

PEMBUATAN BIODIESEL DARI KELAPA DENGAN METODE KERING

Yesung Allo Padang*, Mirmanto**

*, ** Dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Mataram NTB, Jl. Majapahit no 62 Mataram

ABSTRACT

Producing biodiesel by dry method has been conducted in the Laboratory of Energy Conversion, Mechanical Engineering Department, Mataram University. In the conventional method, coconut flesh is scrubbed and then squeezed to separate the coconut milk then from this milk obtained oil. In dry method, the flesh is cut in to small pieces then cook in the sealed container. Its vapor is collected, condensed and eventually oil is produced. By transesterification process biodiesel is obtained. The combination of metanol : coconut oil is varied as follow : 10 (K0), 1:10 (K10), 2:10 (K20), dan 3:10 (K30).

Biodiesel produced is then tested to evaluate its specific gravity, kinematic viscosity, flash point and calorific value. The result show that increased methanol concentration reduced specific gravity, kinematic viscosity, flash point and calorific value. Specific gravity for K0, K10, K20, and K30 in the transesterification process are 0.864, 0.851, 0.849, and 0.843, respectively. Kinematic viscosity for K0, K10, K20, and K30 are 5.65 mm²/s, 4.80 mm²/s, 4.29 mm²/s, and 3.52 mm²/s, respectively. Flash point for K0, K10, K20, and K30 are 62.33°C, 58.67°C, 54.67°C, and 52°C. Calorific value for K0, K10, K20, and K30 are 19601.842 Btu/lb, 19105.375 Btu/lb, 17803.337 Btu/lb, and 16548.844 Btu/lb.

Keywords : dry method, transesterification, biodiesel, flash point.

1. PENDAHULUAN

Bahan bakar fosil di muka bumi ini dikeruk setiap saat padahal cadangannya terbatas sehingga suatu saat pasti akan habis. Sekarang saja harga minyak dunia tidak menentu dan pemerintah dipusingkan dengan sistem subsidi yang diterapkan. Maka krisis BBM pun terjadi. Untuk mengatasinya, pemerintah mengeluarkan kebijakan penghematan BBM yang dituangkan dalam Instruksi Presiden No. 10 tahun 2005. Inpres ini mengatur tentang langkah-langkah yang harus dilakukan dalam rangka penghematan BBM. Selain upaya penghematan, maka upaya untuk mengatasi krisis BBM juga dapat dilakukan dengan mengalihkan pemanfaatan energi fosil kepada energi yang terbarukan (*renewable energy*).

Bahan bakar minyak (BBM) yang ada dipasaran dunia disintesa dari produk petrokimia yang berbahan baku minyak bumi. Ketersediaan minyak bumi sangat terbatas dan merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui, sehingga harganya akan semakin meningkat. Indonesia yang dikenal sebagai salah satu pengeksport minyak bumi kini telah mengimpor bahan bakar minyak, karena produksi dalam negeri tidak dapat lagi memenuhi permintaan pasar yang terus meningkat cepat akibat pertumbuhan penduduk dan industri.

Salah satu solusi untuk berbagai hal tersebut adalah penggunaan bahan bakar biodiesel. Biodiesel adalah bahan bakar untuk mesin diesel

yang diproduksi dari minyak nabati, limbah minyak goreng ataupun minyak hewan.

Kelapa merupakan sumber daya alam yang sangat potensial bisa dijadikan biodiesel untuk pemenuhan kebutuhan bahan bakar minyak. Kelapa banyak terdapat di negara-negara Asia dan Pasifik yang menghasilkan 5.276.000 ton (82%) produksi dunia dengan luas ± 8.875.000 ha (1984) yang meliputi 12 negara, sedangkan sisanya oleh negara di Afrika dan Amerika Selatan. Indonesia merupakan negara perkelapaan terluas (3.334.000 ha tahun 1990) yang tersebar di Riau, Jateng, Jabar, Jatim, Jambi, Aceh, Sumut, Sulut, NTT, Sulteng, Sulsel dan Maluku, tapi produksi dibawah Philipina (2.472.000 ton dengan areal 3.112.000 ha), yaitu sebesar 2.346.000 ton. (Annas, 2007).

Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar cair untuk mesin diesel yang terdiri dari ester-ester metil atau etil asam-asam lemak yang dibuat dari sembarang sumber daya hayati. Produk ini umumnya dibuat melalui reaksi metanolisis atau etanolisis minyak lemak nabati atau hewani dengan alkohol (metanol atau etanol). Produk samping reaksi ini adalah gliserol, suatu bahan kimia yang berpangsa pasar besar.

Dari penelitian ini juga diharapkan memperbaiki proses pembuatan minyak kelapa yang selama ini dilakukan dengan cara basah, pengepresan dan ekstraksi pelarut yang mana rendemennya sangat rendah serta cara basah lava proses akan terpengaruh dengan zat-zat kimia (Tarwiyah K, 2001; Baswardojo D, 2005). Proses

yang sudah biasa digunakan tersebut diganti dengan metode kering. Yang dimaksud metode kering di sini adalah pemanasan pada suhu tinggi tanpa kehadiran udara atau oksigen. Ini merupakan istilah lain dari pirolisis. Menurut Tarwiyah Kemal (2001) pirolisis adalah pembakaran tidak sempurna pada tempurung kelapa menyebabkan senyawa karbon kompleks tidak teroksidasi menjadi karbon dioksida. Pada proses ini semua senyawa cairan penyusun kelapa akan teruapkan dan sisanya berupa arang daging kelapa. Cara ini sangat sederhana dan mudah ditiru karena hanya terdiri dari proses pemanasan suhu tinggi dan kondensasi. Permasalahannya adalah bagaimana sifat fisis dari biodiesel hasil metode tersebut?

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pembuatan biodiesel kelapa sudah dilakukan di Marshall Island (salah satu negara di Pasifik), prosesnya tanpa esterifikasi dan dapat digunakan mulai dari B-70, B-80, dan B-100 tanpa menimbulkan kerusakan pada mesin. Proses pembuatannya singkat yaitu dengan penyaringan bertingkat. Di negara tersebut, pada saat ini, penggunaan biodiesel sudah mencapai 40% kendaraan bermotor dan kapal nelayan serta semua *motorboat* pariwisata (Allorerung, 2006).

Proses pembuatan biodiesel dari minyak tumbuh-tumbuhan dinamakan proses transesterifikasi. Transesterifikasi adalah perubahan bentuk dari suatu bentuk ester ke molekul lainnya. Minyak tumbuh-tumbuhan mengandung 3 ester yang saling berikatan dengan molekul gliserin. Kira-kira sebanyak 20% dari minyak tumbuh-tumbuhan mengandung gliserin. Gliserin ini menyebabkan minyak tumbuh-tumbuhan kental dan lengket. Dengan proses transesterifikasi gliserin itu dipisahkan sehingga membuat minyak tumbuh-tumbuhan tadi encer atau viskositasnya menurun.

Reaksi transesterifikasi minyak tumbuhan dengan alkohol secara umum akan menghasilkan alkil ester, jika alkohol yang digunakan adalah metanol maka ester yang dihasilkan disebut dengan metil ester namun jika alkohol yang digunakan adalah etanol maka ester yang dihasilkan disebut dengan etil ester. terlepas dari jenis alkohol yang digunakan dalam reaksi trans-esterifikasi, reaksi ini selalu merupakan pemecahan setiap molekul trigleserida menjadi tiga ester dan satu molekul gliserin dan masing-masing molekul ester akan berkaitan dengan alkohol sehingga dari satu molekul trigliserida diperoleh tigamolekul alkil ester.

Trigliserida mengandung 3 gugus ester tiap molekulnya sehingga peluang untuk pertukaran tersebut cukup banyak. Gugus asli dapat bertukar posisi dalam satu posisi dalam satu molekul gliserida atau diantara molekul trigliserida. Biodiesel diperoleh dengan memisahkan ester

minyak tumbuh-tumbuhan dan molekul gliserin. Ester ini merupakan unsur dasar pembentuk biodiesel. dalam reaksi transesterifikasi molekul gliserin akan digantikan dengan alkohol.

