

TUGAS SARJANA
KONVERSI ENERGI
PENGARUH TEMPERATUR PADA PROSES DESTILASI
DALAM PEMBUATAN BIOETANOL BERBAHAN DASAR
TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS)

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

DONI SETIAWAN
1207230030



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017

LEMBAR PENGESAHAN - I

TUGAS SARJANA

KONVERSI ENERGI

**PENGARUH TEMPERATUR PADA PROSES DESTILASI
DALAM PEMBUATAN BIOETANOL BERBAHAN DASAR
TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS)**

Disusun Oleh :

DONI SETIAWAN

1207230030

Disetujui Oleh :

Pembimbing – I

(Ir. Husin Ibrahim, M.T)

Pembimbing – II

(H.Muharnif,S.T.,M.Sc)

Diketahui Oleh :

Ketua Program Studi Teknik Mesin

(Affandi, S.T.)

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017**

LEMBAR PENGESAHAN - II

TUGAS SARJANA

KONVERSI ENERGI

**PENGARUH TEMPERATUR PADA PROSES DESTILASI
DALAM PEMBUATAN BIOETANOL BERBAHAN DASAR
TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS)**

Disusun Oleh :

DONI SETIAWAN

1207230030

**Telah diperiksa dan diperbaiki
Pada seminar tanggal 8 September 2017.**

Disetujui Oleh :

Pembanding – I

Pembanding – II

(Ir. H. Amirsyam Nasution, M.T)

(Khairul Umurani, S.T., M.T)

Diketahui Oleh :

Ketua Program Studi Teknik Mesin

(Affandi, S.T.)

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017**

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : DONI SETIAWAN
Tempat / TglLahir : Sampali,23 April 1994
NPM : 1207230030
Bidang Keahlian : Konversi Energi
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
(UMSU)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir (skripsi) saya ini yang berjudul :

“PENGARUH TEMPERATUR PADA PROSES DESTILASI DALAM PEMBUATAN BIOETANOL BERBAHAN DASAR TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan yang lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orsinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim Fakultas yang dibentuk untuk verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Agustus 2017

Saya yang menyatakan,

Materai
6000

DONI SETIAWAN

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi temperature pada proses destilasi dalam pembuatan bioetanol berbahan dasar tandan kosong kelapa sawit. Hal yang diteliti meliputi sifat fisik dan kimia hasil bioetanol. Sifat fisik yang diteliti meliputi viskositas, massa jenis, sedangkan sifat kimia adalah nilai kalor. Penelitian dilakukan dengan variasi temperatur 78^oC, 84^oC, dan 90^oC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin rendah temperatur maka jumlah bioetanol yang dihasilkan semakin banyak. Hasil bioetanol yang dihasilkan terbanyak pada temperatur 78^oC yaitu 91ml, pada bioetanol massa jenis adalah 0,7862 gr/ml. Viskositas bioetanol sebesar 1,06838 cP. Nilai kalor bioetanol sebesar 3490,875 kkal/kg. Bahan tandan kosong kelapa sawit lebih efektif untuk dijadikan bioetanol karena pemanfaatannya yang belum maksimal selama ini.

Kata Kunci : Desilasi, Sifat Fisik, Sifat Kimia, Bioetanol, Viskositas, Densitas, Nilai Kalor, Variasi Temperatur Bioetanol.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji Syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga Penulis dapat menyelesaikan Tugas akhir ini sebagai syarat untuk menyelesaikan program studi S-1 Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Adapun judul yang penulis ambil pada tugas akhir ini adalah **“PENGARUH TEMPERATUR PADA PROSES DESTILASI DALAM PEMBUATAN BIOETANOL BERBAHAN DASAR TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT”**. Dalam menyelesaikan tugas akhir ini penulis telah berusaha untuk mendapat hasil yang sebaik - baiknya. Namun tidak terlepas dari kehilafan dan kekurangan, untuk itu penulis dengan segala kerendahan hati menerima kritik dan saran yang bersifat membangun dari para pembaca demi kesempurnaan tulisan dan kesempurnaan Tugas Sarjana ini.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ayahanda tercinta Suparman dan Ibunda tercinta Susani, yang telah memberikan kasih sayangnya, tenaganya, pikirannya dan Doa-doanya hingga anaknya dapat kuliah dan menjadi sarjana Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Rahmatullah S.T., M.Sc. Selaku Dekan Fakultas Teknik UMSU yang telah memberikan perhatian sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak Ir.Husin Ibrahim, M.T. Selaku Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan perhatian sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Bapak H. Muharnif, S.T., M.Sc. Selaku Pembimbing II yang telah banyak memberikan masukan, perhatian dan ilmunya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
5. Bapak Ir.H Amirsyam Nasution, M.T. Selaku Pembimbing I yang telah banyak memberikan masukan, kritikan dan ilmunya sehingga tugas akhir ini telah memenuhi syarat yang ditentukan.
6. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T. Selaku Pembimbing II yang telah banyak memberikan masukan, kritikan dan ilmunya sehingga tugas akhir ini telah memenuhi syarat yang ditentukan.
7. Bapak Affandi, S.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Bapak Drs. Ansari, M.Si. Selaku Penasehat Akademik Kelas A1 angkatan 2012 yang telah memberikan begitu banyak nasehat yang sangat berguna bagi penulis.
9. Terima kasih banyak juga kepada teman setia saya. Ardiansyah Pratama, Indra Wahyudi Dan juga teman seangkatan 2012 yang telah bersedia

menjadi pendengar dan membantu memberikan solusi didalam perkuliahan dan diluar perkuliahan.

Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat terutama bagi penulis sendiri dan juga semua pembaca. Apabila ada kesalahan, semata – mata kekhilafan Penulis, sedangkan kebenaran semuanya hanyalah milik Allah SWT. Bilahilshabili haq, fastabiqul khairat.
Wasalamu'alaikum Wr. Wb.

Medan, September 2017
Penulis

(Doni Setiawan)
1207230030

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR SPESIFIKASI	
LEMBAR ASISTENSI	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR NOTASI	viii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Umum	3
1.5 Tujuan Khusus	3
1.6 Manfaat	4
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Bioetanol	5
2.1.1 Sifat Fisik Bioetanol	6
2.2 Tandan Kosong Kelapa Sawit	8
2.3 Proses Pembuatan Bioetanol	10
2.4 Destilasi	12
2.4.1 Macam-Macam Destilasi	14
2.5 Prinsip Kerja Destilasi	17
2.6 Pengujian Karakteristik Bioetanol	17
2.6.1 Viskositas	17
2.6.2 Massa Jenis	19
2.6.3 Nilai Kalor	20
2.7 Bahan Bakar Alternatif	21
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Tempat dan waktu	23
3.1.1. Tempat	23
3.1.2 Waktu	23
3.2 Bahan Penelitian	24
3.3 Bahan Bakar	26
3.3 Alat Penelitian	27
3.4 Skema Alat	37
3.5 Prosedur Pembuatan Bioetanol	39
3.6 Diagram Alir	43
3.7 Metode Pengujian Untuk Mencari Nilai Densitas	44
3.8 Prinsip Kerja Atau Cara Menggunakan Piknometer	44
3.9 Diagram Alir	46
3.10 Metode Pengujian Untuk Mencari Nilai Viskositas	47

3.11 Prinsip Kerja Atau Cara Menggunakan Viskositas Ostwald	47
3.12 Diagram Alir	49
3.13 Metode Pengujian Untuk Mencari Nilai Kalor	50
3.14 Prinsip Kerja Atau Cara Menggunakan Kalorimeter Bom	51
3.15 Diagram Alir	52
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	53
4.1 Hasil Bioetanol	53
4.2 Pengujian Karakteristik Bioetanol	54
4.2.1 Viskositas	55
4.2.2 Massa Jenis	55
4.2.3 Nilai Kalor	56
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	58
5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	60
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN-LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tandan Kosong Kelapa Sawit	9
Gambar 2.2	Tahapan Pembuatan Bioetanol	12
Gambar 3.1	Tandan Kosong Kelapa Sawit	24
Gambar 3.2	Asam Sulfat (H_2SO_4)	24
Gambar 3.3	Soda Api (NaOH)	25
Gambar 3.4	Air (H_2O)	25
Gambar 3.5	Ragi Roti	25
Gambar 3.6	Gas LPG 3 Kg	26
Gambar 3.7	Autoklaf	26
Gambar 3.8	Thermocouple	27
Gambar 3.9	Panci Presto	27
Gambar 3.10	Kompur dan Selang Regulator	28
Gambar 3.11	Stopwatch	28
Gambar 3.12	Pressure Gauge	29
Gambar 3.13	Gunting	29
Gambar 3.14	Neraca Digital	30
Gambar 3.15	Gelas Ukur	30
Gambar 3.16	Erlenmeyer	31
Gambar 3.17	Alumunium Foil	31
Gambar 3.18	Saringan	32
Gambar 3.19	Selang	32
Gambar 3.20	Pompa Air	33
Gambar 3.21	Wadah Sirkulasi Air	33
Gambar 3.22	Keran Buka Tutup	34
Gambar 3.23	Kompur Destilasi	34
Gambar 3.24	Kalorimeter Bomb	35
Gambar 3.25	Viskositas Ostwald	35
Gambar 3.26	Piknometer	36
Gambar 3.27	Skema Alat Destilasi	37
Gambar 3.28	Diagram Proses Pembuatan Bioetanol	38
Gambar 3.29	Piknometer	43
Gambar 3.30	Diagram Alir Densitas	44
Gambar 3.31	Viskositas Ostwald	46
Gambar 3.32	Diagram Alir Viskositas	47
Gambar 3.33	Kalorimeter Bom	49
Gambar 3.34	Diagram Alir Pengujian Nilai Kalor	50
Gambar 4.1	Bioetanol Hasil Destilasi	53
Gambar 4.2	Suhu Destilasi	54
Gambar 4.3	Grafik Hasil Nilai Viskositas	55
Gambar 4.4	Grafik Hasil Nilai Densitas	56
Gambar 4.5	Grafik Hasil Nilai Kalor	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat Fisik Etanol	7
Tabel 2.2	Komposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)	10
Tabel 2.3	Viskositas Beberapa Fluida	19
Tabel 2.4	Massa Jenis Berbagai Fluida	20
Tabel 2.5	Nilai Kalor Berbagai Macam Bahan Bakar	21
Tabel 4.1	Hasil Nilai Kalor Bioetanol	57

DAFTAR NOTASI

Simbol	Besaran	Satuan
h	Viskositas Cairan	-
V	Total volume cairan	-
t	Waktu yang dibutuhkan untuk mencair	-
P	Tekanan yang bekerja pada cairan	-
L	Panjang pipa	-
h_a	Kekentalan air	-
h_x	Kekentalan zat cair	-
t_a	Waktu alir zat cair	-
t_x	Waktu alir air	-
r_a	Massa jenis air	-
r_x	Massa jenis zat cair	-
r	Massa jenis	Kg/m^3
m	Massa	kg
V	Volume	m^3
Q_s	Energi panas yang dihasilkan oleh sampel	k
Q_w	Energi yang diserap oleh air	k
Q_c	Energi yang serap oleh kalorimeter	k
M_w	Massa air	g
C_w	Kalor jenis air	$Kalori/g.k$
C_c	Kapasitas kalor dari kalorimeter	$Kalori/k$
K	Koefisien kapiler	-
C_p	Centi Poise	-
C_{st}	Centi stoke	-

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelangkaan bahan bakar minyak yang terjadi belakangan ini telah memberikan dampak yang sangat luas di berbagai sektor kehidupan. Terutama pada sektor transportasi. Fluktuasi suplai dan harga minyak bumi seharusnya membuat kita sadar bahwa jumlah cadangan minyak yang ada di bumi semakin menipis. Karena minyak bumi adalah bahan bakar yang tidak bisa diperbaharui maka kita harus mulai memikirkan bahan penggantinya.

Untuk mengatasinya, para pakar lingkungan dan ilmuwan dari berbagai disiplin ilmu telah melakukan berbagai penelitian dan tindakan. Salah satunya dengan pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit menjadi bioetanol.

