

Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis NaOH dengan Variasi Waktu Reaksi Transesterifikasi dan Uji Performanya dengan Mesin Diesel

Sakinah Himav Rezeika¹, Ita Ulfin² and Yatim Lailun Ni'mah^{3*}

^{1, 2, 3} Department of Chemistry, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

*Corresponding author: yatimnikmah@gmail.com

Abstrak

Biodiesel telah berhasil disintesis dari minyak jelantah yang diperoleh dari hasil penggorengan ayam. Sintesis biodiesel dilakukan dengan katalis NaOH dengan metode reflux pada suhu 65 °C, dengan perbandingan mol asam oleat: metanol = 1:2, dan massa katalis 0.5% terhadap massa minyak jelantah. Variasi waktu reaksi yang digunakan yaitu 30, 60 dan 90 menit. Densitas, viskositas, titik nyala, dan bilangan asam biodiesel yang diperoleh telah sesuai dengan SNI 04-7128-2015. Hasil GC-MS biodiesel menunjukkan kandungan metil ester sebesar 99.5% dengan kelimpahan paling besar adalah metil oleat sebesar 56808%. Nilai kalor pembakaran dari solar dex, biodiesel 100%, dan biodiesel 10% secara berturut-turut yaitu 10.710; 9.494; dan 10.822 kal/g. Uji performa pada mesin diesel ditentukan berdasarkan nilai Brake Horse Power (BHP) dari bahan bakar solar dex, biodiesel 100%, dan biodiesel 10% pada putaran 2000 rpm dan beban generator 1000 watt secara berturut-turut yaitu 1263.068; 1257.100; dan 1260.370 watt. Nilai efisiensi termis dari bahan bakar solar dex, biodiesel 100%, dan biodiesel 10% pada putaran 2000 rpm dan beban generator 1000 watt secara berturut-turut yaitu 17.95%, 18.94%, dan 18.14%. Hasil uji nilai kalor pembakaran dan performa BHP menunjukkan bahwa Biodiesel dari minyak jelantah mempunyai nilai kalor dan BHP yang sama dengan solar dex.

Kata kunci: Biodiesel, minyak jelantah, katalis basa, transesterifikasi, BHP, efisiensi.

Abstract

Biodiesel was synthesized from chicken waste cooking oil. Synthesis of biodiesel was performed with NaOH catalyst using reflux method at 65 °C, 1: 2 of oleic acid: methanol ratio, and 0.5 wt% catalyst based on oil weight. The variations of time are 30, 60, and 90 minutes. Biodiesel was characterized by its physical properties including density, viscosity, flash point, acid number, and heating value. Highest yield of biodiesel at 60 minute was 93.92%. Density, viscosity, and acid value of biodiesel decrease when reaction time was increased. The GC-MS analysis result showed that content of methyl ester was 99.5%, which the highest content is methyl oleic 56.808 %. The heating value of solar dex, biodiesel 100%, and biodiesel 10% was 10.710 kal/g, 9.494 kal/g, 10.822 kal/g respectively. For performance tests on diesel engines at 2000 rpm and load generator until 1000 watt, the value of Brake Horse Power (BHP) from solar dex, biodiesel 100%, and biodiesel 10% was 1263.068 watt, 1257.100 watt, and 1260.370 watt respectively and value of efficiency of diesel fuel, 100% biodiesel and 10% biodiesel was 17.95%, 18.94% and 18.14% respectively.

Keywords : Base catalyst, Biodiesel, BHP, Efficiency, Waste cooking oil, Transesterification.

I. Pendahuluan

Sebagian besar kebutuhan energi dunia dipasok melalui sumber minyak bumi, batubara dan gas alam. Kebutuhan energi yang meningkat tidak sebanding dengan ketersediaan sumber energi tersebut yang semakin berkurang [1]. Beberapa negara mulai mengembangkan energi nuklir, hidrogen, angin, dan yang saat ini berkembang adalah biodiesel. Produksi biodiesel sedang dikembangkan karena pembuatannya mudah, murah dan terbarukan [2].