Untuk memecah trigliserida diperlukan sebuah katalis yang merupakan zat yang memulai suatu reaksi. katalis yang memungkinkan untuk digunakan dalam reaksi transesterifikasi minyak tumbuh-tumbuhan dengan alkohol adalah Natrium hidroksida (NaOH) atau potasium hidroksida (KOH). Natrium hidroksida berupa zat berwarna putih yang sering juga disebut dengan caustik soda atau larutan alkali (lye). kedua jenis katalis ini dapat merusak kulit, mata, paru-paru, dan juga berbahaya jika tertelan. Hasil akhir dari proses tersebut adalah biodiesel. Kelebihan dari biodiesel adalah diantaranya tidak beracun, mempunyai bilangan setana yang tinggi dan dapat mengurangi emisi gas buang seperti karbon monoksida, Nox dan hidrokarbon (Haryanto, 2002).

Specific gravity

Specific gravity atau berat jenis adalah perbandingan berat bahan bakar minyak terhadap berat air pada volume dan temperatur yang sama. Penggunaan specific gravity adalah untuk mengukur berat/massa minyak bila volumenya telah diketahui. Bahan bakar minyak umumnya mempunyai specific gravity antara 0.74 - 0.96. Specific gravity diukur pada suhu 60⁰ F atau sekitar 15,6⁰ C, kecuali asphalt pada suhu 77⁰ F atau 25⁰ C. (Tjokrowisastro, dkk. 1990). Specific gravity dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Specific Gravity} : SG = \frac{\rho_{bb}}{\rho_{air}} \dots\dots\dots(1)$$

ρ_{bb} = massa jenis bahan bakar (gr/ml)

ρ_{air} = massa jenis air aquadest (gr/ml)

Viskositas

Viskositas menyatakan besarnya perlawanan/hambatan dari suatu bahan cair untuk mengalir atau ukuran besarnya tahanan geser dari bahan cair. Makin tinggi viskositas minyak akan makin kental dan lebih sulit mengalir, demikian sebaliknya. Viskositas bahan bakar minyak sangat penting artinya, terutama bagi mesin-mesin diesel maupun ketel ketel uap, karena viskositas minyak sangat berkaitan dengan suplay konsumsi bahan bakar kedalam ruang bakar dan juga sangat berpengaruh terhadap kesempurnaan proses pengkabutan (*atomizing*) bahan bakar melalui injector. Bilamana Viskositas terlalu tinggi maka proses atomizing akan terganggu karena kecenderungan bahan bakar yang mempunyai viskositas tinggi akan sulit dikabutkan, sedangkan untuk bahan bakar yang mempunyai viskositas rendah dapat menimbulkan gerusan dalam ruang bakar karena gerakan piston dalam prosesnya

membutuhkan pelumasan. Viskositas suatu bahan bakar minyak bisa diukur dengan menggunakan *Saybolt Viskometer Universal*. Dalam alat ini, viskositas diukur dengan SSU (*Second Saybolt Universal*) pada temperatur 100°F (38°C), selanjutnya nilai viskositas kinematiknya dapat dihitung menggunakan persamaan:

Jika $32 < t < 100$, maka

$$v = 0,00226 \cdot t - \frac{1,95}{t} \dots\dots\dots(2)$$

Jika $t > 100$, maka

$$v = 0,00220 \cdot t - \frac{1,35}{t} \dots\dots\dots(3)$$

dimana t adalah waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi tabung 60 ml dalam satuan detik (Tjokrowisastro,dkk. 1990).

Flash And Fire Point

Flash point adalah temperatur pada keadaan dimana uap diatas 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.