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah utama dari industri pengolahan kelapa sawit. Tandan kosong kelapa sawit merupakan bagian dari pohon kelapa sawit merupakan bagian dari pohon kelapa sawit yang berfungsi sebagai tempat untuk buah kelapa sawit. Setiap tandan mengandung 62 - 70% buah dan sisanya adalah tandan kosong kelapa sawit yang belum dimanfaatkan secara optimal (Naibaho,1998). Padahal tandan kosong kelapa sawit berpotensi untuk dijadikan bahan baku bioetanol.

Bioetanol dapat digunakan sebagai bahan campuran premium murni dan tidak mempengaruhi kinerja mesin kendaraan. Proses dalam pembuatan bioetanol meliputi persiapan bahan baku, fermentasi, dan pemurnian. Pada tahap persiapan,

bahan baku berupa padatan harus dikonversi terlebih dahulu menjadi larutan gula sebelum akhirnya difermentasi untuk menghasilkan etanol, sedangkan bahan-bahan yang sudah dalam bentuk larutan gula (seperti molase) dapat langsung difermentasi. Bahan padatan dikenai perlakuan pengecilan ukuran dan tahap pemasakan.

Beberapa ilmuan berpendapat secara umum produksi bioetanol mencakup lima rangkaian proses yaitu, persiapan bahan baku, tahap likuifikasi (*pretreatment lignoselulosa*), tahap sakarifikasi (hidrolisis), tahap fermentasi, dan tahap destilasi atau pemurnian.

Destilasi merupakan metode pemisahan dan pemurnian dari cairan yang mudah menguap yang penting. Prosesnya meliputi penguapan cairan tersebut dengan cara memanaskan, dilanjutkan dengan kondensasi uapnya menjadi cairan, disebut dengan destilat. Terdapat berbagai macam cara destilasi, yaitu destilasi sederhana, destilasi fraksi, destilasi tekanan rendah, destilasi uap air, dan *microscale* destilasi. Dalam prakteknya pemilihan prosedur destilasi tergantung pada sifat cairan yang akan dimurnikan dan sifat pengotor yang ada di dalamnya.

Destilasi atau destilator adalah suatu metode pemisahan larutan berdasarkan perbedaan titik didih. Destilasi dilakukan untuk memisahkan etanol dari beer (sebagian besar adalah air dan etanol). Menurut Hidayat (2003). Titik didih etanol murni adalah 78°C sedangkan air adalah 100°C (kondisi standar). Pada suhu 78°C etanol lebih dulu menguap dari pada air. Uap etanol dialirkan melalui pipa yang terendam air sehingga terkondensasi dan kembali menjadi etanol cair. Kondensasi atau proses pengembunan uap menjadi cairan, dan penguapan suatu cairan menjadi uap melibatkan perubahan fase cairan dengan

koefisien pindah panas yang besar. Kondensasi terjadi apabila uap jenuh seperti *steam* bersentuhan dengan padatan yang temperaturnya dibawah temperatur jenuh sehingga membentuk cairan seperti air (Geankoplis, 1983).

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam masalah ini adalah menganalisa variasi temperature pada proses destilasi dalam pembuatan bioetanol berbahan tandan kosong kelapa sawit, kemudian mengetahui hasil bioetanol yang dihasilkan jika temperatur pada proses destilasi di variasikan.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Lamanya proses fermentasi yang dilakukan pada tandan kosong kelapa sawit.
2. Variasi temperatur dalam proses destilasi pada temperatur 78⁰ C, 84⁰ C dan 90⁰ C.

1.4 Tujuan Umum

Adapun Tujuan Umum dari analisa ini adalah bagaimana pengaruh variasi temperatur pada proses destilasi dalam pembuatan bioetanol berbahan dasar tandan kosong kelapa sawit ?

1.5 Tujuan Khusus

Adapun Tujuan Khusus dari analisa ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur dalam proses destilasi pada pembuatan bioetanol berbahan tandan kosong kelapa sawit.
2. Untuk mengetahui massa jenis, viskositas dan nilai kalor bioetanol yang dihasilkan jika temperatur pada proses destilasi divariasikan.

1.6 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Dapat mengurangi pemakaian bahan bakar fosil dengan pemanfaatan bahan bakar alternatif yaitu bioetanol.
2. Sebagai campuran bahan bakar yang ramah lingkungan.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 : Pendahuluan, menjelaskan tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan umum dan tujuan khusus, manfaat.

BAB 2 : Dasar teori, berisi tujuan pustaka yang berkaitan dengan tandan kosong, bioetanol dan teori proses destilasi.

BAB 3 : Metodologi penelitian, menjelaskan tempat dan pelaksanaan penelitian, langkah-langkah penelitian, pengambilan data.

BAB 4 : Hasil Dan Pembahasan

BAB 5 : Penutup, berisi tentang kesimpulan dan saran

Daftar Pustaka

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bioetanol

Bioetanol sebenarnya bukan barang baru lagi. Sejak tahun 1980-an, beberapa peneliti dari berbagai perguruan tinggi dan lembaga penelitian telah mengembangkan riset mengenai bioetanol. Hanya saja ketika itu, pengembangan bioetanol kalah bersaing dengan bahan bakar minyak yang harganya disubsidi. Namun, ketika harga minyak mentah melambung dan Indonesia menjadi netimporter country BBM (Bahan Bakar Minyak), penelitian terkait dengan bioetanol kembali mulai ditekuni.

Bioetanol berasal dari dua kata yaitu "bio" dan "etanol" yang berarti sejenis alkohol yang merupakan bahan kimia yang terbuat dari bahan baku tanaman yang mengandung pati (etanol yang berasal dari sumber hayati.). Bioetanol adalah istilah yang digunakan untuk etanol yang dihasilkan dari proses fermentasi gula reduksi, untuk membedakannya dari etanol yang dihasilkan dengan cara sintesis. Bioetanol telah dikenal sejak lama, dan senyawa ini menarik perhatian yang sangat besar karena selain manfaat tradisionalnya, senyawa ini juga merupakan bahan bakar alternatif dan terbarukan. Secara umum ethanol biasa digunakan sebagai bahan baku industri turunan alkohol, campuran untuk miras, bahan dasar industri farmasi, kosmetika dan kini sebagai campuran bahan bakar untuk kendaraan bermotor harus betul-betul kering dan anhydrous supaya tidak menimbulkan korosif, sehingga ethanol/bio-ethanol harus mempunyai grade tinggi antara 99,6-99,8 % (*Full Grade Ethanol = FGE*).

Perbedaan besarnya grade akan berpengaruh terhadap proses konversi karbohidrat menjadi gula (glukosa) larut air. Selain cara pemanfaatan di atas, bioetanol juga memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan bahan bakar fosil. Bioetanol termasuk bahan bakar ramah lingkungan karena gas CO₂ yang dihasilkan dari pembakarannya jauh lebih kecil dibandingkan CO₂ yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil. Etanol merupakan senyawa organik yang mempunyai gugus hidroksil (alkohol) yang mempunyai dua atom karbon (C₂H₅OH). Rumus kimia umumnya adalah C_nH_{2n+1}OH. Karena merupakan senyawa alkohol, etanol memiliki beberapa sifat yaitu larutan yang tidak berwarna (jernih), berfase cair pada temperatur kamar, mudah menguap berbau spesifik, dan dapat bercampur dalam air dengan segala perbandingan. serta mudah terbakar. Etanol dapat diperoleh melalui proses fermentasi biomassa. Oleh karena berbahan dasar biomassa, maka selanjutnya lebih dikenal dengan bioetanol. Bioetanol ini dapat dibuat dari ubi kayu, tetes tebu, atau jagung dan bahan yang mengandung selulosa seperti tandan kosong kelapa sawit. Secara garis besar penggunaan etanol adalah : sebagai pelarut untuk zat organik maupun anorganik, bahan dasar industri asam cuka, *ester*, *spirtus*, *asetaldehid*, antiseptik dan sebagai bahan baku pembuatan *eter* dan *etilester*, adapun konversi biomasa menjadi bioetanol.

2.1.1. Sifat Fisik Bioetanol

Alkohol adalah senyawa hidrokarbon berupa gugus hidroksil (-OH) dengan 2 atom karbon (C). Spesies alkohol yang banyak digunakan adalah CH₃CH₂OH yang disebut metil alkohol (metanol), C₂H₅OH yang disebut isopropil alkohol (IPA) atau propanol. Dalam dunia perdagangan yang disebut alkohol adalah atau etil

alkohol atau metil karbinol dengan rumus C_2H_5OH (Rama,2008).

Etanol disebut juga etil alkohol dengan rumus kimia C_2H_5OH atau CH_3CH_2OH dengan titik didihnya $78,4^{\circ}C$. Etanol memiliki sifat tidak berwarna, volati dan dapat bercampur dengan air (Kartika dkk,1997). Ada 2 jenis etanol menurut (Rama,2008), etanol sintetis sering disebut metanol atau metil alkohol atau alkohol kayu, terbuat dari etilen, salah satu derivat minyak bumi atau batu bara. Bahan ini diperoleh dari sintesis kimia yang disebut hidrasi, sedangkan bioetanol direkayasa dari biomassa (tanaman) melalui proses biologi (enzimatik dan fermentasi), seperti terlihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sifat Fisik Etanol

Sifat	Nilai
Titik didih normal ($^{\circ}C$)	78,32
Temperatur kritis ($^{\circ}C$)	243,1
Densitas (g/ml)	0,789
Densitas energi (MJ/kg)	25,0
Batas mudah terbakar	
Rendah	4,3
Tinggi (vol %)	19,0
Panas pembakaran pada $25^{\circ}C$, (J/gr)	29676,69

Terdapat beberapa karakteristik internal etanol yang menyebabkan penggunaan etanol pada mesin lebih baik daripada bensin. Etanol memiliki angka research octane 108.6 dan motor octane 89.7 . Angka tersebut (terutama research octane) melampaui nilai maksimal yang mungkin dicapai oleh bensin walaupun setelah ditambahkan aditif tertentu. Sebagai catatan, bensin yang dijual Pertamina memiliki angka research octane 88 dan umumnya motor octane lebih rendah dari pada research octane. Untuk rasio campuran etanol dan bensin mencapai 60:40%, tercatat peningkatan efisiensi hingga 10%. Etanol memiliki satu molekul OH dalam susunan molekulnya. Oksigen yang berikatan di dalam molekul

etanol tersebut membantu penyempurnaan pembakaran antara campuran udara dan bahan bakar di dalam silinder. Ditambah dengan rentang keterbakaran (flammability) yang lebar, yakni 4.3 - 19 vol% (dibandingkan dengan gasoline yang memiliki rentang keterbakaran 1.4 - 7.6 vol%), pembakaran campuran udara dan bahan bakar etanol menjadi lebih baik. Hal ini dipercaya sebagai faktor penyebab relatif rendahnya emisi CO dibandingkan dengan pembakaran udara dan bensin, yakni sekitar 4%. Etanol juga memiliki panas penguapan yang tinggi, yakni 842 kJ/kg. Tingginya panas penguapan ini menyebabkan energi yang dipergunakan untuk menguapkan ethanol lebih besar dibandingkan bensin. Konsekuensi lanjut dari hal tersebut adalah temperatur puncak di dalam silinder akan lebih rendah pada pembakaran etanol dibandingkan dengan bensin.

Etanol atau etil alkohol (C_2H_6O) adalah alkohol yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Karena sifatnya yang tidak beracun bahan ini banyak dipakai sebagai pelarut dalam dunia farmasi dan industri makanan dan minuman. Etanol tidak berwarna dan tidak berasa tapi memiliki bau yang khas. Kegunaan etanol yang lain adalah sebagai bahan aditif untuk menaikkan nilai oktan bensin, bahan campuran bensin, dan untuk jangka panjang diharapkan dapat menggantikan bensin sebagai bahan bakar.

2.2. Tandan Kosong Kelapa Sawit

Tandan kosong kelapa sawit merupakan limbah utama berligniselulosa yang belum dimanfaatkan secara optimal dari industri pengolahan kelapa sawit. Basis satu ton tandan buah segar akan dihasilkan minyak sawit kasar sebanyak 0,21 ton (21%), minyak inti sawit sebanyak 0,05 ton (0,5%) dan sisanya

merupakan limbah dalam bentuk tandan kosong,serat dan cangkang biji yang masing-masing sebanyak 0,23 ton (23%), 0,135 ton (13,5%), dan 0,055 ton (5,5%). (Darmoko,1992).

