
PENGOLAHAN SAMPAH ORGANIK MENJADI ETANOL DAN PENGUJIAN SIFAT FISIKA BIOGASOLINE

I Gusti Bagus Wijaya Kusuma
Jurusan Teknik Mesin
Universitas Udayana

Jln Kampus Unud, Bukit Jimbaran Bali

Telp : (0361) 703321, Fax : (0361) 703321, Email : wijaya.kusuma@me.unud.ac.id

ABSTRAKSI

Serangkaian penelitian telah dilakukan oleh beberapa ahli untuk mengatasi krisis energi di berbagai negara, mulai dari pembuatan etanol dan biogasoline (campuran antara gasoline dan alkohol), pemakaian bahan bakar gas, hingga proses pembuatan bahan bakar alternatif pengganti bensin lainnya.

Dalam penelitian ini, pembuatan alkohol dari sampah organik dilakukan dengan metoda fermentasi dalam ruang tertutup (anaerob). Diharapkan proses ini dapat mempercepat proses pembuatan alkohol dan dengan kadar alkohol yang cukup tinggi. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa untuk menghasilkan alkohol diperlukan campuran 1 kg sampah organik dengan 1 butir yeast dengan kadar alkohol 10,1%. Agar layak menjadi campuran (aditif) dalam biogasoline maka alkohol 10,1% tersebut didestilasi bertingkat hingga menghasilkan kadar alkohol yang lebih tinggi, yang divariasikan mulai dari kadar 90%, 93% dan 95%. Setelah itu dibuat biogasoline dengan variasi campuran 90:10, 85:15 dan 80:20 untuk bensin dan alkohol.

Dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa biogasoline dengan rasio campuran 90:10 dengan kadar alkohol 95% ternyata memiliki sifat-sifat fisika yang meliputi massa jenis, kekentalan dan nilai kalor, titik nyala dan titik bakar yang mendekati sama dengan bensin murni. Artinya untuk menghasilkan biogasoline 100 ml dan memiliki sifat fisika yang mendekati sama dengan bensin murni diperlukan bensin sebanyak 90 ml dan alkohol dengan konsentrasi 95% sebanyak 10 ml.

Kata kunci : Alkohol, limbah organik, biogasoline.

1. Pendahuluan

Energi merupakan kebutuhan pokok manusia modern saat ini. Energi diperoleh dari berbagai macam produk bahan bakar. Dari berbagai macam produk bahan bakar yang dihasilkan dari minyak bumi ternyata yang paling banyak pemakaiannya bahan bakar minyak khususnya minyak solar dan bensin (Yeliana,2003).

Dalam permasalahan kali ini, fokus utama yang akan dicermati adalah mengenai bahan bakar berupa bensin. Hal yang menyebabkan kebutuhan bensin dari tahun ke tahun semakin meningkat adalah dikarenakan bensin penggunaannya sangat luas. Bensin banyak digunakan sebagai bahan bakar pada berbagai jenis alat transportasi dan industri menengah seperti: mobil, motor, usaha mikro rumah tangga, dan masih banyak lagi yang lainnya. Untuk menghadapi permasalahan mengenai ketersediaan energi khususnya bensin, diperlukan pengetahuan baru untuk menemukan energi alternatif sebagai pengganti sumber energi utama yang berasal dari

minyak bumi tersebut. Serangkaian penelitian telah dilakukan oleh beberapa ahli untuk mengatasi krisis energi di berbagai negara, mulai dari pembuatan biogasoline (campuran antara gasoline dan alkohol), pemakaian bahan bakar gas, pembuatan alkohol dari bahan nabati, hingga proses pembuatan bahan bakar alternatif pengganti bensin lainnya.

Sampah, khususnya sampah organik yang selama ini menjadi permasalahan pemerintah, kini mendapat perhatian khusus sebagai salah satu sumber energi alternatif. Pengolahan sampah menjadi energi terbaharukan sudah dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya dengan pembuatan briket dan gasifikasi untuk sumber tenaga pembangkit tenaga listrik.

Dalam penelitian ini, penulis melakukan pembuatan alkohol dari sampah organik yang dilakukan dengan metoda fermentasi dalam ruang tertutup. Yang kemudian dilanjutkan dengan destilasi bertingkat untuk meningkatkan kadar alkoholnya, dan selanjutnya etanol



ini digunakan sebagai aditif pada bensin dengan perbandingan tertentu yang selanjutnya dilakukan pengujian karakteristik fisika agar diketahui kelayakannya sebagai bahan bakar pengganti bensin.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Fermentasi

Fermentasi adalah suatu proses perubahan kimia dalam suatu substrat organik yang dapat berlangsung karena aksi katalisator biokimia, yaitu enzim yang dihasilkan oleh mikroba hidup tertentu (Tjokroadikoesoemo 1986).