Flash point dan *fire point* dipakai untuk mengetahui kestabilan bahan bakar terhadap kemungkinan menyala atau terbakar, juga untuk pertimbangan cara penanganan atau penyimpangan serta pengiriman yang aman. Alat yang digunakan untuk mengetahui *flash* dan *fire point* bahan bakar cair adalah *flash and fire point tester*

Nilai Kalor

Tujuan dari analisa nilai kalor suatu bahan bakar adalah dimaksudkan untuk memperoleh data tentang energi kalor yang dapat dibebaskan oleh suatu bahan bakar dengan terjadinya reaksi/proses pembakaran. Ditinjau dari metodenya, maka analisa ini dibedakan atas metode eksperimental dan metode teoritis dimana pada metode yang disebutkan terakhir dipergunakan perumusan yang bersifat empirik atau semi empirik dari hasil beberapa rangkaian eksperimen (Tjokrowisastro,dkk. 1990).

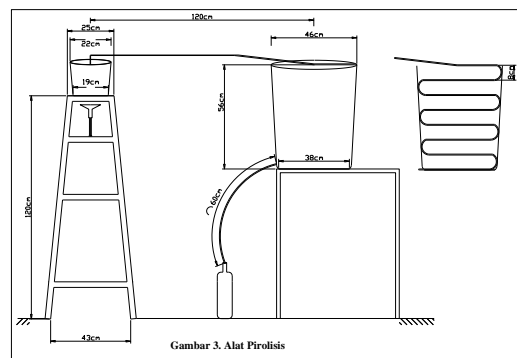
Dalam analisa nilai kalor dikenal istilah nilai kalor atas dan nilai kalor bawah. Nilai kalor atas adalah kalor yang dihasilkan oleh pembakaran sempurna suatu satuan berat bahan bakar padat atau cair, atau satu satuan volume bahan bakar gas dalam tekanan tetap pada suhu 25°C. Sedangkan

nilai kalor bawah adalah kalor yang besarnya sama dengan nilai kalor atas dikurangi perkalian antara masa air terkondensasi yang tertampung dalam *bomb calorimeter* dengan panas laten penguapan H₂O diukur pada suhu 25°C

3. METODE PENELITIAN

Alat pengujian meliputi alat untuk proses transesterifikasi, viscometer, alat uji specific gravity, alat uji flash point dan fire point, serta bomb kalorimeter. Sedangkan bahan yang dipakai meliputi daging kelapa segar, KOH, metanol dan minyak tanah.

Mula-mula daging kelapa segar dipotong kecil-kecil seperti dadu dengan ukuran kurang lebih 2 cm. Daging lalu dimasukkan ke panci kedap udara, lalu ditutup dengan rapat. Panci dipanaskan di atas kompor berbahan bakar minyak tanah. Daging kelapa segar agar terpengang dan melepaskan minyak bersamaan dengan air yang terkandung di dalamnya. Pada ujung atas panci terdapat lubang yang dihubungkan dengan pipa menuju ke bak air, sehingga ketika uap tersebut melewatinya maka uap akan mencair kembali. Cairan tersebut lalu ditampung. Karena cairan ini masih mengandung air, maka dapat dipisahkan dengan mudah karena air dan minyak tidak menyatu. Untuk memastikan minyak tidak mengandung arang atau endapan lainnya maka disaring dengan menggunakan kain yang sangat halus.



Gambar 1 Skema alat ekstrak minyak kelapa dengan metode kering

Pada penelitian ini, biodiesel dihasilkan dengan cara mereaksikan minyak kelapa dengan metanol dan katalis Potasium Hidroksida (KOH) (sebanyak 1% dari volume minyak kelapa). Dimana minyak kelapa dipanaskan pada suhu 50°C-55°C kemudian dimasukkan campuran metanol dengan katalis pada minyak tersebut sambil diaduk selama 30 menit. Adapun kadar metanol yang digunakan antara lain dengan pencampuran metanol-minyak kelapa 0:10, 1:10, 2:10, dan 3:10. Setelah pemanasan campran dibiarkan selama 24 jam. Hasilnya adalah adalah minyak dengan endapan di bawahnya. Endapan

tersebut adalah gliserol yang harus di buang. Prosesnya cukup dengan penyaringan. Hasil akhirnya adalah minyak biodiesel.