Padahal tandan kosong kelapa sawit berpotensi dikembangkan menjadi barang yang lebih berguna, salah satunya menjadi bahan baku bioetanol. Hal ini karena tandan kosong kelapa sawit banyak mengandung selulosa yang dapat dihidrolisis menjadi glukosa kemudian difermentasi menjadi bioetanol, kandungan selulosa yang cukup tinggi yaitu sebesar 45% menjadikan kelapa sawit sebagai prioritas untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol (Aryafat,2008), Seperti terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit

Selama ini pengolahan atau pemanfaatan TKKS masih sangat terbatas yaitu dibakar dalam *incinerator*, ditimbun (*open dumping*), dijadikan mulsa di perkebunan kelapa sawit, atau diolah menjadi kompos. Namun karena adanya beberapa kendala seperti waktu pengomposan yang cukup lama sampai 6-12 bulan, fasilitas yang harus disediakan, dan biaya pengolahan TKKS tersebut, Selain jumlah yang melimpah juga karena kandungan selulosa tandan kelapa

sawit yang cukup tinggi yaitu 45% . TKKS cocok dikembangkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Sehingga ketika diolah menjadi bioetanol dapat menghasilkan rendemen yang cukup besar sehingga harga jual bioetanol yang dihasilkan dapat lebih murah. Adapun Komposisi TKKS adalah seperti terlihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Komposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Komposisi	Kadar (%)
Abu	14
Selulosa	40
Lignin	22
Hemiselulosa	24

2.3. Proses Pembuatan Bioetanol

Menurut Hidayat (2006), secara umum produksi bioetanol mencakup lima rangkaian proses, yaitu persiapan bahan baku, tahap likuifikasi dan sakarifikasi, fermentasi, dan pemurnian atau destilasi.

1. Persiapan bahan baku

Bahan baku untuk produksi etanol bisa didapatkan dari tanaman, baik yang secara langsung menghasilkan gula sederhana semisal tebu, gandum manis atau yang menghasilkan atau bahan yang mengandung bahan berlignoselulosa seperti tandan kosong kelapa sawit (TKKS).

2. Tahap Likuifikasi (*pretreatment lignoselulosa*)

Tahap likuifikasi (*pretreatment lignoselulosa*) memerlukan penanganan sebagai berikut : pencampuran dengan air secara merata hingga menjadi bubur, pemasakan bubur hingga kisaran 50 sampai dengan 90 °C, dimana pati akan

mengalami gelatinisasi (mengental seperti jelly).(Hidayat, 2006).

3. Tahap sakarifikasi (hidrolisis)

Tahap sakarifikasi (hidrolisis) adalah pemecahan gula kompleks menjadi gula sederhana,yang melibatkan proses sebagai berikut : Pendinginan bubur pati sampai suhu optimum, penginokulasian mikrobia yang diinginkan untuk memecah gula kompleks menjadi gula sederhana, proses sakarifikasi selesai ditandai dengan bubur pati berubah menjadi seperti sup (Hidayat, 2006).

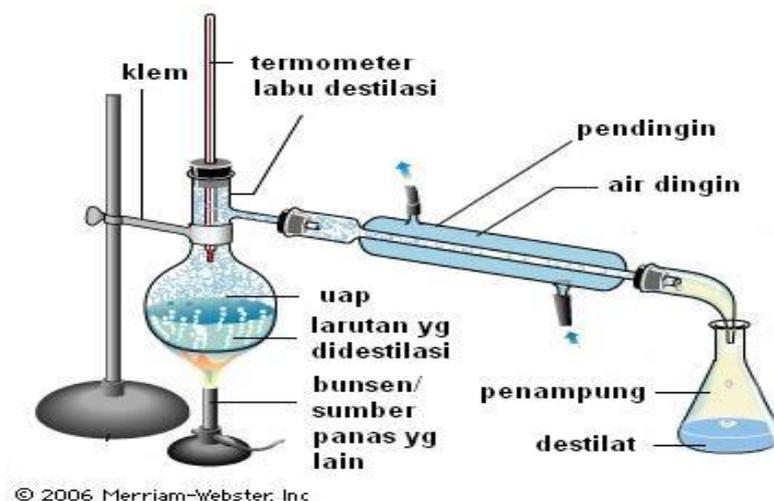
4. Fermentasi

Pada tahap ini, tepung telah berubah menjadi gula sederhana (glukosa atau fruktosa) dimana proses selanjutnya melibatkan enzim yang terdapat pada ragi (yeast) atau bakteri. Proses fermentasi ini akan menghasilkan etanol dan CO₂. Pada tahap fermentasi dibutuhkan ketelitian agar tidak terkontaminasi oleh mikrobia lainnya, Oleh karena itu keseluruhan rangkaian proses dari likuifikasi, sakarifikasi dan fermentasi haruslah dilakukan pada kondisi bebas kontaminan (Hidayat, 2006).

5. Destilasi

Destilasi merupakan metode pemisahan dan pemurnian dari cairan yang mudah menguap yang penting. Prosesnya meliputi penguapan cairan tersebut dengan cara memanaskan, dilanjutkan dengan kondensasi uapnya

menjadi cairan, disebut dengan destilat. Terdapat berbagai macam cara destilasi, yaitu destilasi sederhana, destilasi fraksi, destilasi tekanan rendah, destilasi uap air, dan *microscale* destilasi. Dalam prakteknya pemilihan prosedur destilasi tergantung pada sifat cairan yang akan dimurnikan dan sifat pengotor yang ada di dalamnya, seperti terlihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Tahapan Pembuatan Bioetanol

2.4. Destilasi

Destilasi pertama kali ditemukan oleh kimiawan Yunani sekitar abad pertama Masehi yang akhirnya perkembangannya dipicu terutama oleh tingginya permintaan akan spiritus Hyphatia dari Alexandria. Dipercaya telah menemukan rangkaian alat untuk distilasi dan Zosimus dari Alexandria-lah yang telah berhasil menggambarkan secara akurat tentang proses distilasi pada sekitar abad keempat. Bentuk modern distilasi pertama kali ditemukan oleh ahli-ahli kimia Islam pada masa kekhalifahan Abbasiyah, terutama oleh Al-Razi pada pemisahan alkohol menjadi senyawa yang relatif murni melalui alat alembik, bahkan desain ini

menjadi semacam inspirasi yang memungkinkan rancangan distilasi skala mikro, The Hickman Stillhead dapat terwujud. Tulisan oleh Jabir Ibnu Hayyan (721-815) yang lebih dikenal dengan Ibnu Jabir menyebutkan tentang uap anggur yang dapat terbakar. Ia juga telah menemukan banyak peralatan dan proses kimia yang bahkan masih banyak dipakaisampai saat ini. Kemudian teknik penyulingan diuraikan dengan jelas oleh Al-Kindi (801 - 873). Salah satu penerapan terpenting dari metode distilasi adalah pemisahan minyak mentah menjadi bagian-bagian untuk penggunaan khusus seperti untuk transportasi, pembangkit listrik, pemanas, dan lain-lain. Udara didistilasi menjadi komponen-komponen seperti oksigen untuk penggunaan medis dan helium pengisi balon Distilasi telah digunakan sejak lama untuk pemekatan alkohol dengan penerapan panas terhadap larutan hasil fermentasi untuk menghasilkan minuman suling B.

Destilasi atau penyulingan adalah suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan menguap (*volatilitas*) bahan. Dalam penyulingan, campuran zat di didihkan 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.

Destilator adalah alat yang digunakan dalam proses produksi bioetanol. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, alat ini bekerja berdasarkan perbedaan

titik didih (air dan etanol). Ketika bahan dipanaskan, etanol akan terlebih dahulu menguap daripada air karena etanol mempunyai titik didih yang lebih kecil (78°C), sedangkan air mempunyai titik didih mencapai (100°C). Destilator ini terdiri atas tiga bagian utama yaitu tempat bahan, pipa aliran uap, dan pipa keluaran.

Ketika dipanaskan, etanol akan menghasilkan uap yang kemudian akan melewati pipa aliran. Hal ini dimaksudkan agar suhu etanol kembali menurun (mengkondensasi) sehingga kembali pada fase cair dan selanjutnya akan mengalir menuju pipa keluaran untuk ditampung. Dengan beberapa kali pengulangan akan diperoleh etanol berkadar 95%-95,5%. Etanol dengan kadar ini sudah dapat digunakan oleh berbagai industri alkohol. Alat yang paling sering digunakan untuk melihat kadar ini adalah hidrometer alkohol. Penggunaan alkohol meter sangat sederhana, pertama masukkan bioetanol ke dalam gelas ukur atau tabung atau botol yang tingginya lebih panjang dari panjang alkohol meter. Kemudian masukkan batang alkohol meter ke dalam gelas ukur. Alkohol meter akan tenggelam dan batas cairannya akan menunjukkan berapa kandungan alkohol di dalam larutan tersebut.

2.4.1. Macam - Macam Destilasi

Ada 4 jenis distilasi yang akan dibahas disini, yaitu distilasi sederhana, distilasi fraksionasi, distilasi uap, dan distilasi vakum. Selain itu ada pula distilasi ekstraktif dan distilasi azeotropic homogenous, distilasi dengan menggunakan garam berion, distilasi pressure-swing, serta distilasi reaktif.

1. Destilasi Sederhana

Pada destilasi sederhana, dasar pemisahannya adalah perbedaan titik didih yang jauh atau dengan salah satu komponen bersifat volatil. Jika campuran dipanaskan maka komponen yang titik didihnya lebih rendah akan menguap lebih dulu. Selain perbedaan titik didih, juga perbedaan kevolatilan, yaitu kecenderungan sebuah substansi untuk menjadi gas. Destilasi ini dilakukan pada tekanan atmosfer. Aplikasi destilasi sederhana digunakan untuk memisahkan campuran air dan alkohol.

2. Destilasi Fraksionisasi

Fungsi destilasi fraksionasi adalah memisahkan komponen-komponen cair, dua atau lebih, dari suatu larutan berdasarkan perbedaan titik didihnya. Destilasi ini juga dapat digunakan untuk campuran dengan perbedaan titik didih kurang dari 20 °C dan bekerja pada tekanan atmosfer atau dengan tekanan rendah. Aplikasi dari destilasi jenis ini digunakan pada industri minyak mentah, untuk memisahkan komponen-komponen dalam minyak mentah.

3. Destilasi Uap

Perbedaan destilasi fraksionasi dan destilasi sederhana adalah adanya kolom fraksionasi. Dikolom ini terjadi pemanasan secara bertahap dengan suhu yang berbeda-beda pada setiap platnya. Pemanasan yang berbeda-beda ini bertujuan untuk pemurnian distilat yang lebih dari plat-plat di bawahnya. Semakin ke atas, semakin tidak volatil cairannya.

Destilasi uap digunakan pada campuran senyawa-senyawa yang memiliki titik didih mencapai 200 °C atau lebih. Distilasi uap dapat menguapkan senyawa-senyawa ini dengan suhu mendekati 100 °C dalam tekanan atmosfer dengan menggunakan uap atau air mendidih. Sifat yang fundamental dari distilasi uap adalah dapat mendistilasi campuran senyawa di bawah titik didih dari masing-masing senyawa campurannya. Selain itu distilasi uap dapat digunakan untuk campuran yang tidak larut dalam air di semua temperatur, tapi dapat didistilasi dengan air. Aplikasi dari distilasi uap adalah untuk mengekstrak beberapa produk alam seperti minyak eucalyptus dari eucalyptus, minyak sitrus dari lemon atau jeruk, dan untuk ekstraksi minyak parfum dari tumbuhan. campuran dipanaskan melalui uap air yang dialirkan ke dalam campuran dan mungkin ditambah juga dengan pemanasan. Uap dari campuran akan naik ke atas menuju ke kondensor dan akhirnya masuk ke labu distilat.