Penggunaan bahan baku yang melimpah dan murah merupakan upaya dalam menekan biaya produksi biodiesel. Minyak jelantah merupakan salah satu bahan baku biodiesel yang melimpah karena minyak jelantah merupakan limbah yang setiap hari dihasilkan oleh warung dan restoran menyebabkan masalah lingkungan terutama pencemaran air [3]. Minyak jelantah yang digunakan pada penelitian ini adalah minyak jelantah hasil penggorengan dari ayam goreng. Konsumsi ayam goreng di Indonesia relatif besar dikarenakan enak, murah dan mudah didapatkan [4] sejalan dengan meningkatnya restoran ayam di Indonesia [5], sehingga minyak jelantah yang dihasilkan dari hasil penggorengan dari ayam goreng juga besar. Minyak jelantah yang digunakan untuk bahan baku biodiesel melalui reaksi transesterifikasi memiliki syarat yaitu kadar air yang kurang dari 0.5% dan mempunyai bilangan FFA (*Free Fatty Acid*) sebesar 1% agar tidak terjadi proses penyabunan pada pembuatan biodiesel [6].

Biodiesel adalah alkil ester dari asam yang memiliki rantai yang panjang melalui reaksi transesterifikasi minyak nabati atau

reaksi esterifikasi asam lemak bebas dengan alkohol [7]. Metanol adalah jenis alkohol yang sering digunakan karena harganya yang murah dan memiliki rantai alkohol yang pendek sehingga memudahkan terbentuknya biodiesel [8]. Proses pembentukan biodiesel melalui reaksi transesterifikasi lebih baik digunakan karena kecepatan reaksi yang tinggi, suhu yang rendah, dan membutuhkan waktu yang tidak lama [9]. Reaksi transesterifikasi pembentukan biodiesel bergantung pada suhu reaksi, waktu, kecepatan pengadukan, jumlah katalis, dan perbandingan mol minyak: metanol [7].

Biodiesel dihasilkan dari proses transesterifikasi yang dibantu dengan katalis basa homogen seperti NaOH dan KOH. Penggunaan katalis homogen memudahkan terjadinya reaksi transesterifikasi [10]. Penggunaan katalis basa kuat yang terlarut dalam metanol dapat membentuk persen hasil alkil ester 90-95%. Kinerja katalis NaOH lebih baik dibandingkan alkali basa yang lain karena kekuatan kebasaannya yang sangat tinggi [11]. Berdasarkan penelitian Filho dkk. pada tahun 2014 [12], produksi biodiesel dari minyak jelantah menghasilkan 87% dengan katalis NaOH, sedangkan Phan dan Phan (2008) menghasilkan 50% biodiesel dengan katalis KOH. Selain itu, Fadhil dan Bakir pada tahun 2011 [14], produksi biodiesel dari minyak jelantah hasil penggorengan dari ayam goreng menghasilkan biodiesel sebesar 50% dengan katalis KOH.

Pada penelitian-penelitian yang lebih dulu, berbagai jenis katalis telah digunakan pada proses transesterifikasi untuk menghasilkan biodiesel. Namun untuk mendapatkan produk biodiesel yang tinggi dan performa yang menyerupai solar dex

belum dilakukan, sehingga pada penelitian ini dilakukan variasi waktu reaksi transesterifikasi terhadap hasil biodiesel dan diuji performanya sesuai dengan SNI 04-7182-2015 dan dibandingkan dengan solar dex pada mesin diesel. Penelitian ini bertujuan untuk membuat biodiesel menggunakan minyak jelantah hasil penggorengan dari ayam goreng dengan variasi waktu. Katalis yang digunakan adalah NaOH 0.5% dari massa minyak, suhu reaksi 65 °C, kecepatan pengadukan 600 rpm, dan perbandingan mol asam oleat:metanol yaitu 1:2. Hasil biodiesel ini dianalisa sifat fisik antara lain densitas, titik nyala, viskositas, dan bilangan asam. Biodiesel yang dihasilkan selanjutnya dikarakterisasi dengan Kromatografi Gas untuk mengetahui kadar metil ester yang terkandung dalam biodiesel tersebut. Biodiesel tersebut kemudian dicampur ke dalam solar dex. Bahan bakar solar dex, biodiesel 100%, campuran biodiesel 10% dalam solar dex dianalisa sifat fisik dan performanya pada mesin diesel. Analisa perfomansi pada mesin diesel yang dianalisis adalah nilai *Brake Horse Power* (BHP) dan Efisiensi Thermal.