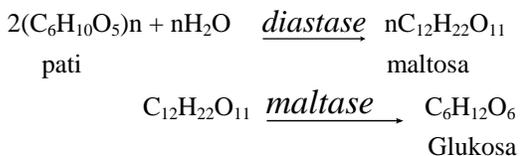
Mikroba-mikroba dalam fermentasi meliputi ragi, kapang, dan bakteri. Karena organisme tersebut tidak memiliki klorofil sendiri, mereka tidak dapat melakukan fotosintesis, sehingga mereka harus mendapatkan makanannya dari bahan-bahan organik. Tiap jenis mikroba memiliki ciri morfologi, bentuk dan ukuran, serta perkembangbiakan yang berbeda, namun mereka memiliki persamaan, yaitu dapat menghasilkan enzim.

Fermentasi etanol berlangsung secara anaerob (tanpa oksigen) dengan bantuan sekelompok enzim yang dihasilkan oleh *Saccharomyces cereviceae*. Untuk kelangsungan hidupnya, *Saccharomyces cereviceae* membutuhkan energi. Di dalam proses fermentasi, *Saccharomyces cereviceae* memperoleh energi dari bahan yang difermentasikan.

Secara garis besar, fermentasi karbohidrat dapat dibagi menjadi dua tahap, yaitu :

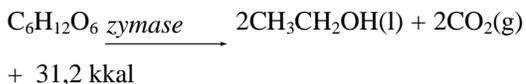
1. Pemecahan karbohidrat (pati) menjadi gula pereduksi

Pemecahan karbohidrat menjadi gula pereduksi karena difermentasi oleh enzim diastase dan maltase yang terkandung dalam ragi, seperti yang terlihat pada reaksi berikut :



2. Perubahan gula pereduksi menjadi etanol

Perubahan gula pereduksi menjadi etanol dilakukan oleh enzyme zymase, yaitu enzim kompleks yang terkandung dalam ragi. Reaksinya adalah sebagai berikut :



Ditinjau dari reaksi diatas, terlihat O_2 tidak diperlukan, hanya ada perubahan zat organik yang satu menjadi zat organik yang lain (glukosa menjadi etanol).

2.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Fermentasi Etanol

1. Temperatur

Fermentasi etanol sebagai aksi enzimatik akan berlangsung dengan baik antara temperatur 24 – 30°C, sebab pada temperatur tersebut enzim yang dihasilkan oleh mikroba *Saccharomyces cereviceae* dapat melangsungkan aktifitasnya dengan baik. Diatas temperatur tersebut aktifitas enzim yang dihasilkan akan menurun karena mengalami denaturasi. Sedangkan dibawah temperatur 24°C reaksi fermentasi etanol akan berlangsung lambat.

2. pH

Aktifitas enzim sangat dipengaruhi oleh pH dari medium fermentasi. Aktifitas enzim terletak pada trayek pH tertentu dan mempunyai pH optimal. Di luar pH optimal, enzim akan bekerja lebih lambat. Untuk enzim yang melangsungkan fermentasi etanol, pH optimalnya adalah 4,5.

3. Oksigen

Oksigen pada proses fermentasi harus diatur sebaik mungkin untuk memperbanyak atau menghambat pertumbuhan mikroba tertentu. Misalnya *Saccharomyces cereviceae* yang menghasilkan etanol dari gula akan lebih baik dalam keadaan anaerobik. Setiap mikroba membutuhkan oksigen yang berbeda jumlahnya untuk pertumbuhan atau membentuk sel-sel baru dan untuk fermentasi. Seperti misalnya *Saccharomyces cereviceae* akan tumbuh lebih baik pada keadaan aerobik tetapi bila melakukan terhadap gula jauh lebih cepat dalam keadaan anaerobik.

4. Konsentrasi Gula (substrat) dan Konsentrasi Enzim

Untuk mendapatkan hasil etanol yang optimal, diperlukan konsentrasi enzim tertentu untuk mengubah semua substrat menjadi produk. Hal ini berarti jumlah etanol optimal yang dihasilkan bergantung pada konsentrasi gula (substrat) yang akan diubah oleh enzim. Konsentrasi gula yang diperlukan untuk fermentasi adalah 10 sampai 18 %. Apabila konsentrasi gula terlalu tinggi maka proses fermentasi akan berjalan lambat.