4. Destilasi Vakum

Destilasi vakum biasanya digunakan jika senyawa yang ingin didistilasi tidak stabil, dengan pengertian dapat terdekomposisi sebelum atau mendekati titik didihnya atau campuran yang memiliki titik didih di atas 150 °C. Metode distilasi ini tidak dapat digunakan pada pelarut dengan titik didih yang rendah jika kondensornya menggunakan air dingin, karena komponen yang menguap tidak dapat dikondensasi oleh air. Untuk mengurangi tekanan digunakan pompa vakum atau aspirator. Aspirator berfungsi sebagai penurun tekanan pada sistem distilasi ini.

2.5. Prinsip Kerja Destilasi

Prinsip kerja destilasi adalah dengan memanaskan campuran air dan etanol pada suhu 78°C menurut (Hidayat,2003), titik didih etanol murni adalah 78°C sedangkan air 100°C (kondisi standar). Pada suhu 78°C etanol lebih dulu menguap dari pada air. Uap etanol dialirkan melalui pipa yang terendam air sehingga terkondensasi dan kembali menjadi etanol air. Kondensasi atau proses pengembunan uap menjadi cairan dan penguapan suatu cairan menjadi uap melibatkan perubahan fase cairan dengan koefisien pindah panas yang besar. Kondensasi terjadi apabila uap jenuh seperti sistem bersentuhan dengan padatan yang temperaturnya dibawah temperatur jenuh sehingga membentuk cairan seperti air (Geankoplis,1983). Bila terdapat perbedaan besar antara titik didih, proses destilasi dapat dilangsungkan pada tekanan yang lebih rendah, yang akan menurunkan titik didih senyawa dan memungkinkan destilasi berlangsung pada suhu rendah.

2.6. Pengujian Karakteristik Bioetanol

2.6.1. Viskositas

Viskositas adalah indeks hambatan aliran cairan. Viskositas dapat diukur dengan mengukur laju aliran cairan yang melalui tabung berbentuk silinder. Viskositas ini juga disebut sebagai kekentalan suatu zat. Jumlah volume cairan yang mengalir melalui pipa per satuan waktu.

Makin kental suatu cairan, makin besar gaya yang dibutuhkan untuk membuatnya mengalir pada kecepatan tertentu. Viskositas disperse koloid dipengaruhi oleh bentuk partikel dari fase disperse dengan viskositas rendah,

sedang system disperse yang mengandung koloid-koloid linier viskositasnya lebih tinggi. Hubungan antara bentuk dan viskositas merupakan refleksi derajat solvasi dari partikel (Respati, 1981).

Bila viskositas gas meningkat dengan naiknya temperature, maka viskositas cairan justru akan menurun jika temperature dinaikkan. Fluiditas dari suatu cairan yang merupakan kelebihan dari viskositas akan meningkat dengan makin tingginya temperature (Bird,1993). Fluida yang mengalir melalui sebuah pipa dapat dipandang terdiri atas lapisan–lapisan tipis zat alir yang bergerak dengan laju berbeda–beda sebagai akibat adanya gaya kohesi maupun adhesi. Gesekan internal di dalam fluida dinyatakan dengan besaran viskositas atau kekentalan dengan satuan *poise*. Viskositas juga bisa diartikan kemampuan suatu zat untuk mengalir pada suatamedia tertentu. Salah satu cara untuk mengukur besarnya nilai viskositas zat cair adalah dengan menggunakan viskosimeter oswald. Cara pengukuran dengan cara viskosimeter oswald adalah dengan cara membandingkan dua jenis fluida yaitu aquadest dengan zat cair lainnya, masing-masing dengan kekentalan η_a dan η_x , keduanya memiliki volume yang sama dan mengalir melalui pipa yang ukurannya sama. Karena kedua zat alir memiliki volume yang sama tetapi kekentalannya berbeda, maka debit keduanya juga berbeda, misalkan Q_a dan Q_x . Dengan demikian waktu yang diperlukan untuk mengalirkan *aquadest* dan zat cair tersebut dengan volume yang sama juga berbeda, misalkan t_a dan t_x . Dengan demikian maka:

Pada penelitian ini viskositas diukur hanya pada kondisi kamar. dimana persamaan rumus viskositas dapat ditentukan dari persamaan 2.1 dibawah ini.

$$h_x = \frac{t_x r_x}{t_a r_a} h_a \quad (2.1)$$

Maka viskositas beberapa fluida dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Viskositas beberapa fluida

No	Fluida	Suhu(°c)	Viskositas(cp)	Pustaka
1	Air	20	1	
2	Alkohol Ethyl	20	1,2	
3	Minyak Mesin (SAE10)	30	200	Douglas C.Giancoli,D.C.,1997
4	Gliserin	20	1500	
5	Udara	20	0,018	
6	Hidrogen	0	0,009	
7	Minyak Tanah	28	0,294-3,34	http://www.en.wikipedia.orgs
8	Bensin	20	0,652	
9	Alkohol	27	0,8609	Laboratoriun MIPA UNS
10	Aseton	27	0,3417	

2.6.2. Massa jenis

Massa jenis atau massa jenis adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata suatu benda adalah total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah benda yang memiliki massa jenis yang lebih tinggi akan memiliki volume yang lebih rendah dari pada benda bermassa sama yang memiliki massa jenis lebih rendah(<http://www.en.wikipedia.orgs>,2009). Satuan SI massa jenis adalah kg/m³. Massa jenis berfungsi untuk menentukan suatu zat karena setiap zat memiliki massa jenis yang berbeda. Suatu zat berapapun massanya dan berapapun volumenya akan memiliki massa jenis yang sama. Rumus untuk menentukan massa jenis seperti ditunjukkan persamaan 2.2 dibawah ini.

$$r = \frac{m}{n}$$

(2.2)

Massa jenis berbagai fluida dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Massa Jenis Berbagai Fluida

No	Jenis Minyak	Massa Jenis (Kg/L)	Pustaka
1	Bensin	0,68	
2	Alkohol Alkali	0,79	
3	Air Laut	1,025	
4	Raksa	13,6	Giancoli,D.C.,1997
5	Air (⁰)	1	
6	Darah	1,05	
7	Udara	1,29	
8	Minyak Tanah	0,78-0,81	http://www.en.wikipedia.orgs

2.6.3. Nilai Kalor

Nilai kalor rendah (LHV, *Lower Heating Value*) adalah jumlah energi yang dilepaskan dalam proses pembakaran suatu bahan bakar dimana kalor laten dari uap air tidak diperhitungkan atau setelah terbakar temperatur gas pembakaran dibuat 150°C. Pada temperatur ini air berada dalam kondisi fasa uap. Jika jumlah kalor laten uap air diperhitungkan atau setelah terbakar temperatur gas hasil pembakaran dibuat 25°C maka akan diperoleh nilai kalor atas (HHV, *High Heating Value*). Pada temperatur ini air akan berada dalam kondisi fasa cair. Nilai kalor bahan bakar dapat diketahui dengan menggunakan kalorimeter.

Bahan bakar yang akan diuji nilai kalornya dibakar menggunakan kumparan kawat yang dialiri arus listrik dalam bilik yang disebut bom dan dibenamkan di dalam air. Bahan bakar yang bereaksi dengan oksigen akan menghasilkan kalor, hal ini menyebabkan suhu kalorimeter naik. Untuk menjaga agar panas yang dihasilkan dari reaksi bahan bakar dengan oksigen tidak

menyebarkan ke lingkungan luar maka kalorimeter dilapisi oleh bahan yang berisifat *isolator*. Untuk mengetahui komposisi bahan bakarnya dengan menggunakan persamaan 2.3 dibawah ini.

$$HHV = \frac{cv(T_2 - T_1 - T_{kp})}{m} \quad (2.3)$$

Dan nilai kalor bawah dapat dihitung dengan persamaan 2.4 dibawah ini.

$$LHV = HHV - 3240 \quad (2.4)$$

Maka nilai kalor berbagai macam kalor bahan bakar dapat dilihat pada tabel 2.5

Tabel 2.5. Nilai kalor berbagai macam bahan bakar

Bahan Bakar	Nilai Kalor (MJ/kg)
Minyak Tanah	43
Bensin	47,3
Aseton	29
Batu Bara	15-27
Kokas	28-31
Minyak Diesel	44,8
Arang	29,6
Butana	49,5
Alkohol 96%	30
Hidrogen	141,79

Sumber (www.engineeringtoolbox.com)

2.7. Bahan Bakar Alternatif

Bahan bakar alternatif merupakan salah satu upaya yang dilakukan untuk mengurangi jenis bahan bakar yang umum digunakan. Upaya ini tentunya untuk solusi alternatif bagaimana cara mengurangi. Menggunakan bahan bakar alternative bukan berarti bahwa penggunaannya bahan bakar tersebut murni 100%. Penggunaannya menggunakan perbandingan atau dicampur dengan bahan bakar yang umumnya dipakai, jika penggunaannya murni 100% dari bahan bakar

alternatif maka perlu kajian yang lebih dalam lagi tentang konstruksi mesin yang cocok terhadap karakteristik bahan bakar alternatif tersebut.

Dengan adanya pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit menjadi bioetanol dapat menjadi solusi dari bahan bakar alternatif dan permasalahan kelangkaan bahan bakar minyak dari fosil di masyarakat akan bisa terselesaikan.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

3.1.1. Tempat

Tempat dilaksanakannya penelitian dilakukan di jalan. Irian Barat Pasar Tujuh sampali, Desa Sampali, Kecamatan Percut Sei Tuan. Dan uji hasil Bioetanoll tandan kosong kelapa sawit, dilakukan di Laboratorium Kimia Fisika Universitas Sumatera Utara, Jalan . Biotechnologi No. 1 Padang Bulan Medan. Dan dilakukan di Laboratorium Pengujian Mesin Sekolah Tinggi Teknik Harapan Medan , Jalan H.M. Joni No. 70 C, Teladan Baru., Medan.

3.1.2. Waktu

Waktu penelitian yang dilakukan kurang lebih selama 8 bulan yaitu :

1. Proses pembuatan alat dan pembuatan bioetanol mulai dari tanggal 23 Januari 2017 hingga 25 mei 2017.
2. Pengujian viskositas dan densitas dilakukan pada tanggal 30 mei 2017.
3. Pengujian nilai kalor dilakukan pada tanggal 10 juli 2017 hingga 11 juli 2017.

3.2. Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang di gunakan adalah :

1. Tandan Kosong Kelapa Sawit

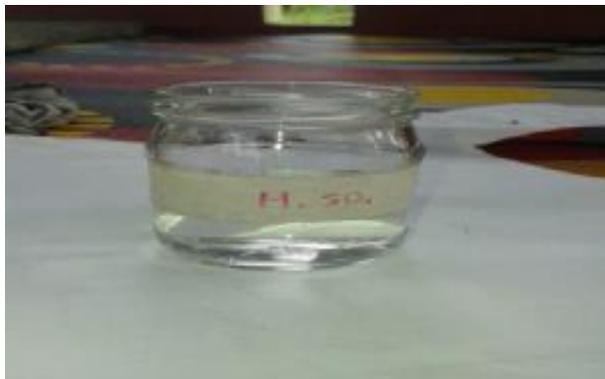
Tandan kosong kelapa sawit yang digunakan sebanyak 10 kg. Tandan yang digunakan di keringkan dan di cacah halus bertujuan untuk mempermudah proses *pretreatment lignoselulosa* dan hirdolisis,ada pun gambar tandan kosong kelapa sawit,seperti pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Tandan Kosong Kelapa Sawit

2. Asam Sulfat (H_2SO_4)

Asam Sulfat (H_2SO_4) adalah asam yang digunakan untuk proses hidrolisis asam, seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Asam Sulfat (H_2SO_4)

3. Soda Api (NaOH)

Soda api (NaOH) digunakan sebagai campuran pada proses pretreatment atau proses pemisahan selulosa menjadi glukosa, NaOH yang di gunakan berkadar 4%, seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Soda Api (NaOH)

4. Air (H₂O)

Air (H₂O) di gunakan pada proses Hidrolisis sebagai campuran solvent (H₂O + H₂SO₄), seperti pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Air (H₂O)

5. Ragi Roti

Berfungsi sebagai bahan yang di campur pada proses fermentasi atau proses ketiga dari tahapan pembuatan bioetanol, seperti terlihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Ragi Roti

6. Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan dalam penelitian ini adalah Gas LPG. Gas yang digunakan tabung gas 3 Kg, digunakan bahan bakar gas agar menjaga kestabilan temperatur pada saat proses *fretreatment lignoselulosa* dan hidrolisis, seperti terlihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Gas LPG 3 Kg

3.3. Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam proses penelitian adalah :

1. Autoklaf

Alat ini digunakan untuk proses pemasakan tandan kosong kelapa sawit yang telah di campur dengan zat-zat kimia. Alat ini digunakan pada proses *pretreatment lignoselulos* dan hidrolisis, seperti terlihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Autoklaf

2. Thermocouple

Alat ini digunakan untuk mengukur suhu di dalam Autoklaf dan suhu pada proses destilasi.

Dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Mode : Thermokopel Thermometer KW 06-308
- Skala Temperatur : Celsius ($^{\circ}\text{C}$), Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$)
- Temperatur : 250°C (482°F)
- Resolusi : 1°C atau 1°F , $0,1^{\circ}\text{C}$ atau $0,1^{\circ}\text{F}$

Seperti terlihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Thermocouple

3. Panci Presto

Berfungsi sebagai alat atau wadah tandan kosong yang akan di destilasi, seperti pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Panci Presto

4. Kompor dan Selang Regulator

Berfungsi sebagai penyalur bahan bakar gas dan sebagai sumber pembakaran pada proses pembuatan bioetanol tandan kosong kelapa sawit, seperti terlihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Kompor dan Selang Regulator

5. Stopwatch

Berfungsi sebagai alat menghitung atau mengukur lamanya proses waktu saat melakukan pembuatan bioetanol tandan kosong kelapa sawit, seperti terlihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Stopwatch

6. Pressure Gauge

Berfungsi sebagai alat untuk mengetahui tekanan uap yang terjadi pada autoklaf saat percobaan *pretreatment* lignoselulosa dan hidrolisis, seperti terlihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.12 Pressure Gauge

7. Gunting

Berfungsi sebagai alat untuk memotong tandan kosong kelapa sawit agar menjadi serat-serat yang halus, seperti terlihat pada gambar 3.13.



Gambar 3.13 Gunting

8. Neraca Digital

Berfungsi sebagai alat untuk menimbang bahan-bahan yang akan di pakai pada proses pembuatan bioetanol, seperti terlihat pada gambar 3.14.



Gambar 3.14 Neraca Digital

9. Gelas Ukur (100 ml)

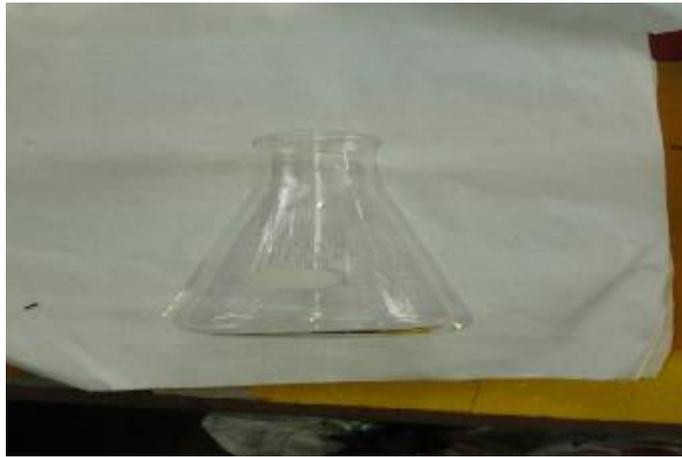
Berfungsi sebagai wadah untuk mengukur zat-zat kimia yang digunakan saat proses pembuatan bioetanol tandan kosong kelapa sawit, seperti terlihat pada gambar 3.15.



Gambar 3.15 Gelas Ukur (100 ml)

10. Erlenmeyer

Berfungsi sebagai alat atau wadah pencampur zat-zat kimia dengan tandan kosong kelapa sawit. Dan wadah bioetanol yang telah selesai dilakukan proses destilasi, seperti terlihat pada gambar 3.16.



Gambar 3.16 Erlenmeyer

11. Alumunium Foil

Berfungsi sebagai penutup lubang erlenmeyer saat proses *pretreatment lignoselulosa*, hidrolisis dan destilasi saat proses pembuatan bioetanol, seperti terlihat pada gambar 3.17.



Gambar 3.17 Alumunium Foil

12. Saringan

Berfungsi sebagai wadah tandan kosong kelapa sawit yang selesai di lakukan proses *pretreatment lignosululosa* dan hidrolisi untuk dipisahkan dari air sisa zat kimia, seperti terlihat pada gambar 3.18.



Gambar 3.18 Saringan

13. Selang

Berfungsi sebagai alat penyaluran air keluar masuk saat melakukan penyulingan pada proses destilasi, seperti terlihat pada gambar 3.19.



Gambar.3.19 Selang

14. Pompa Air

Berfungsi sebagai pompa keluar masuknya air yang disalurkan kedalam pipa penyulingan, seperti terlihat pada gambar 3.20.



Gambar 3.20 Pompa Air

15. Wadah Sirkulasi Air

Berfungsi sebagai wadah atau tempat air yang masuk maupun keluar dari dalam pipa penyulingan, seperti terlihat pada gambar 3.21.



Gambar 3.21 Wadah Sirkulasi Air

16. Keran Buka Tutup

Berfungsi sebagai pemutus bioetanol sebelum disalurkan ke wadah penampung bioetanol, seperti terlihat pada gambar 3.22.



Gambar 3.22 Keran Buka Tutup

17. Kompor Destilasi

Berfungsi sebagai bahan bakar pada proses destilasi atau proses terakhir pada pembuatan bioetanol, seperti terlihat pada gambar 3.23.



Gambar 3.23 Kompor Destilasi

18. Kalorimeter Bom

Kalorimeter bom adalah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah kalor (nilai kalori) yang dibebaskan pada pembakaran sempurna (dalam O₂ berlebih) suatu nyawa, bahan makanan, bahan bakar, seperti terlihat pada gambar 3.24.



Gambar 3.24 Kalorimeter Bom

19. Viskometer Ostwald

Viskometer Ostwald adalah alat yang digunakan untuk mengukur tingkat kekentalan suatu zat cair, seperti terlihat pada gambar 3.25.



Gambar 3.25 Viskometer Ostwald

20. Piknometer

Piknometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur massa jenis suatu zat atau minyak, seperti terlihat pada gambar 3.26.



Gambar 3.26 Piknometer

3.4. Skema Alat

Destilasi adalah tempat dimana terjadinya proses penyulingan atau pemisahan antara etanol dengan air. Bahan yang dimasukkan sudah dilakukan proses *pretreatment lignoselulosa*, hidrolisis dan fermentasi. Proses terjadi dengan menggunakan kompor gas portable agar dapat mengatur temperatur yang di hasilkan berkisar (78 – 80⁰C), seperti terlihat pada gambar 3.27.



Gambar 3.27 Skema Alat Destilasi

Keterangan :

1. Kompor
2. Panci Presto
3. Tempat Thermocouple
4. Selang Masuk Bioetanol
5. Pipa Sirkulasi Air
6. Pompa Sirkulasi Air
7. Keran Buka Tutup Aliran Bioetanol
8. Selang Keluar Aliran Bioetanol
9. Penampung Bioetanol
10. Tempat Wadah

3.5. Prosedur Pembuatan Bioetanol

Adapun prosedur pembuatan bioetanol berbahan dasar tandan kosong kelapa sawit (TKKS).

1. Mengeringkan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dengan cara di jemur di sinar matahari.



2. Memotong atau mencacah TKKS hingga halus.



3. Menimbang TKKS sebanyak 10 gram dan dimasukkan kedalam erlenmeyer 250 ml.
4. Menambah 50 ml NaOH 4% dan menutup erlenmeyer dengan aluminium foil.



5. Memanaskan erlenmeyer yang berisi TKKS kedalam autoclave hingga temperatur 121°C selama 60 menit.



6. Memisahkan serabut TKKS tersebut dari air dengan saringan.
7. Menyiapkan larutan solvent ($\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4$) sebanyak 60 ml.



- Masukkan kedalam erlenmeyer larutan solvent dan TKKS dan tutup rapat kembali dengan alumunium foil.



- Memanaskan campuran tersebut kedalam autoclave dengan temperatur 121°C selama 30 menit hingga menjadi bubur.



- Mensterilkan alat-alat yang akan dipakai pada proses fermentasi.
- Timbang ragi roti sebanyak 51 gr.

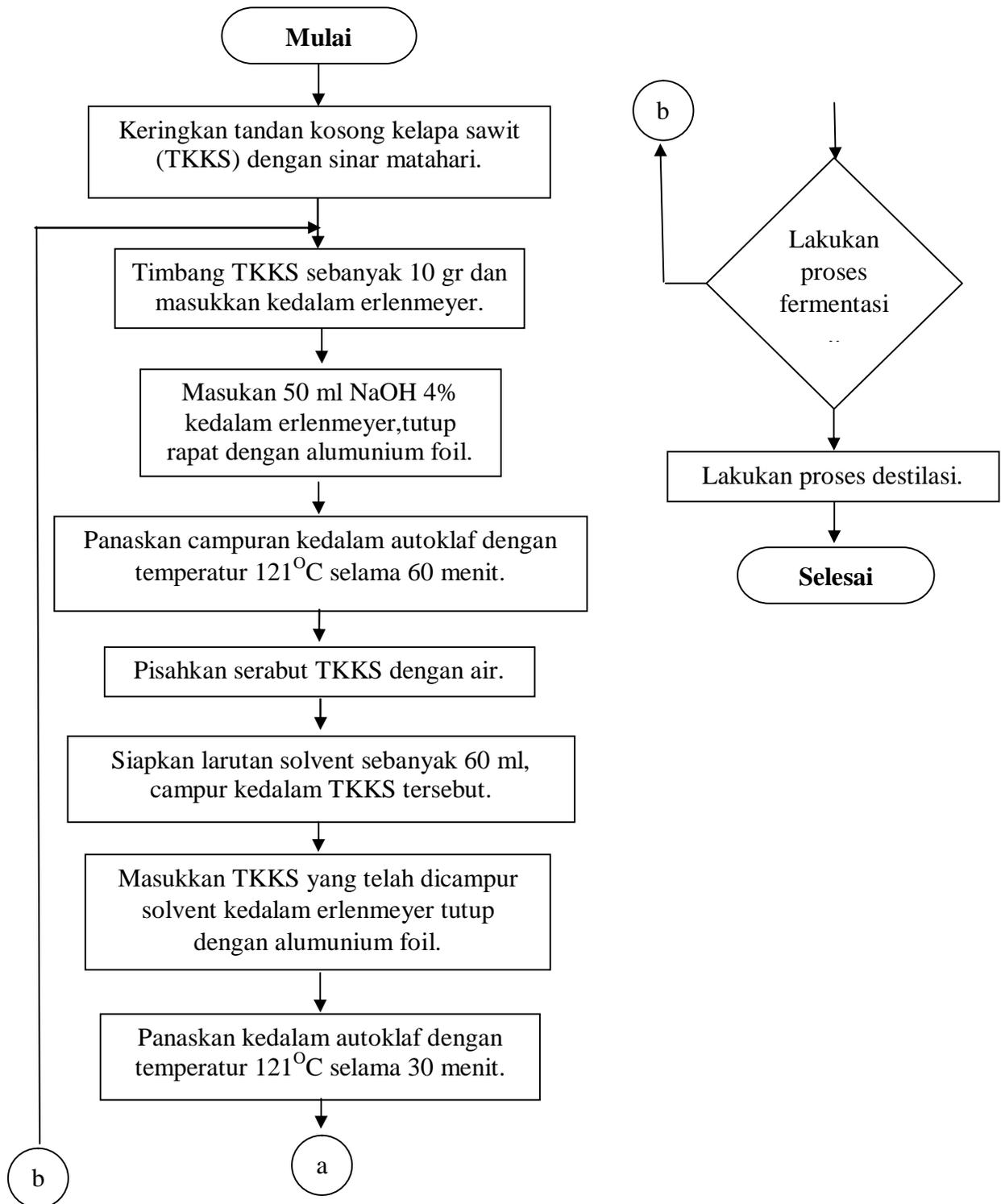


12. Campur TKKS tersebut dengan ragi roti, lalu aduk selama 5 menit.
13. Melakukan proses fermentasi.
14. Hubungkan ujung erlenmeyer 250 ml yang berisi TKKS dengan selang karet yang terhubung dengan tong berisi air (agar tidak terjadi kontak langsung dengan udara).
15. Fermentasikan selama 7 hari.
16. Setelah 7 hari, campuran tersebut dimasukkan kedalam panci presto untuk dilakukan proses destilasi.
17. Atur temperatur destilasi sebesar 78°C , 84°C , dan 90°C .