II. Percobaan

2.1 Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan bahan berupa padatan Natrium hidroksida (NaOH) 99% (MERCK), minyak jelantah yang diperoleh dari outlet ayam goreng BFC daerah Keputih Sukolilo Surabaya, metanol 99% *extra pure* (Fulltime), dan padatan Natrium sulfat (Na₂SO₄, (MERCK). Alat yang digunakan untuk karakterisasi hasil biodiesel adalah GCMS tipe merk Agilent Technologies 7890A GC-5975C MS

(Laboratorium Forensik Jawa Timur), Mesin Diesel yang digunakan adalah mesin generator set merk Yanmar 4 Step tipe TF55R (Laboratorium Mesin, D3 Teknik Mesin ITS), evaporator, viskometer *Oswald*, piknometer 25 mL, dan termometer.

2.2 Metode Penelitian

i. Perlakuan Minyak Jelantah

Minyak jelantah yang didapat dari outlet ayam goreng BFC disaring dengan kertas saring untuk memisahkan minyak jelantah dari endapan. Minyak jelantah kemudian dianalisa kadar FFA dengan cara titrasi dengan NaOH yang telah distandarisasi. Kadar asam lemak bebas (FFA) yang terkandung dalam minyak jelantah dapat dihitung dengan persamaan 1.

$$\% \text{ FFA} = \frac{N_{\text{NaOH}} \times V_{\text{NaOH}} \times \text{Mr asam oleat}}{\text{massa sampel (gr)}} \times 100\% \quad (1)$$

ii. Pembuatan Larutan Metoksi

Minyak Jelantah sebanyak 0.23 g (0,5% dari massa minyak jelantah) dilarutkan ke dalam larutan metanol 10.24 g (perbandingan mol asam oleat: metanol = 1:2) dalam labu leher 3. Larutan campuran kemudian diaduk dengan stirer pada kecepatan 400 rpm hingga padatan NaOH larut dalam metanol sampai terbentuk larutan metoksi

iii. Sintesis Biodiesel

Minyak jelantah sebanyak 50 mL (45,15 g) dicampurkan dengan larutan metoksi dalam labu leher tiga, direfluks pada suhu 65 °C selama 60 menit dan diaduk dengan stirer dengan kecepatan 800 rpm. Hasil refluks di pindahkan ke corong pisah. Bagian atas merupakan biodiesel sedangkan

bagian bawah merupakan gliserol. Dicuci hasil biodiesel dengan air hangat sampai warna air tidak keruh. Ditambahkan natrium sulfat 0.5 g pada biodiesel yang telah dipisahkan. Diaduk lalu diamkan 5 menit. Disaring biodiesel dari padatan natrium sulfat. Biodiesel tersebut kemudian di evaporasi dengan kecepatan rotasi 150 rpm, suhu evaporasi 95°C, dan waktu evaporasi 3 jam, dan dihitung persen hasil biodiesel. Sintesis biodiesel dilakukan dengan variasi waktu 30 dan 90 menit dan prosedur diulangi sebanyak 3 kali.

iv. *Penentuan Persen Hasil Biodiesel*

Hasil biodiesel yang terbentuk dapat dihitung menggunakan persamaan 2.

$$\% \text{ Hasil} = \frac{\text{massa biodiesel yang diperoleh}}{\text{massa total minyak}} \times 100\% \quad (2)$$

v. *Analisis Sifat Fisik Biodiesel*

1. *Analisis Titik Nyala*

Pengujian titik nyala dilakukan berdasarkan ASTM D93. Pengujian dilakukan dengan cara biodiesel hasil sintesis dituangkan dalam cawan porselen yang bersih dan kering. Termometer digantung dengan ujung termometer tercelup dalam sampel dan tidak menempel pada dasar cawan. Pemanas dinyalakan dengan kenaikan suhu yang konstan. Uji dilakukan dengan menggunakan lidi yang dibakar kemudian dilewatkan pada permukaan sampel hingga muncul api yang membesar. Pembacaan suhu pada termometer ketika terjadi percikan api yang membesar

2. *Analisis Densitas*

Pengujian densitas dilakukan berdasarkan SNI 04-7182-2015. Pengujian dilakukan menggunakan piknometer yang telah bersih dan kering. Piknometer kosong ditimbang dan dicatat hasilnya. Biodiesel dipanaskan hingga suhu 40 °C. Piknometer kosong diisi dengan biodiesel kemudian ditutup hingga meluap dan tidak ada gelembung udara. Setelah itu piknometer yang berisi biodiesel ditimbang dan dicatat hasilnya. Densitas biodiesel dapat dihitung menggunakan persamaan 3.