5. Jenis Mikroba



Setiap jenis fermentasi mempergunakan mikroba dengan jenis yang berbeda. Sebagai contoh dalam fermentasi etanol yang digunakan adalah mikroba jenis *Saccharomyces cereviceae*.

6. Konsentrasi etanol

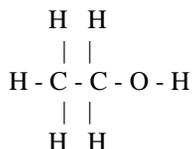
Seperti mikroba lainnya, *Saccharomyces cereviceae* tidak tahan terhadap konsentrasi etanol yang lebih besar dari 14% dan pada konsentrasi etanol 16% kegiatan *Saccharomyces cereviceae* sudah hamper tidak ada sehingga kecepatan fermentasi juga terhenti.

2.3 Etanol

Etanol dipasaran dikenal dengan nama alkohol. Alkohol merupakan istilah umum bagi senyawa organik yang memiliki gugus OH atau hidroksil. Alkohol atau etanol ini adalah cairan yang bening, tidak berwarna, mudah menguap, memiliki aroma yang tajam, dan terasa pedih di kulit.

Etanol atau alkohol etil ialah senyawa kimia yang ditemui di dalam minuman berakohol atau arak. Selain digunakan di dalam arak, etanol juga digunakan sebagai bahan api bagi menggantikan gasolin.

Struktur kimia etanol ialah C_2H_5OH seperti pada gambar dibawah ini :



Selain merupakan salah satu zat kimia sintetik organik tertua yang digunakan manusia, etanol merupakan salah satu zat yang penting di bidang kimia dan industri, sebagai contoh etanol banyak digunakan untuk pelarut vernis dan campuran parfum.

Etanol hasil fermentasi dapat didestilasi hingga suhu $78,32^\circ\text{C}$ sehingga diperoleh destilat yang terdiri atas campuran etanol dengan air, yang kemudian didestilasi bertingkat hingga mencapai kadar kemurnian sekitar 95%.

2.4 Sifat-Sifat Fisik Bahan Bakar Cair

Sifat-sifat fisik dari bahan bakar minyak merupakan bagian yang penting untuk diambil sebagai dasar perhitungan mengenai hal-hal yang berhubungan dengan bahan bakar selain sifat-sifat kimianya. Secara umum, karakteristik bahan bakar minyak yang perlu diketahui adalah berikut :

1. Specific Gravity dan API Gravity

Specific gravity adalah density bahan bakar dibagi dengan density air pada temperatur yang sama. Atau dapat didefinisikan sebagai perbandingan berat dari bahan bakar minyak pada temperatur tertentu terhadap air pada volume dan temperatur yang sama. Umumnya, bahan bakar minyak memiliki *specific gravity* 0.74-0.96, dengan kata lain bahan bakar minyak lebih ringan daripada air. Pada beberapa literatur digunakan *American Petroleum Institute (API) gravity*. *Specific gravity* dan API gravity adalah suatu pernyataan yang menyatakan density (kerapatan) atau berat per satuan volume dari suatu bahan. *Specific gravity* dan API gravity diukur pada suhu 60°F (15.6°C), kecuali asphalt yang diukur pada suhu 77°F (25°C). Hubungan antara *specific gravity* (sg) dan API gravity (G) adalah sebagai berikut :

$$G = \frac{141.5}{sg} - 131.5 \quad (2.1)$$

$$Sg = \frac{141.5}{G + 131.5} \quad (2.2)$$

Besarnya harga dari API gravity berkisar dari 0-100, sedangkan *specific gravity* merupakan harga relatif dari density suatu bahan terhadap air.