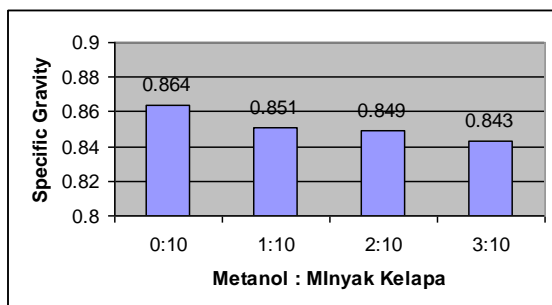
Hasil yang diperoleh dari proses transesterifikasi ini adalah tidak terjadi pemisahan antara biodiesel dan gliserol, baik pada pencampuran metanol-minyak kelapa 0:10, 1:10, 2:10, dan 3:10. Dimana minyak kelapa dan metanol bercampur sempurna dan tidak terjadi pemisahan hanya terjadi sedikit pengendapan dibagian bawah yang merupakan sisa dari kotoran dan air yang tidak ikut tersaring pada saat penyaringan setelah proses pirolisis.

Biodiesel yang dihasilkan kemudian diuji dengan menggunakan peralatan yang ada untuk mendapatkan nilai specific gravity, viskositas kinematis, flash point, dan nilai kalor.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Specific gravity

Dari gambar 2 dapat dilihat bahwa nilai *specific gravity* paling tinggi terdapat pada minyak kelapa murni dengan nilai *specific gravity* sebesar 0,864. Selanjutnya terjadi penurunan nilai *specific gravity* seiring dengan penambahan metanol. Hal ini dikarenakan metanol bercampur sempurna dengan minyak kelapa. Dimana biodiesel yang dihasilkan seluruh trigliseridanya berikatan dengan alkohol (metanol) yang memiliki *specific gravity* lebih ringan dari *specific gravity* minyak kelapa yaitu sebesar 0,793.



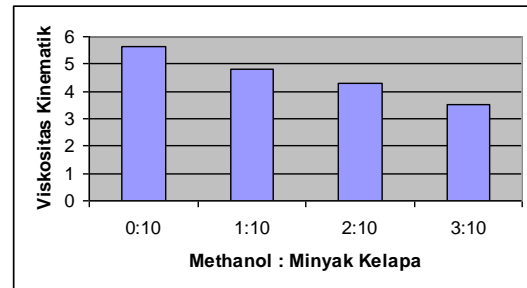
Gambar 2 Grafik pengaruh penambahan metanol terhadap specific gravity biodiesel.

Viskositas Kinematis

Dari gambar 3 dapat diketahui bahwa minyak kelapa hasil proses pirolisis-kondensasi memiliki viskositas yang paling tinggi. Pada bahan bakar biodiesel dari hasil transesterifikasi, semakin tinggi kadar metanolnya mengakibatkan nilai viskositas kinematisnya semakin rendah. Dengan demikian kadar metanol berbanding terbalik dengan besar viskositas kinematis bahan bakar biodiesel dari hasil proses transesterifikasi.

Viskositas minyak kelapa murni yang tidak terlalu tinggi ini disebabkan karena proses produksinya yang memanaskan daging kelapa hingga temperatur yang tinggi di atas 200°C. Hal ini menyebabkan perubahan rantai hidrokarbon pada

minyak kelapa. Sehingga menyebabkan minyak kelapa tersebut encer dan berwarna hitam disebabkan hitam arang kelapa. Dengan melakukan proses transesterifikasi, diharapkan agar terjadinya pengendapan gliserin. Namun tidak terdapat pengendapan karena minyak kelapa sudah tidak mengandung molekul gliserin.