$$\rho = \frac{\text{massa}_{\text{pikno+bio}} - \text{massa}_{\text{pikno}}}{\text{volume pikno}} \quad (3)$$

3. *Analisis Viskositas*

Pengujian viskositas dilakukan berdasarkan SNI 04-7182-2015. Pengujian ini dilakukan menggunakan alat viskometer Oswald. Biodiesel hasil sintesis dipanaskan hingga 40 °C, kemudian dimasukkan ke dalam tabung viskometer sampai tanda batas. Waktu turunnya biodiesel dalam tabung viskometer sampai garis tertentu (tanda batas) dicatat. Viskositas biodiesel dihitung dengan menggunakan persamaan 4.

$$\eta_{\text{bio}} = \frac{\rho_{\text{bio}} \cdot t_{\text{rata-rata bio}}}{\rho_{\text{air}} \cdot t_{\text{rata-rata air}}} \cdot \eta_{\text{air}} \quad (4)$$

4. *Analisis Bilangan Asam*

Pengujian bilangan asam berdasarkan pada SNI 04-7182-2015. Pengujian bilangan asam ini bertujuan untuk mengetahui jumlah asam lemak bebas yang terdapat pada biodiesel dan ditentukan dengan metode titrasi alkalimetri. Biodiesel sebanyak 5 g dicampur dengan 13 mL etanol netral.

Larutan tersebut dipanaskan hingga biodiesel larut sempurna. Setelah itu, ditambahkan 2 tetes indikator PP. Campuran dititrasi dengan NaOH 0.1 N sampai larutan berwarna merah jambu dan bertahan selama 15 detik. Larutan standar NaOH yang terpakai dihitung dan dicatat hasilnya. Penetapan bilangan asam menggunakan persamaan 5.

$$\text{Bilangan Asam} = \frac{V_{\text{NaOH}} (\text{mL}) \times N_{\text{NaOH}} \times \text{Mr NaOH}}{\text{massa sampel (g)}} \quad (5)$$

5. Karakterisasi dengan GC-MS

Analisis biodiesel menggunakan GC-MS untuk mengetahui kadar metil ester yang terdapat dalam biodiesel. Analisisnya dilakukan di Lab Forensik Cabang Surabaya. Kondisi pegoperasiannya adalah sebagai berikut :

1. Inlets
Jumlah Suntikan : 1 μL
Suhu Pemanas : 250 °C
2. Kolom
Jenis Kolom : Agilent HP5 MS
Panjang Kolom : 60 cm
Aliran Helium : 20 mL / menit
3. Oven
Suhu Awal : 50°C
Hold Time : 5 menit pada 130°C
Suhu Akhir : 300°C
Rate : 20°C/menit pada 50°C-130°C
5 °C/menit pada 130°C-260°C
2.5 °C/menit pada 260°C-300°C
4. Detektor
Jenis Detektor : Mass Spectrometer

6. Analisis Performa Pada Mesin Diesel Menggunakan Bahan Bakar Solar Dex, Biodiesel 100%, Biodiesel 10%

7. Analisis Sifat Fisik

Bahan bakar dengan 3 jenis diata diuji viskositas, densitas, titik nyala, dan nilai kalornya menggunakan bom kalorimeter.

8. Analisis Efisiensi

Analisis dilakukan pada lab mesin D3 teknik mesin ITS

9. Analisis Brake Horse Power (BHP)

Analisis dilakukan pada Lab mesin D3 Departemen Teknik Mesin ITS. Ada 3 bahan bakar campuran yang diuji, variabel pembebanan (watt) di set dari 200 – 2000, Unjuk kerja bahan bakar terbaca sebagai daya/unjuk kerja dari mesin generator set.