Hubungan antara density dan *specific gravity* adalah sebagai berikut :

$$Sg = \frac{\text{density}(\text{lb}/\text{ft}^3 \text{ atau } \text{kg}/\text{m}^3)}{\text{density air}(\text{lb}/\text{ft}^3 \text{ atau } \text{kg}/\text{m}^3)} \quad (2.3)$$

2. Titik Nyala (Flash Point) dan Titik Bakar (Fire Point)

Flash point mengindikasikan temperatur maksimum dimana bahan bakar minyak dapat disimpan dan ditangani tanpa bahaya kebakaran serius. *Flash point* adalah temperatur maksimum dimana bahan bakar dengan cepat menangkap/menyambar nyala ketika nyala didekatkan diatas permukaan bahan bakar. Sebuah contoh perhatian *flash point* adalah kemampuan terbakar campuran diatas bahan bakar cair di dalam tangki bahan bakar yang terisi separuh penuh. Bensin, mempunyai *flash point* -43°C , yang berarti sangat mudah



menguap sehingga campuran terlalu kaya untuk terbakar. Bahan bakar solar (*flash point* 52°C) merupakan bahan bakar yang sulit menguap dan campuran yang terbentuk terlalu miskin untuk terbakar. Namun, campuran bahan bakar bensin-solar atau bahan bakar alternatif lainnya seperti metanol juga berbahaya. *Flash point* dan *fire point* penting untuk mengetahui karakteristik kestabilan bahan bakar terhadap kemungkinan menyala/terbakar, juga untuk pertimbangan cara penanganan/penyimpanan serta delivasi yang aman.

3. Temperatur Penyalaan Sendiri (*Auto-Ignition Temperature*)

Temperatur *auto-ignition* merupakan temperatur terendah yang diperlukan untuk terbakar sendiri dalam *container standard* dalam udara atmosfer dengan tanpa bantuan nyala seperti bunga api/spark atau nyala. Sebagai contoh, temperatur *auto-ignition* bensin adalah 370°C.

4. Viskositas (*Viscosity*)

Viscosity cairan adalah suatu angka yang menyatakan besarnya perlawanan / hambatan / ketahanan suatu bahan bakar minyak untuk mengalir atau ukuran besarnya tahanan geser dari bahan bakar minyak. Untuk bahan bakar, *viscosity* mengindikasikan kemudahan untuk dipompa dan diatomisasikan. *Viscosity* cairan menurun dengan meningkatnya temperatur. Ada banyak standard pengujian yang dapat digunakan untuk *viscosity*. Kadang kala *pour point* digunakan sebagai indikator sederhana dari *viscosity*. *Pour point* menunjukkan temperatur terendah dimana bahan bakar minyak dapat disimpan dan tetap dapat mengalir walaupun lambat dalam peralatan pengujian standard.

Viscosity dari suatu minyak menunjukkan sifat menghambat aliran dari menunjukkan pula sifat pelumasannya pada permukaan benda yang dilumasinya. *Viscosity* suatu cairan diukur dengan viscometer. *Viscosity* dapat didefinisikan sebagai gaya yang diperlukan untuk menggerakkan suatu bidang dengan luas tertentu pada jarak tertentu dan dalam waktu tertentu pula. Dalam sistem cgs, satuan *viscosity* adalah poise atau centipoise (= 0.001 poise) dimana 1 poise = 1 gr/s.cm atau 1 poise = dyne.s/cm².

Harga *viscosity* kinematik dalam stokes dapat diperoleh dari persamaan pendekatan di bawah ini, dimana *t* adalah waktu yang

diperlukan untuk mengosongkan tabung minyak (*second*).

• *Saybolt Universal* : *Viscosity Kinematik*
 $32 < t < 100 \longrightarrow v = 0.00226t - 1.95 / t \quad (2.4)$

$t \geq 100 \longrightarrow v = 0.00220t - 1.35 / t \quad (2.5)$

• *Saybolt Furol* :
 $25 < t < 40 \longrightarrow v = 0.0224t - 1.84 / t \quad (2.6)$

$t \geq 40 \longrightarrow v = 0.0216t - 0.60 / t \quad (2.7)$

• *Red Wood Admiralty (II)* $\geq 100 \longrightarrow v = 0.027t - 11.20 / t \quad (2.8)$

• *Engler* $\geq 100 \longrightarrow v = 0.00147t - 3.74 / t \quad (2.9)$

5. Nilai Kalor (*Heating Value*)

Nilai kalor adalah suatu angka yang menyatakan jumlah panas / kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran sejumlah tertentu bahan bakar dengan udara / oksigen. Nilai kalor dari bahan bakar minyak umumnya berkisar antara 18,300 – 19,800 Btu/lb atau 10,160 -11,000 kkal/kg. Nilai kalor berbanding terbalik dengan berat jenis. Pada volume yang sama, semakin besar berat jenis suatu minyak, semakin kecil nilai kalornya, demikian juga sebaliknya semakin rendah berat jenis semakin tinggi nilai kalornya. Sebagai contoh adalah berat jenis bahan bakar diesel lebih tinggi daripada bahan bakar bensin, dan nilai kalor dari bahan bakar diesel lebih rendah daripada bahan bakar bensin.