18. Melakukan proses selama 60 menit.
19. Simpan hasil etanol yang telah jadi pada tempat rapat.

3.6. Diagram Alir



Gambar 3.28 Diagram Proses Pembuatan Bioetanol

3.7. Metode Pengujian Untuk Mencari Nilai Densitas

Piknometer adalah suatu alat yang terbuat dari kaca, bentuknya menyerupai botol parfum atau sejenisnya. Jadi dapat diartikan disini, piknometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur nilai massa jenis atau densitas fluida, seperti terlihat pada gambar 3.29.



Gambar 3.29 Piknometer

Bagian-bagian Piknometer, Adapun jenis atau bentuk piknometer yang kita ketahui itu terdiri dari tiga bagian, yaitu:

1. Tutup piknometer, untuk mempertahankan suhu di dalam piknometer.
2. Lubang piknometer.
3. Gelas atau tabung ukur, untuk mengukur volume cairan yang dimasukkan dalam piknometer

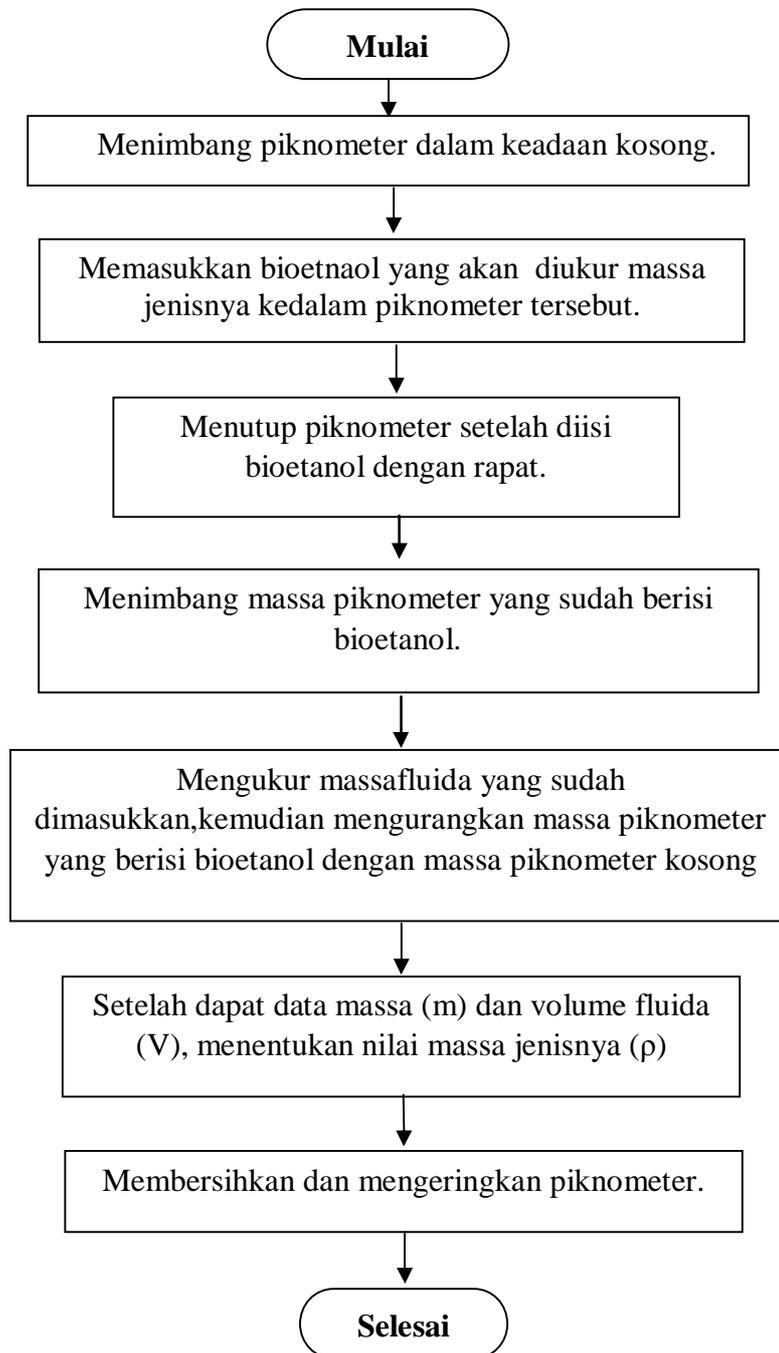
3.8. Prinsip Kerja Atau Cara Menggunakan Piknometer

Berikut tata cara menggunakan piknometer untuk menentukan massa jenis suatu zat:

1. Melihat berapa volume dari piknometernya (tertera pada bagian tabung ukur), biasanya ada yang bervolume 25 ml dan 50 ml.

2. Menimbang piknometer dalam keadaan kosong.
3. Memasukkan fluida yang akan diukur massa jenisnya ke dalam piknometer tersebut.
4. Menutup piknometer apabila volume yang diisikan sudah tepat.
5. Menimbang massa piknometer yang berisi fluida tersebut.
6. Mengukur massa fluida yang dimasukkan dengan cara mengurangkan massa pikno berisi fluida dengan massa pikno kosong.
7. Setelah mendapat data massa dan volume fluidanya, kita dapat menentukan nilai rho/massa jenis (ρ) fluida dengan persamaan: $\rho = \frac{m}{V} = \frac{\text{massa pikno+isi} - \text{massa pikno kosong}}{\text{volume}}$. Adapun satuan yang biasanya di gunakan yaitu massa dalam satuan gram (gr) dan volume dalam satuan $\text{ml} = \text{cm}^3$
8. Membersihkan dan mengeringkan piknometer

3.9. Diagram Alir

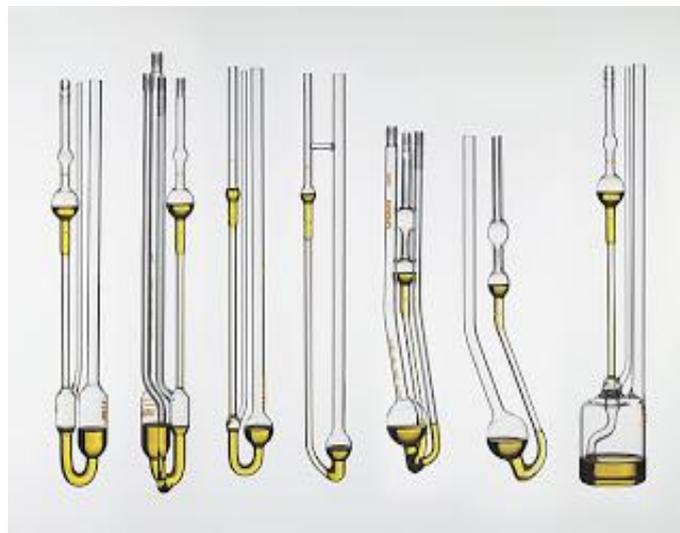


Gambar 3.30 Diagram Alir Densitas

3.10. Metode Pengujian Untuk Mencari Nilai Viskositas

Viskositas adalah ketidak leluasaan aliran cairan dan gas yang disebabkan oleh gesekan antara bagian cairan tersebut. Dan menyebabkan / disebut juga kekentalan.

Viskometer adalah besarnya gaya persatuan luas (dyne/cm). Kecepatan yang diperlukan untuk mendapatkan beda sebesar 1cm/dt antara 2 lapisan sejajar yang berjarak 2cm, seperti pada gambar 3.31.



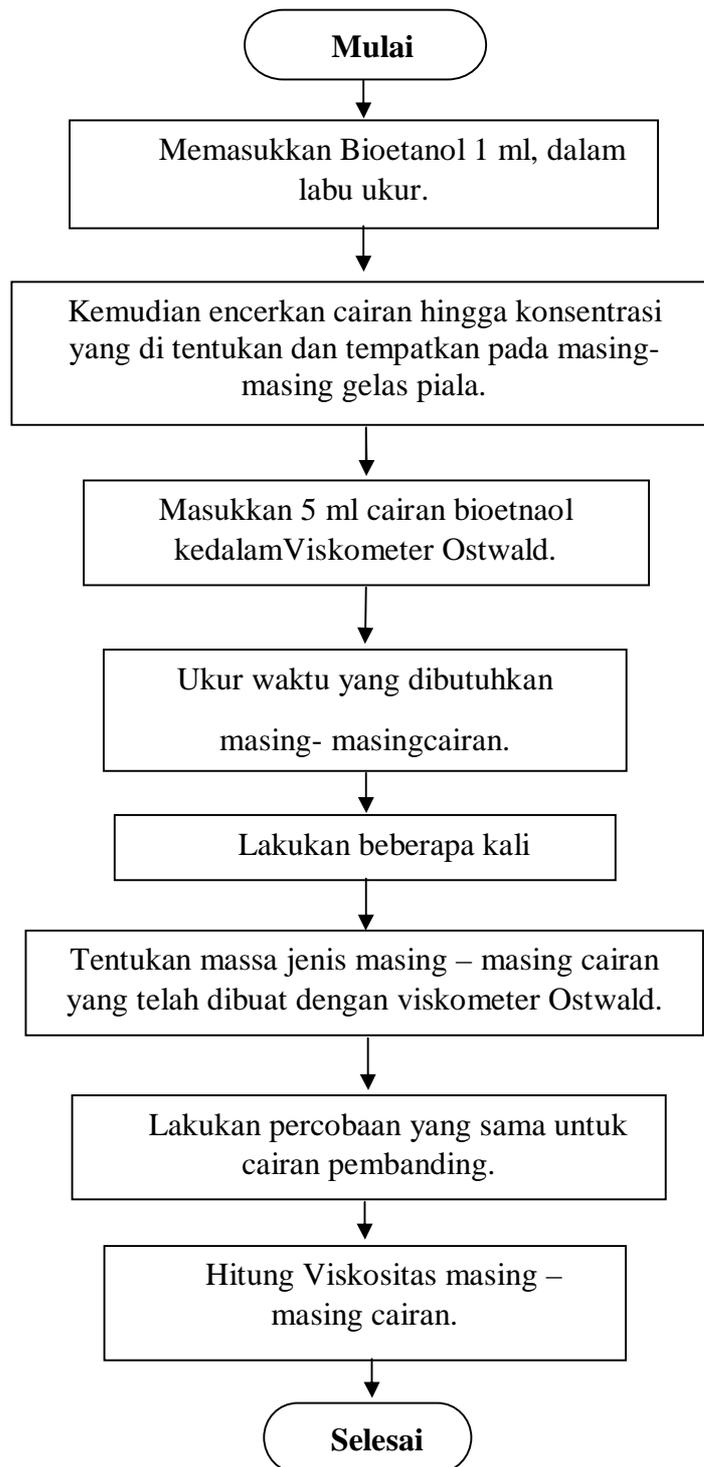
Gambar 3.31 Viskositas Ostwald

3.11. Prinsip Kerja Atau Cara Menggunakan Viskositas Ostwald

1. Buat larutan bioetanol 1ml dalam labu ukur, serta encerkan cairan hingga konsentrasi yang di tentukan dan tempatkan pada masing-masing gelas piala.
2. Masukkan 5 ml cairan bioetanol ke dalam viskometer ostwald.
3. Ukur waktu yang dibutuhkan masing-masing cairan.
4. Lakukan beberapa kali percobaan.

5. Tentukan massa jenis masing-masing cairan yang telah di buat dengan viskometer ostwald.
6. Lakukan percobaan yang sama untuk cairan pembanding.
7. Hitung viskositas masing-masing cairan.