III. Hasil dan Pembahasan

3.1. Penentuan Kadar FFA Minyak Jelantah

Penentuan kadar FFA bertujuan untuk mengetahui kadar asam lemak bebas yang terdapat pada minyak jelantah hasil penggorengan ayam sehingga dapat ditentukan kelayakan minyak jelantah tersebut untuk memproduksi biodiesel. Metode ini menggunakan titrasi NaOH yang telah distandarisasi. Volume NaOH rata-rata yang digunakan untuk titrasi adalah 1.1 mL. Dari data tersebut kemudian dilakukan perhitungan kadar FFA dengan menggunakan persamaan 1. Kadar FFA dari minyak jelantah adalah 0.5251%. Kadar FFA masih pada rentang 0.5-1% sehingga

pembuatan biodiesel dapat melewati reaksi transesterifikasi saja [15].

a. Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah

Sintesis biodiesel dari minyak jelantah diawali dengan preparasi minyak jelantah. Preparasi minyak jelantah ini diawali dengan penyaringan minyak yang bertujuan untuk memisahkan minyak dari pengotor atau endapan. Selanjutnya, minyak dipanaskan pada suhu 110°C untuk menghilangkan kandungan air yang terdapat pada minyak. Kandungan air yang tinggi dapat menyebabkan reaksi berubah menjadi saponifikasi, dimana menyebabkan pengurangan metil ester yang terbentuk, sulitnya memisahkan gliserol dari metil ester, kenaikan viskositas dan pembentukan emulsi [16, 17]. Tahap selanjutnya adalah pembuatan larutan metoksi.

Pembuatan larutan metoksi ini bertujuan untuk membentuk ion alkoksida sebagai nukleofilik untuk menyerang ikatan karbonil yang terdapat pada trigliserida di minyak [15]. Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan biodiesel yaitu minyak jelantah dicampurkan pada larutan metoksi dalam

labu leher tiga (untuk memudahkan penambahan reagen yang lain saat reaksi, dan mengukur suhu campuran didalam tabung) dan direfluks pada suhu 65 °C selama variasi waktu yang ditentukan serta distirer dengan kecepatan pengadukan 800 rpm. Temperatur dan kecepatan pengadukan yang digunakan pada penelitian ini sama dengan penelitian sebelumnya.

Setelah proses refluks selesai, campuran dipindahkan ke corong pisah untuk memisahkan fasa yang terbentuk. Gambar 1. merupakan gambar fasa yang terpisah pada corong pisah. Lapisan pertama (fasa atas) merupakan lapisan metil ester dimana biodiesel terbentuk dan lapisan kedua (fasa bawah) merupakan lapisan gliserol. Pembentukan lapisan ini disebabkan karena adanya perbedaan massa jenis dimana massa jenis biodiesel (850-890 kg/m³) lebih rendah dibanding massa jenis gliserol (1260 kg/m³). Setelah dipisahkan dari corong pisah, biodiesel dicuci dengan air hangat hingga warna air tidak keruh kembali. Pencucian dengan air hangat berfungsi untuk mencegah presipitasi metil ester jenuh dan pembentukan emulsi [18].



Gambar 1. Produk sintesis biodiesel (lapisan atas adalah metil ester/produk biodiesel dan lapisan bawah gliserol)

Biodiesel kemudian ditambahkan natrium sulfat (Na_2SO_4). Penambahan ini bertujuan untuk menarik sisa air yang masih tersisa pada biodiesel [19]. Setelah itu, biodiesel diuapkan dengan evaporator agar didapatkan biodiesel yang murni. Biodiesel yang terbentuk berwarna kuning jernih seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

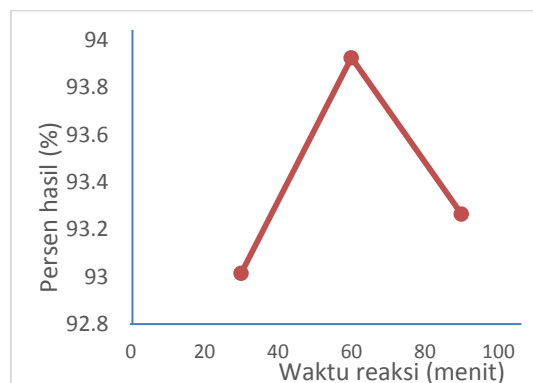
b. Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Persen Hasil Biodiesel

Waktu transesterifikasi berpengaruh pada kecepatan reaksi pembentukan metil ester yang akan dihasilkan (Suryanto dkk., 2015). Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa reaksi pembentukan biodiesel

menggunakan metanol dan katalis alkali membutuhkan waktu reaksi antara 1-4 jam (Tomasevic and Siler-Marinkovic, 2003). Pada penelitian ini, variasi waktu yang digunakan adalah 30, 60 dan 90 menit. Pada penelitian ini digunakan variasi waktu 90 menit, dengan asumsi akan didapatkan produk yang lebih besar, karena penelitian sebelumnya menggunakan waktu 60 menit tanpa diketahui optimasinya (tidak divariasikan waktunya). Hasil persen hasil terhadap pengaruh waktu ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Minyak Jelantah (kiri) dan Biodiesel yang Terbentuk (kanan).