Nilai kalor atas untuk bahan bakar cair ditentukan dengan pembakaran dengan oksigen bertekanan pada *bomb calorimeter*. Peralatan ini terdiri dari container stainless steel yang dikelilingi bak air yang besar. Bak air tersebut bertujuan meyakinkan bahwa temperatur akhir produk akan berada sedikit diatas temperatur awal reaktan, yaitu 25°C. Pembakaran terjadi dengan campuran miskin untuk memastikan pembakaran terjadi *complete* / lengkap.

3. Metode Penelitian

3.1 Persiapan Penelitian

3.1.1 Bahan-bahan yang dibutuhkan:

- Sampah organik : ± 15 kg
- *Yeast* (Ragi) : ± 15 butir

3.1.2 Alat-Alat Yang Digunakan Untuk Pembuatan Etanol

- Baskom besar : 1 buah
- Elenmeyer 250 ml : 1 buah
- Gelas ukur : 1 buah
- Pemanas Listrik : 1 buah



- Timbangan digital : 1 buah
- Toples : 1 buah

3.1.3 Alat-Alat Yang Digunakan Untuk Pengujian Sifat Fisika Bahan Bakar

- Timbangan digital
- Piknometer (untuk uji *density*)
- *Stop watch*
- Alat Uji Viskositas (*Saybolt-Viscometer*)
- Alat Uji Flash dan Fire Point
- Bomb kalorimeter

3.2 Prosedur Penelitian

3.2.1 Prosedur pembuatan alkohol dengan proses fermentasi pada sampah organik

Adapun langkah-langkah pembuatannya yaitu sebagai berikut:

1. 15 kg sampah organik ditaruh pada baskom besar, kemudian dibilas dengan air untuk memisahkan butiran pengotor dan tanah. Hancurkan sampah sedemikian rupa sehingga menjadi butiran halus.
2. Setelah itu sampah direndam dan selanjutnya dikukus.
3. Setelah dikukus, ditiriskan sebentar hingga dingin.
4. Setelah dingin taburi *yeast* yang sudah dihancurkan pada sampah organik dengan komposisi 15 butir secara merata.
5. Masukkan dalam toples yang ditutup dengan rapat.
6. Tunggu dalam 6 - 7 hari, lalu diuji kadar alkohol yang dihasilkan.
7. Lakukan destilasi bertingkat untuk menaikkan kadar alkoholnya sampai mendekati 100%.
8. Uji campuran alkohol dan bensin (*biogasoline*), sebagai berikut:
 - *Density*
 - *Specific Gravity*
 - Titik nyala (*flash point*) dan titik bakar (*fire point*)
 - Nilai kalor bakar
9. Pengujian diulang sebanyak 3 kali untuk menghasilkan data yang terbaik.

3.2.2 Prosedur Pengujian Sifat Fisika Campuran Alkohol Dan Bensin (*Biogasoline*)

3.2.2.1 Pengujian *Density*

Adapun langkah-langkah penentuan *density* sampel adalah :

1. Mula-mula botol piknometer 25 ml yang kosong ditimbang. Setelah itu ke dalam piknometer tersebut dimasukkan sampel sampai penuh dan ditimbang kembali.
2. *Density* dihitung dengan rumus:

$$\rho = m / V_p$$

dimana:

m = massa (piknometer + sampel) – massa piknometer kosong

V_p = Volume piknometer (25 ml)

3. Pengujian diulang sebanyak 3 kali untuk menghasilkan data yang terbaik, untuk temperatur 15,5 °C (60 °F).

3.2.2.2 Pengujian *Specific Gravity*

Adapun langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut:

1. Massa jenis air diukur pada suhu 60 °F, sama seperti pengukuran densitas pada point 3.2.2.1 diatas.
2. Hitung *Specific Gravity* dengan rumus:

Specific Gravity

$$= \frac{\text{density_sampel_pd_60}^0\text{F}}{\text{density_air_pd_60}^0\text{F}} \quad (3.1)$$

3. Pengujian diulang sebanyak 3 kali untuk menghasilkan data yang terbaik.

3.2.2.3 *Flash Point Dan Fire Point*

Adapun langkah langkah pengujiannya adalah:

