



## Uji sifat fisik dan kimia bioetanol dari jagung (*Zea mays L*)

H.S. Tira\*, I.M. Mara, Z. Zulfritri, M. Mirmanto

Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram, Jln. Majapahit No. 62 Mataram Nusa Tenggara Barat Kode Pos : 83125, Telp. (0370) 636087; 636126; ext 128 Fax (0370) 636087.

\*Email: hendrytira@unram.ac.id

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received 16 February 2018

Accepted 9 March 2018

Available online 1 July 2018

#### Keywords:

Bioethanol

Corn

Physical characteristics

Chemical characteristics



### ABSTRACT

*The aim of this research is to know the physical characteristics and chemical contents of corn bioethanol (*Zea Mays L.*). The bioethanol is produced by distillation process through variations in fermentation duration. The bioethanol produced then was tested in order to measure the physical characteristics and sulphur content. The measured physical and chemical characteristics of bioethanol were density, kinematic viscosity, flash and fire point and sulphur content. The results showed that the physical characteristic value and sulphur content of the bioethanol had close values compared to those of the standart. They were found in fermentation with duration of 70 hours under second distillation process. However a further research is still be required to obtain a suitable characteristic for transpostation purpose.*

### PENDAHULUAN

Pencarian sumber energi yang baru dan terbarukan terus dilakukan. Usaha tersebut terus berjalan karena paling tidak terdapat 2 faktor utama yaitu 1) sumber energi fosil yang mulai menipis, 2) polusi akibat pembakaran bahan bakar fosil yang membahayakan kesehatan dan lingkungan. Salah satu dampak merugikan dari pembakaran bahan bakar fosil adalah terjadinya perubahan iklim akibat pemanasan global. CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari proses pembakaran tersebut tidak dapat diuraikan secara maksimal oleh lingkungan sehingga akhirnya berakumulasi di atmosfer. Lapisan CO<sub>2</sub> yang tebal akhirnya menghalangi radiasi sinar matahari yang dipantulkan oleh permukaan bumi untuk kembali ke angkasa. Akibatnya terjadi pemantulan sinar matahari kembali ke permukaan bumi dan menyebabkan suhu bumi meningkat dibandingkan tahun-tahun sebelumnya (Roy dkk., 2012).

Dari berbagai sumber energi terbarukan yang kerap dieksploitasi adalah bioetanol. (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH). Bioetanol adalah cairan biokimia dari proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme (Romani dkk., 2012). Hasil dari proses pembakaran bioetanol sangat baik dalam hal kandungan emisi yang lebih rendah dibandingkan bahan bakar fosil (Park dkk., 2013). Disamping itu keunggulan lain adalah bahan baku yang relatif mudah untuk diperoleh. Namun demikian bioetanol sebelum digunakan pada kendaraan atau sebagai bahan bakar harus memenuhi standar tertentu yang telah ditetapkan. Namun sayangnya kualitas bioetanol, yang dinyatakan dalam karakteristik fisik dan kimia, sangat bervariasi dan bergantung pada bahan baku dan proses pembuatannya.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik fisik dan kimia tersebut dengan meneliti efek dari salah satu faktor penentu hasil

akhir bioetanol yaitu waktu fermentasi. Pada proses fermentasi sendiri terdapat banyak faktor yang menentukan namun dalam penelitian ini hanya akan ditekankan pada durasi fermentasi.

Diharapkan melalui penelitian ini akan diperoleh informasi yang berguna sekaligus akan menambah dan memperkaya pengetahuan kita tentang proses pembuatan bioetanol.

## METODE PENELITIAN

Untuk melaksanakan penelitian ini beberapa laboratorium digunakan seperti laboratorium teknologi hasil pertanian di jurusan teknologi hasil pertanian fakultas pertanian unram untuk menguji densitas, laboratorium transportasi jurusan teknik sipil fakultas teknik unram untuk menguji viskositas, *flash point* dan *fire point*, dan laboratorium kimia analitik fakultas MIPA unram untuk menguji kandungan belerang.