Gambar 3. Grafik Hubungan Waktu Terhadap Persen Hasil Biodiesel.

Gambar 3. menunjukkan bahwa semakin cepat waktu reaksi maka biodiesel yang dihasilkan semakin banyak. namun terjadi penurunan pada waktu 90 menit. Hal ini disebabkan karena adanya reaksi balik (*reversible*) dari transesterifikasi yang menyebabkan terbentuknya sabun sehingga waktu reaksi yang semakin lama tidak menjamin akan menghasilkan produk yang lebih banyak. Maka penelitian ini memiliki waktu optimum pembentukan biodiesel 60 menit. Berdasarkan penelitian persen hasil tertinggi diperoleh pada waktu transesterifikasi 60 menit yaitu 93.92%, yang menghasilkan prosesntase nilai lebih besar dari penelitian sebelumnya.

c. Hasil Analisis Sifat Fisik Biodiesel

1. Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Densitas Biodiesel

Densitas merupakan perbandingan jumlah massa suatu zat terhadap volumenya pada suhu tertentu. Pada penelitian ini, densitas biodiesel dianalisis dari variasi waktu. Hasil analisis densitas terhadap variasi waktu reaksi

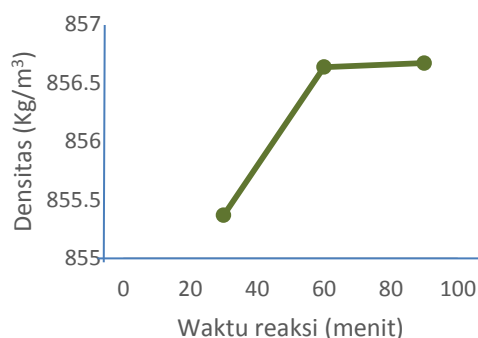
pembentukan biodiesel ditunjukkan pada Gambar 4.

Gambar 4. menunjukkan bahwa pertambahan waktu reaksi menyebabkan densitas semakin bertambah, namun terjadi sedikit penurunan pada waktu 90 menit. Densitas dari biodiesel yang dihasilkan berkisar 855-859 kg/m³. Hal ini sesuai dengan standar SNI untuk densitas dari biodiesel yang berkisar 850-890 kg/m³, sehingga biodiesel dari minyak jelantah ini memenuhi standar densitas biodiesel.

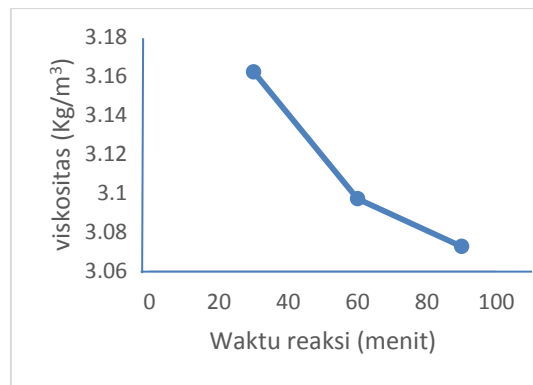
2. Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Viskositas Biodiesel

Viskositas pada biodiesel berdasarkan SNI adalah 2.3-6 Cst. Viskositas yang terlalu rendah dapat menyebabkan kebocoran pompa injeksi bahan bakar, namun jika terlalu tinggi menyebabkan injeksi bahan bakar terlalu cepat dan menyulitkan proses pengabutan bahan bakar. Hasil analisis viskositas pada variasi waktu reaksi pembentukan biodiesel ditunjukkan pada Gambar 5.