1. Sampel dimasukkan ke dalam cawan, kemudian letakkan cawan pada alat, tutupnya dipasang, stirrer dihubungkan dengan motor pengaduk, dan termometer dipasang dengan baik.
2. Setelah alat-alat dipasang dengan baik, maka stop kontak dipasang.
3. Nyala api pemandu (*pilot flame*) dinyalakan dari aliran bahan bakar gas dengan panjang nyala ± 4 mm dan disiapkan di mulut penutup celah (*shutter*).
4. Pemanas dinyalakan hingga suhu bahan bakar naik tidak lebih dari 5 °C per menit (prediksi dahulu karakteristik bahan bakar).
5. Alat penutup celah (*shutter*) dioperasikan sehingga api pemandu turun/masuk ke dalam cawan/cup dan biarkan ± 2 detik, setelah itu kembalikan *shutter* pada posisi semula.
6. Ulangi prosedur diatas untuk setiap kenaikan 4 °C/ menit hingga titik nyala / *flash point* tercapai.
7. Apabila saat api pemandu masuk kedalam cairan uap bahan bakar tersulut maka suhu yang terbaca pada thermometer adalah *flash point* bahan bakar uji.
8. Apabila saat api pemandu masuk kedalam cairan uap bahan bakar mati maka suhu yang terbaca pada thermometer adalah *fire point* bahan bakar uji.



9. Pengujian diulang sebanyak 3 kali untuk menghasilkan data yang terbaik.

3.2.2.4 Viskositas Kinematik

Sebagai Contoh dicari waktu alir rata-rata pada 70 dan 100 °F.

Viskositas Kinematik setiap temperatur adalah :

$$v \text{ (cS)} = 0.226t - 195t \quad (3.2)$$

dimana :

$$t = \text{waktu alir rata-rata (second)}$$

3.2.2.5 Nilai Kalor

Untuk memperoleh nilai kalor didapat dengan cara :

$$API \text{ Gravity} = \frac{141,5}{SG} - 131,5 \quad (3.3)$$

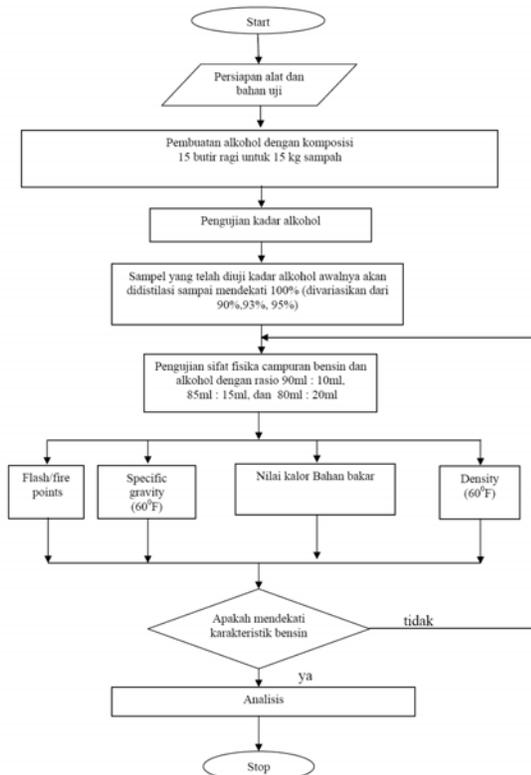
dimana

$$SG = \text{Specific Gravity}$$

Sehingga nilai kalor :

