanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan*. Penyunting ahli, .E.H. Legowo, U. Murdiyatmo, N. Saleh, A.P. Syafrudin. Jakarta: PT. AgroMedia Pustaka.

Siswati, N.D., M. Yatim, dan R. Hidayanto. 2010. Bioetanol dari Limbah Kulit Kopi Dengan Proses Fermentasi. *Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri*, Vol. 2, No. 2, Tahun 2013: 40-44.

ejournal.upnjatim.ac.id/index.php/tekkim/article/download/80/63

Wahyuni, S. 2013. *BIOGAS Energi Alternatif Pengganti BBM, Gas, dan Listrik*. Penyunting, S. Artianingsih, P. Rahmad. Jakarta: PT. AgroMedia Pustaka.

Lampiran A. Data Pengenceran Bahan Baku Molase

Tabel 1. Pengenceran molase

Kadar gula%	Vol. Molasse (ml)	Vol. Air (ml)	Vol. Total (ml)
14	704,4	3.295,6	4000
24	1207,5	2792,5	4000
34	1710,7	2289,3	4000

Rumus yang digunakan untuk pengenceran bahan baku molasse:

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

Keterangan: V_1 = volume sebelum pengenceran (ml)

M_1 = konsentrasi sebelum pengenceran(%)

V_2 = volume setelah pengenceran (ml)

M_2 = konsentrasi setelah pengenceran (%)

1. Membuat konsentrasi larutan 14%

$$V_1 \times 79,5\% = 4000 \text{ ml} \times 14\%$$

$$V_1 = \frac{56000 \text{ ml}}{79,5}$$

$$V_1 = 704,4 \text{ ml}$$

2. Membuat konsentrasi larutan 24%

$$V_1 \times 79,5\% = 4000 \text{ ml} \times 24\%$$

$$V_1 = \frac{96.000 \text{ ml}}{79,5}$$

$$V_1 = 1.207,5 \text{ ml}$$

3. Membuat konsentrasi larutan 34%

$$V_1 \times 79,5\% = 4000 \text{ ml} \times 34\%$$

$$V_1 = \frac{136.000 \text{ ml}}{79,5}$$

$$V_1 = 1.710,7 \text{ ml}$$

Lampiran B. Data Hasil Pengamatan

Tabel 1. Kadar gula 14% dan jumlah ragi 4 gram (A1B1)

Ulangan	Hasil kondensat (ml)	Kadar etanol (%)	Hasil etanol (ml)	Konsumsi bahan bakar (kg)
1	425	50	212	0,15
2	500	41,6	208	0,15
3	480	44,7	215	0,1
Rata-rata	468,3	45,4	211,8	0,13

Tabel 2. Kadar gula 14% dan jumlah ragi 8 gram (A1B2)

Ulangan	Hasil kondensat (ml)	Kadar etanol (%)	Hasil etanol (ml)	Konsumsi bahan bakar (kg)
1	475	53,3	253,1	0,15
2	400	50,5	202	0,15
3	415	50,3	209	0,15
Rata-rata	430	51,4	211	0,15

Tabel 3. Kadar gula 24% dan jumlah ragi 4 gram (A2B1)

Ulangan	Hasil kondensat (ml)	Kadar etanol (%)	Hasil etanol (ml)	Konsumsi bahan bakar (kg)
1	665	65,3	434,3	0,15
2	605	71	429,5	0,15
3	710	60,8	431,7	0,1
Rata-rata	660	65,7	451,6	0,13

Tabel 4. Kadar gula 24% dan jumlah ragi 8 gram (A2B2)

Ulangan	Hasil kondensat (ml)	Kadar etanol (%)	Hasil etanol (ml)	Konsumsi bahan bakar (kg)
1	590	71,1	420	0,2
2	670	66,9	448,2	0,15
3	630	71,4	449,8	0,15
Rata-rata	630	70,1	441,6	0,16

Tabel 5. Kadar gula 34% dan jumlah ragi 4 gram (A3B1)

Ulangan	Hasil kondensat (ml)	Kadar etanol (%)	Hasil etanol (ml)	Konsumsi bahan bakar (kg)
1	905	56,6	512,2	0,15
2	840	60,5	508,2	0,15
3	960	52,2	501,8	0,2
Rata-rata	901,7	56,4	507,2	0,16

Tabel 6. Kadar gula 34% dan jumlah ragi 8 gram (A3B2)

Ulangan	Hasil kondensat (ml)	Kadar etanol (%)	Hasil etanol (ml)	Konsumsi bahan bakar (kg)
1	880	59,1	502	0,15
2	915	56,9	520,6	0,15
3	920	56	515,5	0,15
Rata-rata	905	57,3	512,7	0,15

Lampiran C. Data Perhitungan

Tabel 1. Perhitungan Rendemen kondensat terhadap bahan campuran dan Rendemen etanol terhadap bahan baku molasse

Perlakuan	Rendemen kondensat (%)	Rendemen etanol (%)
A1B1	11,7	30,1
A1B2	10,7	31,4
A2B1	16,5	37,4
A2B2	15,7	36,6
A3B1	22,5	29,7
A3B2	22,6	30

Tabel 2. Hasil perhitungan energi etanol yang didapat dan energi etanol.

Perlakuan	Hasil energi etanol dalam penelitian
A1B1	1718,33
A1B2	1795,41
A2B1	3663,83
A2B2	3582,7
A3B1	4116,54
A3B2	4159,54

Tabel 3. Korelasi

Parameter	Kadar Gula	Jumlah Ragi
Hasil kondesat	0,976**	-.057
Hasil toritis etanol murni	0,957**	0,030

Lampiran D. Dokumentasi Penelitian