Proses membuat bioetanol dimulai dari memasak tepung jagung yang dicampur air sebanyak 10 liter selama 1 jam pada suhu 110°C. Kemudian tahapan *liquefaction* dilakukan dengan menambahkan 1,5 gram enzim *alpha-amylase* pada bubur jagung (*mash*) pada suhu 95°C. setelah *mash* mencapai suhu 55°C kemudian ditambahkan enzim *gluco-amylase* yang merupakan tahapan *saccharification*. Proses selanjutnya adalah memberikan ragi (*yeast*) sebanyak 1 gram tiap 6,5 kg jagung setelah *mash* mencapai suhu 30°C. Setelah proses di atas kemudian fermentasi dilakukan dengan variasi waktu selama 50, 70, dan 90 jam. Cairan hasil fermentasi kemudian didistilasi pada suhu 78°C pada tekanan 300 mbar selama 1 jam.

Pengujian densitas bioetanol dilakukan pada suhu 60°F (15,5°C) dengan cara ditimbang pada timbangan analitik yang mana selanjutnya menghitung densitas menggunakan persamaan, Sontag (1997):

$$\rho_{\text{bioetanol}} = \frac{m_{\text{bioetanol}}}{v_{\text{bioetanol}}} \quad (1)$$

Pengujian viskositas bioetanol dari jagung dilakukan tiga kali pengulangan, kemudian diambil rata-ratanya. Pengujian dilakukan menggunakan *Saybolt viscosimeter* dengan standar pengujian ASTM D 88. Data yang diperoleh dari alat ini adalah viskositas kinematik dari bioetanol tersebut.

Derajat viskositas dinyatakan dalam waktu alir (detik) yang diperlukan untuk menghabiskan sejumlah fluida dengan volume tertentu, melalui suatu pipa yang mempunyai ukuran tertentu pada kondisi standar dibandingkan dengan waktu alir air murni pada temperatur standar. Dalam penelitian ini digunakan alat *Saybolt Viskometer Universal*.

Viskositas diukur dengan SSU (*Second Saybolt Universal*) pada temperatur 100°F (38°C).

Selanjutnya viskositas kinematiknya dapat diperoleh melalui persamaan berikut, Tjokrowisastro dan Harmadi (1990):

Jika  $32 < \text{SSU} < 100$  maka:

$$v = 0,00226 \cdot \text{SSU} - \frac{1,95}{\text{SSU}} \quad (\text{cSt}) \quad (2)$$

Jika  $\text{SSU} > 100$  maka:

$$v = 0,00220 \cdot \text{SSU} - \frac{1,35}{\text{SSU}} \quad (\text{cSt}) \quad (3)$$

*Flash Point* adalah temperatur pada keadaan dimana uap di atas bahan bakar akan terbakar dengan cepat (meledak) apabila nyala api didekatkan padanya. Sedangkan *Fire point* adalah temperatur pada keadaan dimana uap di atas permukaan bahan bakar terbakar secara kontinyu apabila nyala api didekatkan padanya. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *Flash and Fire Point Tester* dengan standar pengujian ASTM D 93.

Sebelum melakukan percobaan bioetanol dari jagung yang akan diuji didinginkan terlebih dahulu dengan menggunakan es di dalam sebuah wadah. Setelah 30 menit suhu bioetanol dapat mencapai 10°C, kemudian dilakukan pengujian titik nyala (*flash point*) dan titik bakar (*fire point*) dengan alat *flash and fire point tester*.

Untuk mendapatkan karakteristik fisik dan kimia di atas, pengujian dilakukan dengan memvariasikan lamanya fermentasi yaitu selama 50, 70, dan 90 jam. Selanjutnya proses distilasi dilakukan pada suhu 78°C selama 60 menit. Proses distilasi dilakukan sebanyak 2 kali yang kemudian disebut distilasi I dan distilasi II.

Alat yang digunakan untuk mengukur kandungan belerang (S) suatu bahan bakar adalah *Spectrofotometer* tipe UV-200-RS menurut standar pengujian ASTM D-4294. Bioetanol dari jagung sebelum diukur kandungan belerangnya dengan *spectrofotometer* terlebih dahulu dilarutkan dalam asam kuat, dimana pelarut asam kuat yang digunakan disini adalah HNO<sub>3</sub> (*asam nitrat*) yaitu sebanyak 0,5 ml dan 10 ml bioetanol dari jagung. Setelah itu dari campuran tadi kemudian ditambah larutan *acid seed* (K<sub>2</sub>CIO<sub>4</sub> 400 ml + HCl 500 ml) sebanyak 1 ml dan BaCl<sub>2</sub> 25 % sebanyak 1 ml. Tujuan ditambahkannya BaCl<sub>2</sub> agar terbentuk senyawa BaSO<sub>4</sub>, dimana senyawa BaSO<sub>4</sub> inilah yang dibaca pada alat *spectrofotometer* tersebut. Keseluruhan campuran di atas ditaruh didalam cawan untuk dijadikan sampel yang diukur kandungan belerangnya.