3.12. Diagram Alir



Gambar 3.32 Diagram Alir Viskositas

3.13. Metode Pengujian Untuk Mencari Nilai Kalor



Gambar 3.33 Kalorimeter Bom

Peralatan yang digunakan meliputi:

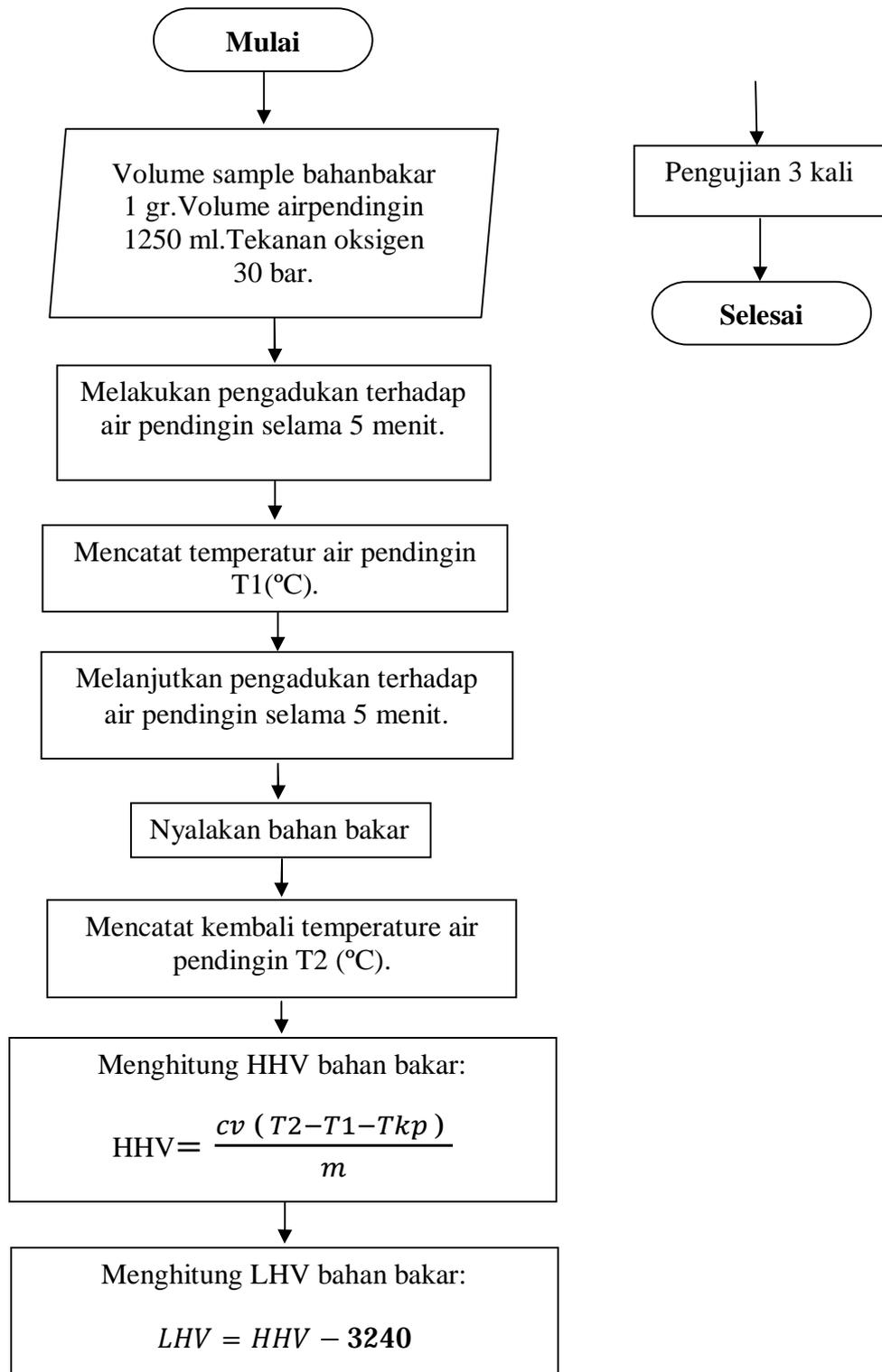
- Kalorimeter, sebagai tempat air pendingin dan tabung bom.
- Tabung bom, sebagai tempat pembakaran bahan bakar yang diuji.
- Tabung gas oksigen.
- Alat ukur tekanan gas oksigen, untuk mengukur jumlah oksigen yang dimasukkan kedalam tabung bom.
- Thermometer, dengan akurasi pembacaan skala $0,01^{\circ}\text{C}$.
- Elektromotor yang dilengkapi pengaduk untuk mengaduk air pendingin.
- Spit, untuk menentukan jumlah volume bahan bakar.
- Pengaturan penyalaan (saklar), untuk menghubungkan arus listrik ketangkai penyalaan pada tabung bom.
- Kawat penyala (busurnyala), untuk menyalakan bahan bakar yang diuji.
- Cawan, untuk tempat bahan bakar didalam tabung bom.

- Pinset untuk memasang busur nyalapa ditangkai penyalu, dan cawan pada dudukannya.

3.14. Prinsip Kerja Atau Cara Menggunakan Kalorimeter Bom

1. Mengisicawanbahanbakardenganbahanbakar yang akandiuji.
2. Potong kawat penyalu dengan panjang 5 cm kemudian pasang pada tangkai penyalu.
3. .Menempatkan cawan yang berisi bahan bakar pada ujung tangkai penyalu, serta mengatur posisi kawat penyalu agar berada tepat diatas permukaan bahan bakar yang berada didalam cawan dengan menggunakan pinset.
4. Memasukkan cawan yang berisi sampel kedalam bomb.
5. Mengisi bom dengan oksigen (30 bar).
6. Hubungkan kabel arus penyalu pada terminal yang ada pada bagian atas bomb.
7. Isi bucket dengan 2 liter air dengan tempratur air 24°C (T_1)
8. Masukkan bucket kedalam kalorimeter.
9. Masukkan bomb kedalam tangki bucket yang telah berisi air,kemudian tutup kalorimeter.
10. Menyetel pengaduk air dan sensor tempratur air pada posisinya.
11. Menghidupkan alat dengan menekan tombol fire 2-4 detik.
12. Baca dan catat tempratur maksimal (T_2) air setelah pembakaran pada lembar data.
13. Melakukan pengujian berulang selama 3 (kali

3.15. Diagram Alir



Gambar 3.34 Diagram Alir Pengujian Nilai Kalor

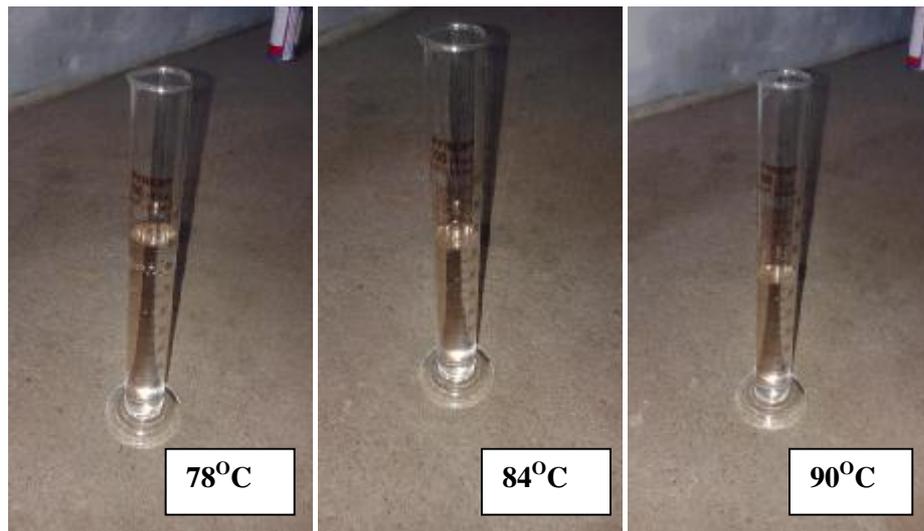
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Biotenaol

Setelah dilakukan proses destilasi atau penyulingan pada suhu 78°C , 84°C dan 90°C , maka didapatkan hasil sebagai berikut :

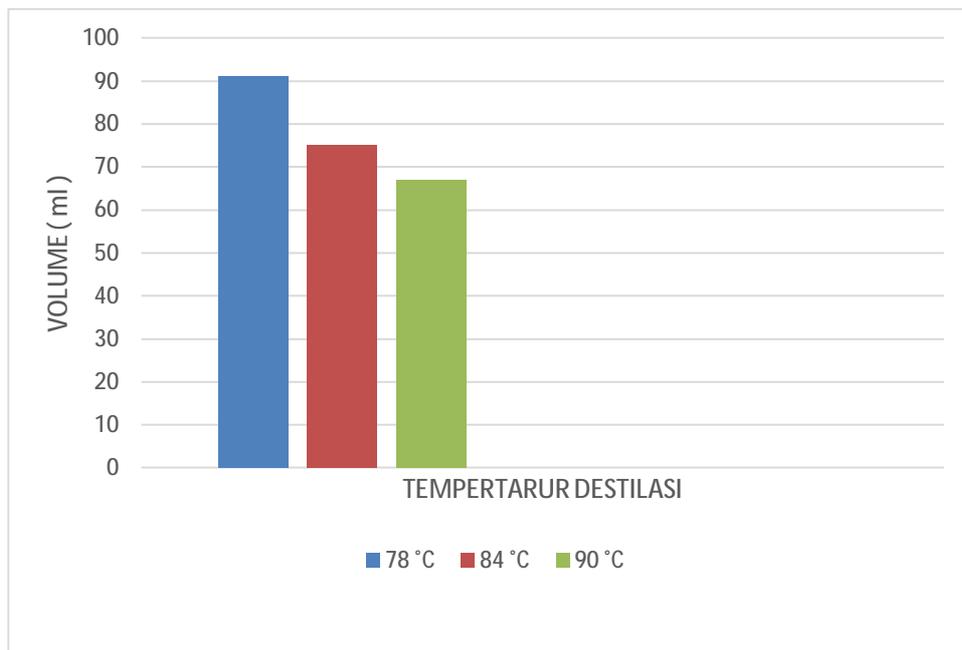
Untuk mendapatkan temperatur 78°C , maka suhu pada kompor harus di jaga dengan tetap melihat *thermocouple* jika temperatur lebih dari 78°C . Dengan waktu 60 menit, maka bioetanol yang di hasilkan sebanyak 91 ml, seperti terlihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Bioetanol Hasil Destilasi Dengan Temperatur 78°C , 84°C dan 90°C .

Pada proses destilasi didapatkan data jumlah bioetanol yang dihasilkan pada saat suhu 78°C , bioetanol yang dihasilkan sebesar 91 ml, dan pada suhu 84°C , jumlah bioetanol yang dihasilkan sebanyak 75 ml. Sedangkan pada suhu 90°C , jumlah bioetanol yang dihasilkan sebanyak 67ml. Dari data persentase terendah pada suhu 90°C dan hasil bioetanol tertinggi pada suhu 78°C .

Dari data di atas dapat dilihat bahwa temperatur pada proses destilasi berpengaruh pada jumlah bioetanol yang dihasilkan, Jika suhu diatas dari 80°C maka jumlah bioetanol yang dihasilkan akan lebih sedikit, hal ini disebabkan karna penguapan yang terjadi lebih cepat sehingga bioetanol tidak sempat terkondensasi tetapi ikut menguap atau terbuang dengan air. Fakta bahwa pada temperatur di atas 80°C lebih cepat menguap dapat dilihat pada gambar 4.2.