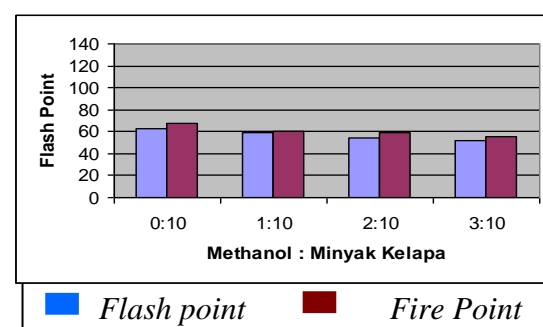


Gambar 3 Grafik pengaruh penambahan metanol terhadap viskositas kinematik (mm²/s) biodiesel.

Penurunan nilai viskositas kinematis seiring dengan penambahan metanol pada proses transesterifikasi juga disebabkan karena reaksi transesterifikasi akan memecah molekul trigliserida dan mengeluarkan esternya. Pada saat ester pecah maka ester tersebut akan segera berikatan dengan molekul alkohol membentuk metil-ester (biodiesel). Semakin banyak penambahan metanol pada proses transesterifikasi maka semakin banyak ester yang berikatan dengan molekul alkohol sehingga nilai viskositasnya akan menurun pula.

Flash dan Fire Point

Dari gambar 4 dapat dilihat rata-rata *flash* dan *fire point* bahan bakar diesel dari minyak kelapa hasil pirolisis yang paling besar dihasilkan oleh minyak kelapa murni berturut-turut sebesar 62,33°C dan 67°C dan yang paling kecil dihasilkan oleh biodiesel minyak kelapa dengan perbandingan metanol-minyak kelapa 3:10 sebesar 52°C dan 56°C. Nilai *flash point* yang relatif rata-rata rendah disebabkan karena minyak kelapa hasil pirolisis sedikit sekali mengandung kandungan asam lemak. Dimana kandungan asam lemak sendiri yang menyebabkan bahan bakar sulit terbakar, sehingga membutuhkan temperatur yang lebih tinggi agar bahan bakar dapat menyala atau terbakar.



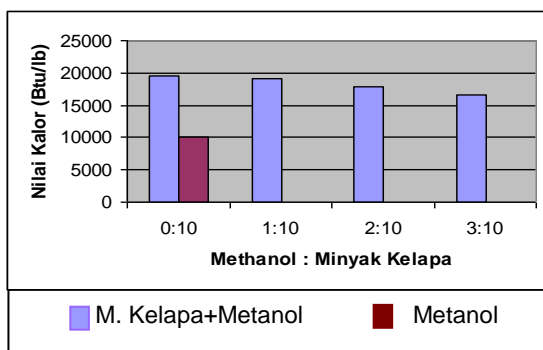
Gambar 4 Grafik pengaruh penambahan metanol terhadap flash point (°C) biodiesel.

Penurunan *flash point* disebabkan karena pada reaksi transesterifikasi trigliserida dipecahkan dan mengeluarkan esternya. Ester yang telah pecah kemudian berikatan dengan molekul alkohol (metanol) sehingga membentuk metil-ester. Dimana nilai *flash point* dari alkohol (metanol) yang sangat rendah (12°C) menyebabkan biodiesel yang dihasilkan memiliki *flash point* yang lebih rendah. Semakin banyak penambahan metanol pada proses transesterifikasi maka semakin banyak ester yang berikatan dengan molekul alkohol dan menyebabkan nilai *flash point*-nya akan semakin menurun.

Adapun penurunan *flash point* minyak kelapa hasil pirolisis yaitu pada pencampuran metanol dengan minyak kelapa 1:10 terjadi penurunan *flash point* sebesar 5,87%, sedangkan pada pencampuran metanol dengan minyak kelapa 2:10 terjadi penurunan *flash point* sebesar 12,3%, dan pada pencampuran metanol dengan minyak kelapa 3:10 terjadi penurunan *flash point* sebesar 16,6%.

Nilai Kalor

Hasil pengujian nilai kalor ditunjukkan pada gambar 5. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa biodiesel minyak kelapa semakin besar kandungan metanolnya, berakibat nilai kalornya akan semakin rendah. Hal ini disebabkan karena tidak terjadi pemisahan antara biodiesel dengan gliserin pada proses transesterifikasi sehingga kandungan metanolnya masih tinggi. Jadi dapat dikatakan bahwa kandungan metanol pada bahan bakar biodiesel hasil proses transesterifikasi minyak kelapa hasil pirolisis ini berbanding terbalik dengan nilai kalor yang dikandungnya.