Selanjutnya kandungan belerang (S) dapat diperoleh melalui persamaan, Sontag (1997):

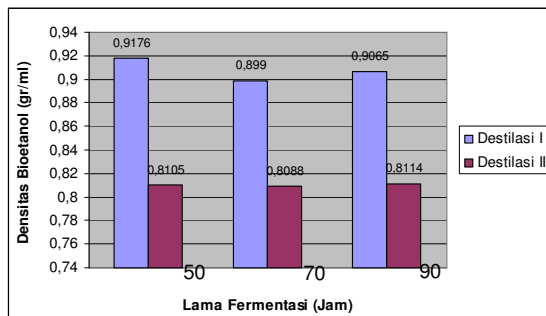
$$\text{Konsentrasi } S = \frac{\text{absorben sampel}}{\text{absorben std}} \times \text{konsentrasi std} \quad (4)$$

Dimana : - Absorben Standar = 0,157 mg/ltr  
- Konsentrasi Standar = 4 mg/ltr

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Densitas

Pengujian karakteristik fisik bioetanol seperti densitas dilakukan terhadap bioetanol yang diperoleh dari proses distilasi I dan II. Hasil pengujian densitas tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Densitas bioetanol dari jagung

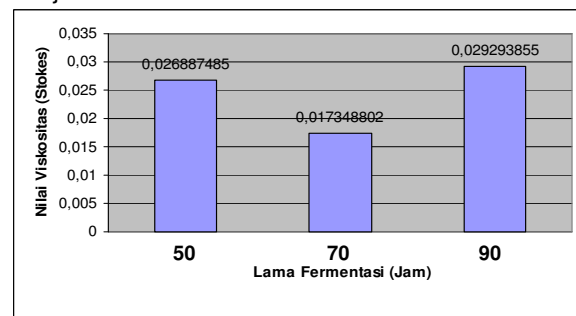
Nilai densitas bioetanol jagung dipengaruhi oleh lamanya fermentasi baik yang terjadi pada proses distilasi I dan II. Proses fermentasi selama 70 jam memberikan hasil nilai densitas bioetanol yang terendah dibandingkan pada 50 dan 90 jam waktu fermentasi. Selanjutnya nilai densitas dimulai dari terkecil adalah 70, 90 dan 50 jam dan 70, 50 dan 90 jam berturut-turut untuk proses distilasi I dan II.

Nilai densitas bioetanol menurun seiring bertambahnya kadar alkohol dalam bioetanol. Hanya saja terjadi sedikit perbedaan pada distilasi II dimana densitas bioetanol pada fermentasi 90 jam (kadar bioetanol 87%) nilainya lebih besar dari densitas bioetanol pada fermentasi 50 jam (kadar bioetanol 85%). Hal ini disebabkan karena pada fermentasi 90 jam sebelum dilakukan distilasi II, cairan hasil distilasi I dicampur dengan batu gamping (CaO). Namun karena perbedaannya sangat kecil sehingga tetap dikatakan bahwa nilai densitas berbanding terbalik dengan kadar bioetanol sebagaimana yang terlihat pada distilasi I. Kemudian jika diperhatikan densitas bioetanol hasil distilasi II lebih kecil dibandingkan dengan densitas bioetanol hasil distilasi I. Ini menunjukkan bahwa densitas dipengaruhi oleh kadar bioetanol yang dihasilkan sedangkan kadar bioetanol dipengaruhi oleh proses distilasi yang dilakukan secara berulang

Namun demikian nilai densitas yang dihasilkan pada penelitian ini masih di atas bioetanol standar. Nilai densitas bioetanol standar sebesar 0,792 gr/ml dengan kadar bioetanol sekitar 99,6% sedangkan nilai densitas hasil penelitian ini yang mendekati nilai densitas bioetanol standar terjadi pada kadar 90% dengan densitas sebesar 0,8088 gr/ml. Densitas yang terlalu besar akan berpengaruh pada besarnya viskositas sehingga semakin besar densitas yang dihasilkan bioetanol maka berpengaruh pada tekanan injeksi bahan bakar (Fang dkk., 2009).