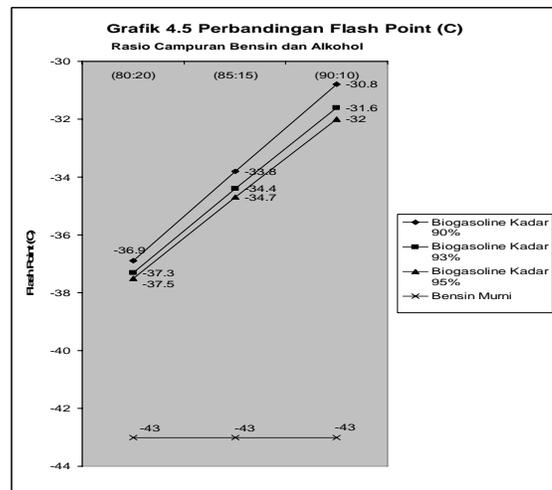
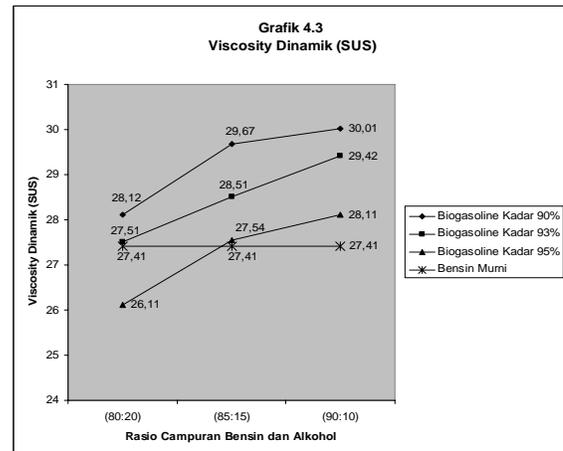
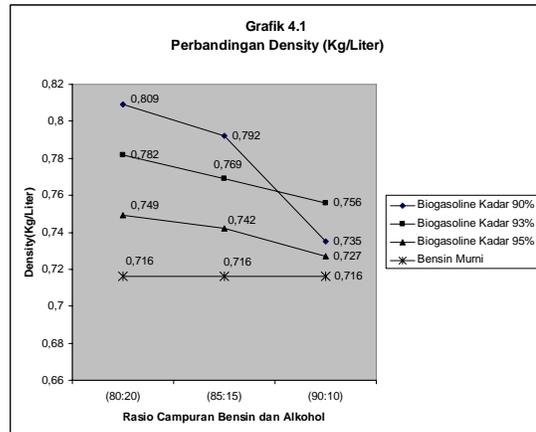
$$NK = 18.650 + 40 (\text{°API} - 10) \text{ BTU/lb.} \quad (3.4)$$

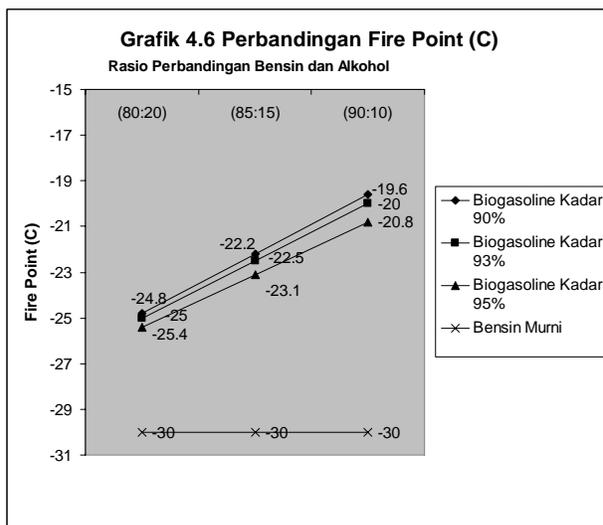
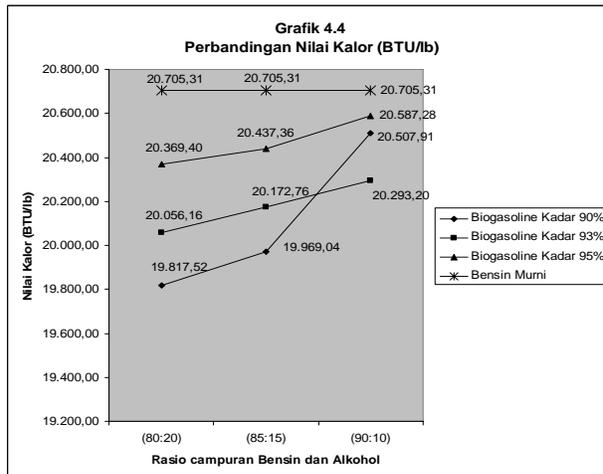
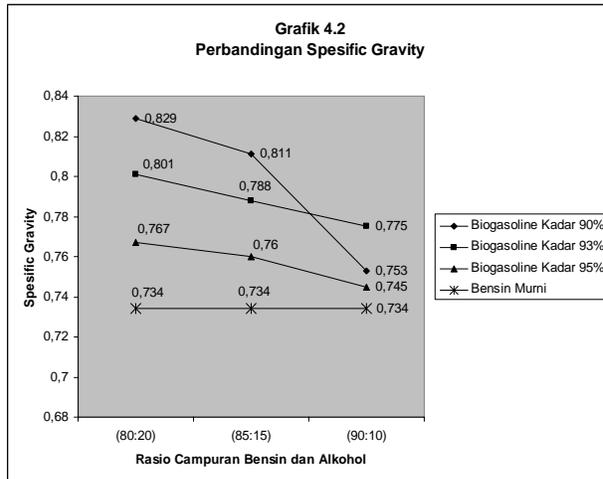
3.3 Diagram Alir Penelitian



4. Hasil dan Pembahasan

Dibawah ini ditampilkan grafik hasil perbandingan karakteristik fisika dari berbagai rasio campuran bensin dan alkohol pada biogasoline dengan bensin murni.





Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa diantara seluruh campuran biogasoline yang dihasilkan pada penelitian ini, biogasoline yang memiliki sifat-sifat fisika yang paling mendekati bensin murni adalah biogasoline hasil campuran antara bensin dan alkohol dengan rasio 90:10, dimana alkohol yang digunakan memiliki kadar kemurnian 95%.

5. Kesimpulan

Berdasarkan data dari hasil penelitian terhadap pengolahan sampah organik menjadi alkohol dan selanjutnya diolah menjadi biogasoline maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Ternyata sampah organik merupakan bahan baku yang dapat digunakan untuk membuat alkohol, sehingga dapat digunakan sebagai sumber bahan baku energi alternatif dimasa depan.
2. Hasil pengolahan sampah organik dapat menghasilkan alkohol khususnya etanol dengan kadar awal 11,30% sebanyak 2850 ml. Kemudian hasil fermentasi tersebut didistilasi sampai menghasilkan alkohol dengan kadar 90,30% sebanyak 485 ml; 93,14% sebanyak 320 ml; dan 95,42% sebanyak 215 ml.
3. Dari campuran bensin dan alkohol (biogasoline) yang dihasilkan, biogasoline yang memiliki sifat – sifat fisika paling mendekati atau masih berada dalam interval sifat – sifat fisika bensin murni dalah biogasoline dengan campuran bensin dan alkohol dengan perbandingan bensin 90 ml dan alkohol 10 ml, dimana alkohol yang digunakan adalah alkohol dengan kadar kemurnian 95%.

Ucapan Terima kasih

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penelitian ini. Terutama kepada teman – teman sejawat dan mahasiswa di Jurusan Teknik Mesin UNUD.

Daftar Pustaka

- [1] Antara. 2008. "Indonesia Negara Paling Boros Energi". ([Http :// www.antara.co.id](http://www.antara.co.id)). Tersedia: URL. (Diakses tanggal 2 September 2010).
- [2] Balitbang Jatim - Pusat Informasi & Teknologi. 2008. "Rekayasa Teknologi Pemurnian Alkohol". ([Http : // www.balitbangjatim.com](http://www.balitbangjatim.com)). Tersedia : URL. (Diakses tanggal 3 September 2010).



- [3] Cengel, Yunus A., dan Boles, Michael A. 1994. *Thermodynamic: An Engineering Approach*. Mc. Graw-Hill Inc., United States of America.
- [4] Chris Somerville. ""Development of Cellulosic Biofuels"" (PDF). U.S. Dept. of Agriculture. (Diakses tanggal 2 Juni 2010).
- [5] European Environment Agency.2006.How much bioenergy can Europe produce without harming the environment? EEA Report no. 7
- [6] Frank Keppler, John T. G. Hamilton, Marc Bra, and Thomas Röckmann. 2006. "Methane emissions from terrestrial plants under aerobic conditions". *Nature* 439: 187–191.
- [7] Handayani, Utami S.2008. Pemanfaatan Bio Etanol Sebagai Bahan Bakar Pengganti Bensin. Abstraksi. Program Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik. Semarang : Universitas Diponegoro.
- [8] Marshall, A. T. (2007) Bioenergy from Waste: A Growing Source of Power, *Waste Management World Magazine*, April, hal. 34-37.
- [9] Non-CO2 Gases Economic Analysis and Inventory: Global Warming Potentials and Atmospheric Lifetimes, U.S. Environmental Protection Agency, diakses 31 Juli 2010.
- [10] Wikipedia Indonesia. Ensiklopedia Bebas Berbahasa Indonesia. [Http://id.wikipedia.org/wiki/Etanol](http://id.wikipedia.org/wiki/Etanol).
- [11] Yeliana, (2004), Bahan Bakar dan Teknik Pembakaran Bahan Bakar, Diktat Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar.