Gambar 5 Grafik hasil pengujian nilai kalor biodiesel.

Pengurangan nilai kalor biodiesel minyak kelapa dari bahan bakar campuran metanol-minyak

kelapa pada proses transesterifikasi, akibat nilai kalor metanol yang lebih rendah (10094,38 Btu/lb) dibandingkan dengan nilai kalor minyak kelapa murni (19601,842 Btu/lb). Adapun besar pengurangan nilai kalor dari tiap bahan bakar metanol-minyak kelapa tersebut antara lain pencampuran metanol-minyak kelapa 1:10 mengalami penurunan sebesar 2,53%, pencampuran metanol-minyak kelapa 2:10 mengalami penurunan sebesar 9,2%, dan pencampuran metanol-minyak kelapa 3:10 mengalami penurunan sebesar 15,6% apabila dibandingkan dengan nilai kalor minyak kelapa sebelum ditambahkan metanol.

Besar nilai kalor merupakan energi yang dibebaskan oleh proses pembakaran. Sehingga ini berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar dalam ruang pembakaran. Bahan bakar yang memiliki nilai kalor yang terlalu rendah menyebabkan konsumsi bahan bakar meningkat untuk memenuhi kebutuhan energi.

5. KESIMPULAN

Setelah melakukan proses transesterifikasi dengan memvariasikan metanol-minyak kelapa yang digunakan, ternyata metanol memberikan pengaruh yang besar terhadap karakteristik minyak kelapa sebagai bahan bakar biodiesel. Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- Hasil transesterifikasi minyak kelapa adalah tidak terjadinya pemisahan antara metil ester dengan gliserinnya baik pada perbandingan metanol-minyak kelapa 1:10, 2:10, dan 3:10.
- Semakin besar jumlah metanol pada proses transesterifikasi, maka *specific gravity*, viskositas kinematis, *flash and fire point*, dan nilai kalor pada minyak kelapa semakin rendah.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang sebesar-besarnya kami haturkan kepada saudara Bagus Prima Suata, Muhammad Hafiluddin dan M.Alfiyan Jauhari, alumni Teknik Mesin UNRAM sebagai anggota team work dalam penelitian ini. Terima kasih atas segala bantuan dan sumbangsuhnya.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Allorerung, David., 2006, *Biodiesel Dari Kelapa*, Sinartani, Bogor
- Annas, 2007, *Budidaya Kelapa*, www.insidewinme.com
- Baswardojo, 2005, *Seluk beluk pembuatan minyak kelapa dan VICO*, Indococo.
- Haryanto, B, 2002, *Bahan Bakar Alternatif*
- Kholis, Dinul, 2007, *Kelapa Sumber Energi Alternatif*, Direktorat Jendral Usaha Kecil Menengah, Jakarta

- Lendong, Elde Domahy S.Fil, 2007, *Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Alternatif untuk Mengatasi Masalah Energi Nasional*, www.wordpress.com
- Karyanto, E.,2001, *Teknik Motor Diesel*, Pedoman Ilmu Jaya, Jakarta
- Prakoso, Tirto., Hidayat, Nurzulis., 2007, *Potensi Biodiesel Indonesia*, Departemen Teknik Kimia ITB-Bandung
- Puppung, Pallawagau La., 1986, *Penggunaan Minyak Kelapa Sebagai Bahan Bakar Motor Diesel*, Lembaga Publikasi Lemigas
- Tarwiyah K, 2001, *Minyak kelapa*, Artikel TTG Pengolahan Pangan, DMBP2 Iptek, Gedung II BPPT lantai 6, Jl. MH Tamrin 8 Jakarta 10340.
- Tjokrowisastro,E.H., dkk, 1990, *Teknik Pembakaran Dasar Dan Bahan Bakar*, Diktat ITS-Surabaya.