### Viskositas kinematik

Hasil pengamatan viskositas kinematik disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Viskositas kinematik rata-rata bioetanol dari jagung pada distilasi II

Gambar 2 memperlihatkan nilai rata-rata viskositas kinematik bioetanol dari jagung. Nilai terbesar berturut-turut dimulai dari proses fermentasi 90, 50, dan 70 jam. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar alkohol pada bioetanol akan mengakibatkan nilai viskositas kinematik semakin rendah. Hanya saja terjadi sedikit perbedaan pada distilasi II dimana viskositas kinematik bioetanol pada fermentasi 90 jam (kadar bioetanol 87%) nilainya lebih besar dari viskositas kinematik bioetanol pada fermentasi 50 jam (kadar bioetanol 85%). Hal tersebut dikarenakan densitas yang dihasilkan pada fermentasi 90 lebih besar dari fermentasi 50 jam, dimana gaya tarik menarik (gaya kohesi) antar molekul dalam partikelnya akan semakin besar, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi tabung penampung semakin lama. Hal ini juga disebabkan karena viskositas menunjukkan ketahanan atau resistensi zat cair terhadap aliran, sehingga semakin besar waktu yang diperlukan suatu bahan bakar minyak (bioetanol) mengalir dari *viscosimeter* untuk memenuhi tabung penampung, maka semakin besar pula viskositas bahan bakar minyak (bioetanol) tersebut. Namun karena perbedaannya sangat kecil sehingga tetap dikatakan bahwa nilai

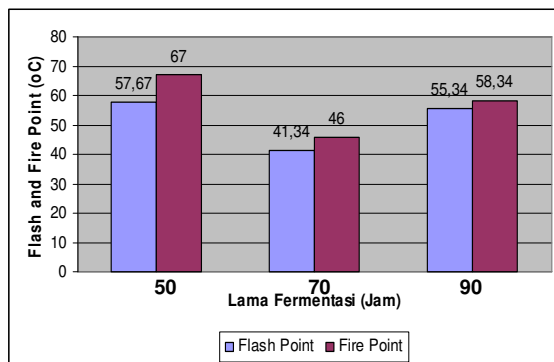
viskositas kinematik berbanding terbalik dengan kadar bioetanol.

Pada penelitian ini, nilai viskositas kinematik pada hasil distilasi I tidak dapat ditentukan karena waktu yang dibutuhkan oleh cairan bioetanol untuk memenuhi tabung penampung terlalu cepat. Nilai *Saybolt Universal* yang diijinkan adalah  $32 < SSU < 100$  dan  $SSU > 100$  (Tjokrowisastro dan Harmadi, 1990). Sementara SSU (*Second Saybolt Universal*) yang didapatkan pada distilasi I di bawah harga *Saybolt Universal* yang diijinkan. Hal ini dikarenakan pada distilasi I kadar alkohol yang dihasilkan masih rendah sehingga tahanan geser pada bioetanol hasil distilasi I lebih kecil. Oleh karena pengaruh gravitasi menyebabkan bioetanol hasil distilasi I dengan mudah atau lebih cepat jatuh ke tabung sehingga waktu yang diperoleh lebih pendek. Hal ini juga diakibatkan oleh gaya kohesi antara molekul zat cair.

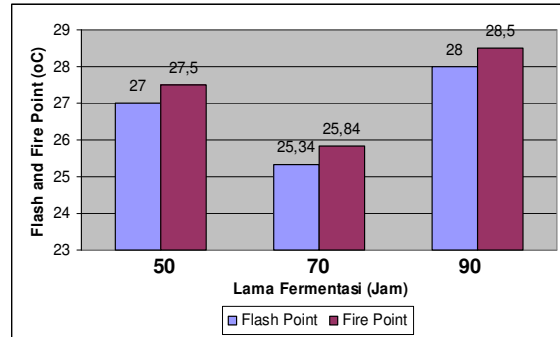
Dalam percobaan untuk menghitung nilai viskositas air, diperoleh bahwa waktu yang dibutuhkan air untuk memenuhi tabung penampung lebih cepat dari pada bioetanol. Hal ini disebabkan karena air memiliki densitas yang lebih besar dari densitas bioetanol. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa kadar air yang terkandung dalam bioetanol akan mempengaruhi besarnya viskositas kinematik dari bioetanol.