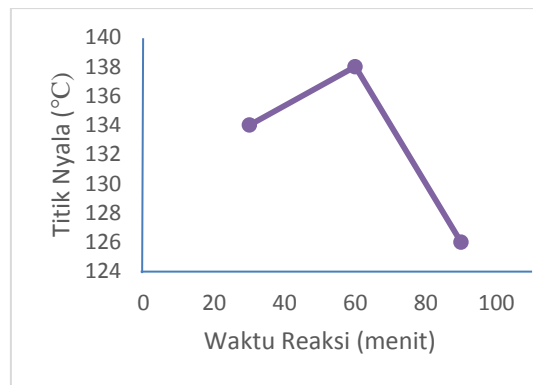
Berdasarkan Gambar 5, nilai viskositas semakin kecil seiring bertambahnya waktu reaksi. Nilai viskositas biodiesel pada semua variasi waktu yaitu 3.1623-3.0728 cSt. Hasil viskositas ini sesuai dengan standar SNI sehingga biodiesel ini sesuai dengan standar SNI.



Gambar 4. Grafik Hubungan Waktu Reaksi terhadap Densitas Biodiesel



Gambar 5. Grafik Hubungan Viskositas terhadap Waktu Reaksi.



Gambar 6. Grafik Hubungan Titik Nyala terhadap Waktu Reaksi

3. Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Titik Nyala Biodiesel

Titik nyala menyatakan suhu terendah dari suatu bahan untuk menghasilkan percikan api. Titik nyala yang tinggi lebih dipilih karena bahan bakar tidak mudah terbakar. Titik nyala api menurut standar SNI minimal 100 °C. Hasil analisis titik nyala biodiesel pada semua variasi waktu ditunjukkan pada Gambar 6

Berdasarkan Gambar 6, terdapat kenaikan titik nyala pada waktu 30 menit menuju 60 menit. Akan tetapi terjadi penurunan titik nyala pada waktu reaksi 90

menit. titik nyala api dari biodiesel pada semua variasi memiliki rentang 122-138 °C. Perbedaan yang terjadi dalam titik nyala api tersebut dapat dikarenakan masih adanya pengotor pada biodiesel seperti sisa katalis dan gliserol. Berdasarkan penelitian, titik nyala dari variasi waktu 60 menit paling tinggi yaitu 138 °C yang memenuhi kriteria standar SNI.

4. Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Bilangan Asam Biodiesel

Bilangan asam menyatakan jumlah asam lemak bebas yang terkandung di dalam biodiesel yang berpengaruh pada sifat korosi terhadap mesin [22]. Semakin

kecil bilangan asam pada biodiesel, semakin baik kualitas biodiesel. Berdasarkan standar SNI, bilangan asam yang diperbolehkan maksimal 0.5 mg NaOH/g. Hasil analisis bilangan asam terhadap biodiesel dari semua variasi waktu ditunjukkan pada Gambar 7.

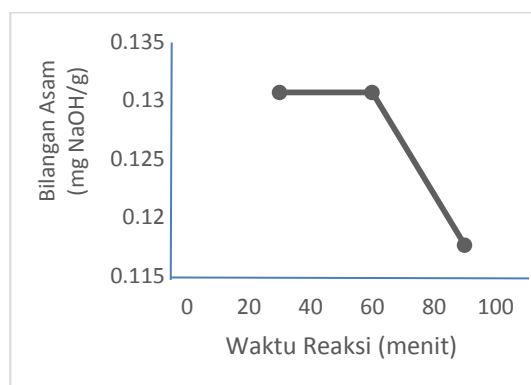
Berdasarkan Gambar 7, semakin lama waktu reaksi maka semakin rendah bilangan asam yang terkandung di dalam biodiesel. Bilangan asam dari biodiesel tersebut memiliki nilai 0.117-0.130 mg NaOH/g yang sesuai dengan standar SNI.

d. Hasil Karakterisasi GC-MS

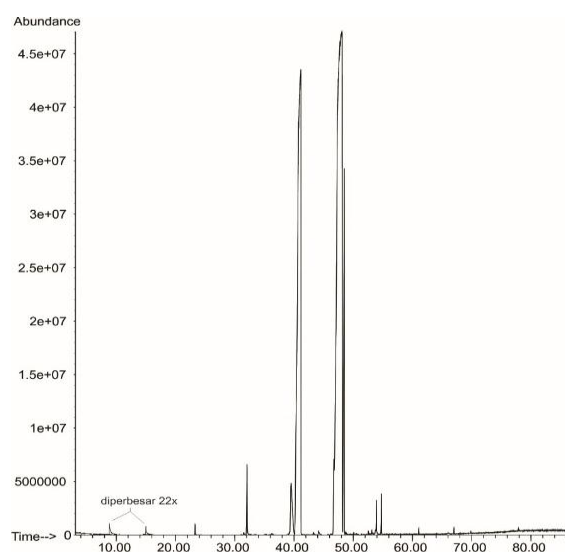
Analisis Hasil Pengujian Mesin Diesel Menggunakan Bahan Bakar Solar Dex, Hasil Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah, dan Campuran Biodiesel 10% dalam Solar Dex. Biodiesel yang digunakan pada tahapan ini adalah biodiesel yang didapatkan dari optimasi waktu reaksi esterifikasi yaitu 60 menit, karena merupakan produk yang sudah dioptimasi.