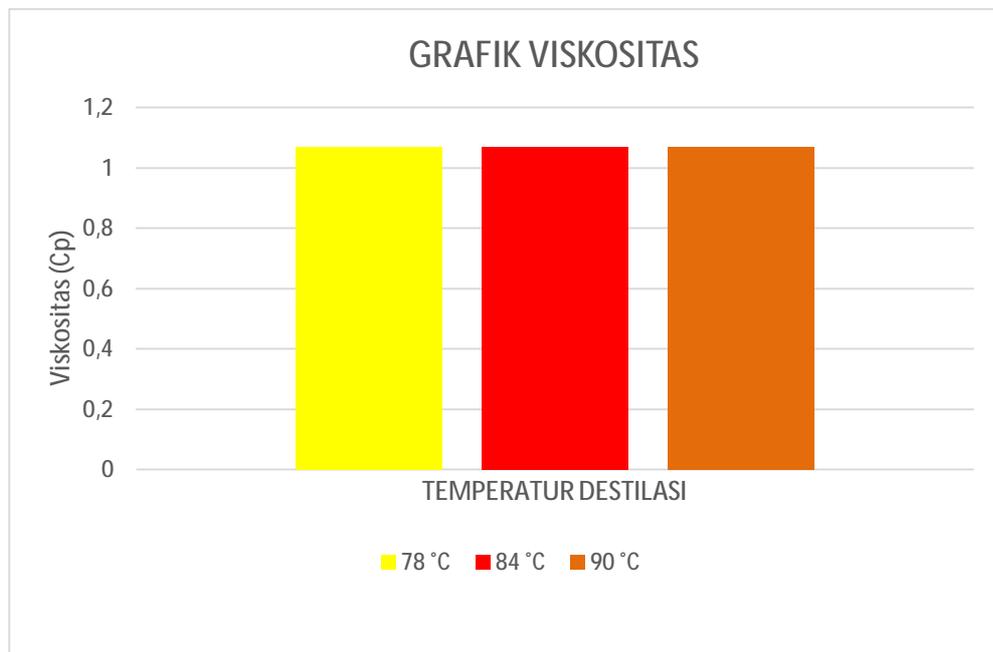
Gambar 4.2 Suhu Destilasi

4.2. Pengujian Karakteristik Bioetanol

Setelah melakukan proses destilasi pada bioetanol maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian karakteristik bioetanol yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

4.2.1. Viskositas

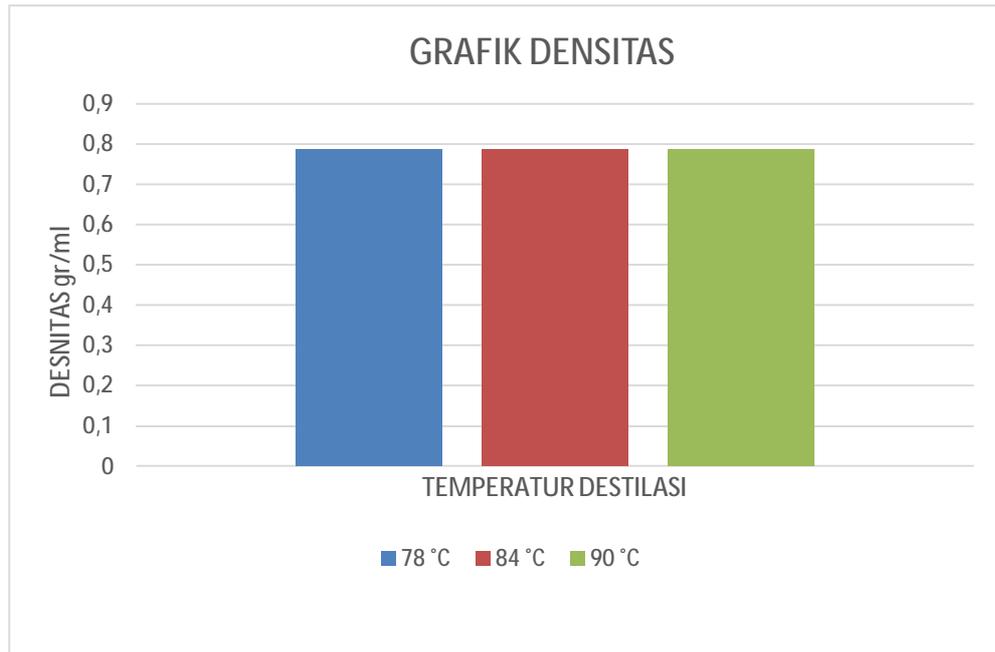
Data Viskositas dari bioetanol hasil destilasi bioetanol yang menunjukkan bahwa kekentalan bioetanol berbahan dasar tandan kosong kelapa sawit dengan suhu 78°C , 84°C , dan 90°C yaitu sebesar 1,06838 cP. Apabila dibandingkan dengan alkohol yaitu sebesar 0,8609 cP dan kekentalan aseton yaitu sebesar 0,3417 cP, dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Hasil Nilai Viskositas

4.2.2. Massa jenis

Dari Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa temperature tidak mempengaruhi massa jenis yang dihasilkan. Nilai massa jenis dari Bioetanol pada temperatur 78°C , 84°C dan 90°C didapatkan hasil sebesar 0,7862 gr/ml. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik Hasil Nilai Densitas

4.2.3. Nilai Kalor

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kalor Bioetanol pada temperatur 78^oC didapatkan hasil sebesar 3490,875 (kkal/kg), pada temperatur 84^oC didapatkan hasil sebesar 3025,875 (kkal/kg), dan pada temperatur 90^oC maka di dapatkan hasil sebesar 2560,875 (kkal/kg). Dapat disimpulkan bahwa nilai kalor terbesar didapatkan pada temperatur 78^oC dengan hasil sebesar 3490,875 (kkal/kg), dan nilai kalor terendah pada temperatur 90^oC dengan hasil sebesar 2560,875 (kkal/kg).

$$HHV = \frac{cv(T2 - T1 - Tkp)}{m}$$

$$LHV = HHV - 3240$$

$$HHV = \frac{2325 \times 10^{-3} \frac{KKAL}{KG} (2,9 - 0,005)^o C}{0,001kg}$$

$$= \frac{2,325 \times 2,895 kkal / kg}{0,001kg}$$

$$= 6730,875 kkal / kg$$

$$LHV = (6730,875 - 3240) kkal / kg$$

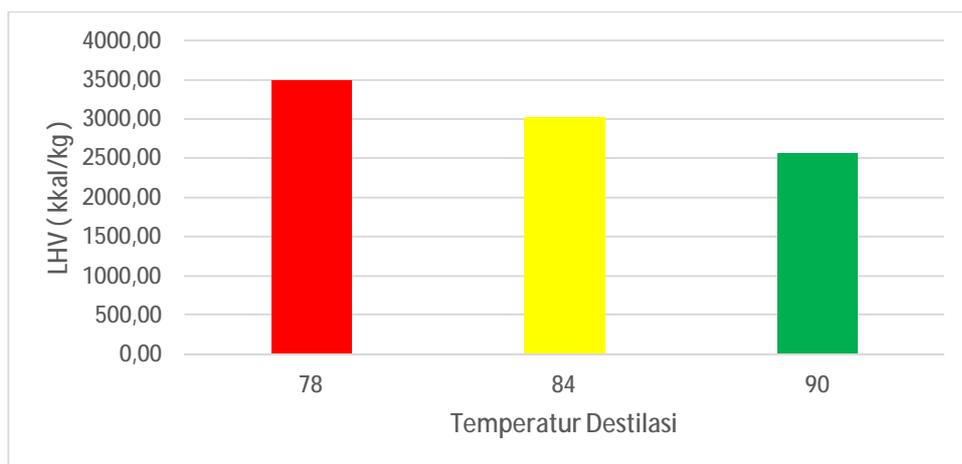
$$= 3490,875 kkal / kg$$

Hasil perhitungan nilai kalor bahan bakar bioetanol dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Nilai Kalor Bioetanol

Bioetanol	Destilasi 1	Destilasi 2	Destilasi 3
T1	24	24	24
T2	26,9	26,7	26,5
T2 - T1	2,9	2,7	2,5
HHV (kkal/kg)	6730,875	6265,875	5800,875
LHV (kkal/kg)	3490,875	3025,875	2560,875

Pada tabel 4.1 diatas, dapat dibuat perbandingan nilai kalor yang dihasilkan antara temperatur 78^oC, 84^oC, dan 90^oC, hal ini dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik Hasil Nilai Kalor

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari kelapa sawit , maka dapat disimpulkan sebagai berikut :penelitian yang dilakukan pada pembuatan bioetanol berbahan dasar tandan kosong

1. Setelah melakukan proses destilasi atau penyulingan pada temperatur 78°C didapatkan hasil bioetanol sebanyak 91 ml,pada temperatur 84°C didapatkan hasil bioetanol sebanyak 75 ml,dan pada temperatur 90°C bioetanol yang dihasilkan sebanyak 67 ml, dengan bahan tandan kosong kelapa sawit sebanyak 10 Kg.
2. Hasil bioetanol terbanyak pada variasi temperatur 78°C dengan jumlah bioetanol sebanyak 91 ml.
3. Massa jenis yang didapat pada pembuatan bioetanol berbahan dasar tandan kosong kelapa sawit pada temperatur 78°C , 84°C , dan 90°C sebesar 0,7862 gr/ml.
4. Viskositas yang didapat pada bioetanol berbahan tandan kosong kelapa sawit pada temperatur 78°C , 84°C , dan 90°C sebesar 1,06838 cP.
5. Nilai kalor yang dihasilkan terbesar di dapatkan pada temperatur 78°C dengan hasil 3490,875 (kkal/kg).
6. Nilai kalor terendah di dapatkan pada temperatur 90°C dengan hasil 2560,875 (kkal/kg).

5.2. Saran

Setelah melakukan penelitian, maka saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Perlu dilakukan penelitian tentang alat destilasi yang lebih sempurna lagi agar bioetanol yang dihasilkan lebih banyak dan sempurna.
2. Perlu dilakukan penelitian yang lebih signifikan untuk temperatur yang lebih cocok dalam memvariasikan temperatur pada proses destilasi.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang alat kondensasi yang lebih sempurna pada saat proses destilasi.
4. Peneliti memahami banyak kekurangan dalam melakukan penelitian, dengan demikian diharapkan adanya penelitian lebih lanjut, karena penelitian ini sangat penting dalam memanfaatkan tandan kosong kelapa sawit sebagai bioetanol, dan berdampak sebagai pencampuran bahan bakar umum.

DAFTAR PUSTAKA

- Kristina, Evi Retno Sari, Novia. 2012. Alkaline Pretreatment dan Proses Simultan Sakarifikasi-Fermentasi Untuk Produksi Etanol Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- Suri, Annisa, Yuniarti Yusak, Rumondang Bulan. Pengaruh La,a Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol Dari Fermentasi Glukosa Hasil Hidrolisis Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis Jack*) Dengan HCL 30% Menggunakan Ragi Roti, Jurnal Saintia Kimia, vol. 1, No.2, 2013, Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Yoricya, Gendish, Shinta Aisyah Putri Dalimunthe, Renita Manurung, Nimpan Bangun., Hidrolisis Hasil Delignifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit Dalam Sistem Cairan Ionik Choline Chloride. 2016. Jurnal Teknik Kimia USU, Vol 5, No.1.
- Ningsih, Yuni Astuti, Kartini Rahmi Lubis, Rosdiana Moeksin., Pembuatan Bioetanol Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Dengan Metode Hidrolisis Asam dan Fermentasi. Jurnal Teknik Kimia No.1, vol 18. 2012. Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- Bird, Tony. 1993. Kimia Fisika Untuk Universitas. Jakarta : PT Gramedia
- Giancoli.D.C.,1997. *Fisika Edisi Empat* ,Erlangga.Jakarta.
- Respati.H.1781.Kimia Dasar Terapan Modern. Jakarta : Erlangga.
- <http://www.en.Wikipedia.Orgs> .(tanggal 18/5/2017)

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : DONI SETIAWAN
NPM : 1207230030
Tempat/Tanggal Lahir : Sampali, 23 April 1994
Jenis Kelamin : Laki - Laki
Alamat : Jl. Irian Barat Pasar 7, No 77
 Kel/Desa : Sampali
 Kecamatan : Percut Sei Tuan
Agama : Islam
Status : Pelajar / Mahasiswa
Email : Donisetiawan2304@gmail.com
No. HP : 082168558719

Nama Orang Tua :
 Ayah : Suparman
 Ibu : Susani

PENDIDIKAN FORMAL

2000 - 2006 : SD Negeri No. 101780. Percut
2006 - 2009 : SMP Swasta Pahlawan Nasioal
2009 - 2012 : SMK Swasta Mandiri. Datuk Kabu, Denai
2012 - 2017 : Mengikuti Program Studi S1 Teknik Mesin
Fakultas Teknik di Universitas Muhammadiyah
Sumatera Utara.