#### Titik nyala dan titik bakar (*Flash dan fire point*)

Hasil pengamatan *flash* dan *fire point* bioetanol dari jagung dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. *Flash and fire point* rata-rata bioetanol dari jagung pada distilasi I



Gambar 4. *Flash and fire point* rata-rata bioetanol dari jagung pada distilasi II

Titik nyala (*flash point*) dan titik bakar (*fire point*) dipengaruhi oleh proses penguapan, dimana semakin cepat bahan bakar itu menguap maka titik nyala/*flash point* dan titik bakar/*fire point*nya akan semakin rendah. Proses penguapan adalah proses perubahan zat cair menjadi gas. Pada dasarnya semua zat mengalami penguapan pada temperatur yang berbeda-beda. Proses penguapan zat cair itu dipengaruhi oleh kerapatan (densitas) molekul penyusunnya, dimana semakin tinggi kerapatan (densitas) molekul penyusunnya maka semakin sulit zat cair tersebut untuk menguap. Pada pengujian ini bioetanol yang dihasilkan dari fermentasi 50 jam distilasi I memiliki kerapatan (densitas) yang paling besar yaitu 0,9176 gr/ml sehingga lebih sulit menguap daripada bioetanol yang dihasilkan pada fermentasi 70 dan 90 jam yang memiliki kerapatan (densitas) sebesar 0,8990 dan 0,9065 gr/ml. Oleh karena itu titik nyala (*flash point*) dan titik bakar (*fire point*) akan semakin kecil seiring dengan bertambahnya kadar bioetanol karena semakin besar kadar bioetanol, maka kerapatan (densitas) akan semakin kecil.

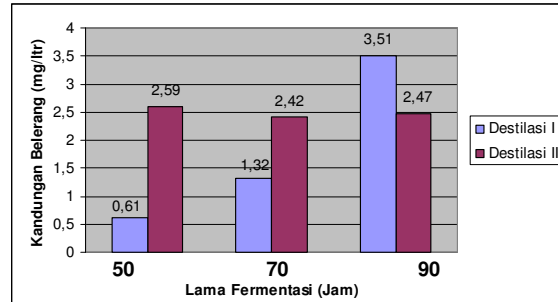
Terjadi sedikit perbedaan nilai titik nyala (*flash point*) dan titik bakar (*fire point*) pada distilasi II. Sebagaimana yang telah diutarakan pada pembahasan pengujian densitas, bioetanol dengan kadar 87% densitasnya lebih kecil dari densitas bioetanol dengan kadar 85%. Namun karena perbedaannya sangat kecil sehingga tetap dikatakan bahwa nilai densitas berbanding terbalik dengan kadar bioetanol. Oleh karena itu, pada pengujian *flash and fire point* ini, bioetanol yang dihasilkan dari fermentasi 90 jam distilasi II memiliki kerapatan (densitas) yang paling besar yaitu 0,8114 gr/ml sehingga lebih sulit menguap daripada bioetanol yang dihasilkan pada fermentasi 50 dan 70 jam yang memiliki kerapatan (densitas) sebesar 0,8105 dan 0,8088 gr/ml. Oleh karena itu titik nyala (*flash point*) dan titik bakar (*fire point*) akan semakin kecil seiring dengan bertambahnya kadar bioetanol karena semakin

besar kadar bioetanol, maka kerapatan (densitas) akan semakin kecil.

Namun kadar bioetanol yang didapat dari hasil penelitian ini tidak begitu besar perbedaannya dan kadarnya masih di bawah bioetanol standar sehingga mempengaruhi besarnya *flash and fire point*. Kadar bioetanol standar sekitar 99,6% dengan *flash point* sebesar 55°F atau 12,8 °C Sedangkan *flash point* terkecil yang didapat dari penelitian ini dihasilkan oleh fermentasi 70 jam setelah distilasi II yaitu sebesar 25,34°C dan 25,84°C untuk nilai *fire pointnya*. Sehingga dapat diartikan bahwa dengan bertambahnya kadar bioetanol maka semakin rendah titik nyala/*flash point* bioetanol dan semakin rendah pula titik bakar/*fire pointnya*. Hal ini akan mengakibatkan bioetanol kurang mudah menguap.

### Kandungan Belerang

Hasil pengujian kandungan belerang disajikan pada Gambar 5. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kandungan belerang bioetanol hasil distilasi II secara umum lebih besar dibandingkan dengan kandungan belerang bioetanol hasil distilasi I. Hal ini disebabkan karena fraksi (kandungan) air pada distilasi II lebih rendah dari distilasi I, sehingga persentase analisisnya akan menjadi lebih kecil. Hal lain adalah karena dalam media fermentasi terjadi perubahan-perubahan kimia dalam suatu substrat organik yang terjadi karena aksi katalisator-katalisator biokimia yaitu enzim yang dihasilkan oleh mikroba-mikroba hidup tertentu yang meliputi ragi, kapang, dan bakteri, dimana harus tersedia nutrisi yang dapat menunjang pertumbuhan sel seperti unsur oksigen, karbon, nitrogen dan hidrogen serta unsur pospor, sulfur, kalium dan magnesium dalam jumlah sedikit yang umumnya tersedia dalam sumber karbohidrat (Limayem, 2012). Namun demikian, pada fermentasi 90 jam distilasi I, kandungan belerang yang dihasilkan lebih besar dari pada fermentasi 90 jam pada distilasi II. Hal ini disebabkan karena cairan hasil fermentasi 90 jam distilasi I diberikan batu gamping (CaO) yang berfungsi sebagai pengikat air sebelum dilakukannya distilasi lebih lanjut.



Gambar 5. Kandungan belerang (S) bioetanol dari jagung

Kandungan belerang (S) yang diperoleh pada pengujian ini jauh di bawah standar bahan bakar cair jenis bensin dan solar yaitu 0,000032% sementara kandungan belerang (S) maksimum yang diijinkan pada bensin sebesar 0,2% dan 0,005-0,25% pada minyak solar. Kandungan belerang yang sangat kecil akan berdampak baik pada mesin maupun kesehatan. Dalam proses pembakaran belerang akan teroksidasi oleh oksigen menjadi belerang oksida ( $SO_2$ ) dan belerang trioksida ( $SO_3$ ). Sifat dari oksida ini apabila berkontak dengan air akan menjadi bahan yang merusak atau korosif terhadap logam-logam di dalam ruang bakar dan sistem gas buang (Sontag, 1997). Selain itu, belerang dapat memberikan pengaruh signifikan terhadap usia mesin dan sangat signifikan terhadap terbentuknya emisi partikulat (PM). *Particulate Matter* (PM) adalah pencemar yang apabila masuk ke dalam sistem pernafasan dapat menyebabkan bronchitis, asma, gangguan kardiovaskular dan berpotensi menyebabkan kanker (Agarwal dkk., 2011).

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin tinggi kadar alkohol bioetanol maka densitasnya akan semakin kecil yang mana hal tersebut dicapai pada proses fermentasi 70 jam.
2. Nilai viskositas kinematik juga mengikuti densitasnya. Viskositas kinematik terkecil diperoleh pada fermentasi 70 jam pada distilasi II. Namun demikian nilai viskositas kinematik dari distilasi I tidak dapat ditentukan karena kadar air masih terlalu besar.
3. Nilai flash dan fire point tertinggi diperoleh pada hasil fermentasi 70 jam dan distilasi II karena pada kondisi ini nilai alkoholnya tinggi.
4. Kandungan belerang akan semakin berkurang dengan melakukan distilasi berulang (distilasi II) dan pada proses fermentasi 50 jam.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal A.K., Gupta T., Kothari A., 2011, Particulate emissions from biodiesel vs diesel fuelled compression ignition engine, *Renewable and Sustainable Energi Reviews*, 15, 3278-3300.
- Fang Q., Fang J., Zhuang J., Huang Z., 2013, Effects of ethanol-diesel-biodiesel blends on combustion and emissions in premixed low temperature combustion, *Applied Thermal Engineering*, 54, 541-548.
- Limayem A., Ricke S.C., 2012, Lignocellulosic biomass for bioetanol production: current perspective, potential issues and future prospects, *Progress in Energi and Combustion Science*, 38, 449-467.
- Park S.H., Yoon S.H., Lee C.S., 2013, HC and CO emissions reduction by early injection strategy in a bioetanol blended diesel-fueled engine with a narrow angle injection system, *Applied Energi*, Vol. 107, 81-88.
- Romani A., Garrote G., Parajo J.C., 2012, Bioetanol production from autohydrolyzed eucalyptus globules by simultaneous saccharification and fermentation operating at high solids loading, *Fuel*, 94, 305-312.
- Roy P., Orikasa T., Ken T., Nakamura N., Shiina T., 2012, Evaluation of life cycle of bioetanol produced from rice straws, *Bioresource Technology*, 110, 239-244.
- Sontag R.E., 1997, *Thermodynamics and Transport Properties*, Jhon Wiley & Sons Inc, New York.
- Tjokrowisastro, Harmadi E., 1990, *Teknik Pembakaran Dasar dan Bahan Bakar*, ITS, Surabaya.