Analisis kromatografi gas dilakukan untuk mengetahui komposisi metil ester yang terkandung dalam biodiesel. Terdapat 32 puncak kromatogram yang terdeteksi pada kromatografi gas (Gambar 8). Metil ester yang teridentifikasi dibandingkan dengan standar dan membandingkan data waktu retensi masing-masing yang dikonfirmasi dengan analisis spektrometri massa.

Hasil karakterisasi GC-MS menunjukkan terdapat 13 jenis rantai jenuh dan 9 jenis metil ester rantai tak jenuh pada biodiesel hasil sintesis menggunakan minyak jelantah. Kandungan metil ester pada biodiesel sebesar 99.50%. Hal ini sesuai dengan standar SNI untuk kadar metil ester minimal 96.50%. Kandungan metil ester terbanyak pada biodiesel ini adalah metil oleat yang memiliki kadar 56.33%. Kandungan metil arakhidat pada biodiesel dari minyak jelantah ini disebabkan dari asam lemak hewani (Suirta, 2009).



Gambar 7. Grafik Hubungan Bilangan Asam terhadap Waktu Reaksi



Gambar 8. Kromatogram dari Analisa Kromatografi Gas Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Katalis NaOH

e. Analisis Hasil Performa Pada Mesin Diesel Menggunakan Bahan Bakar Solar Dex, Biodiesel 100%, dan Biodiesel 10%

1. Sifat Fisik Bahan Bakar Solar Dex, Biodiesel 100%, dan Biodiesel 10%

Analisis performansi dengan mesin diesel dilakukan pada bahan bakar solar dex, biodiesel yang memiliki yield tertinggi tanpa dicampur solar dex (biodiesel 100%), dan biodiesel 10%

dalam solar dex. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui nilai efisiensi dan *Brake Horse Power* (BHP). Tiga jenis bahan bakar tersebut dianalisis sifat fisik terlebih dahulu yang ditunjukkan pada Tabel 1. Hasil uji sifat fisik menunjukkan bahwa Biodiesel hasil sintesis mempunyai nilai kalor yang tidak jauh berbeda dengan nilai kalor dari Solar Dex.

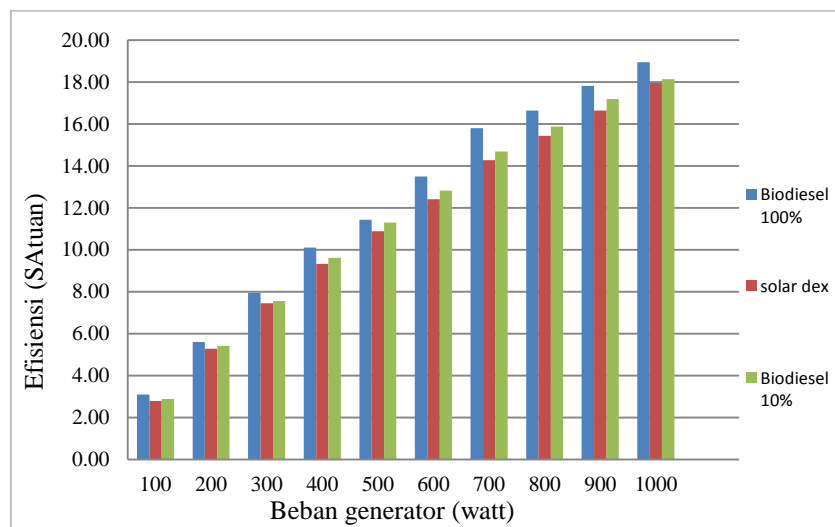
Tabel 1. Sifat Fisik dari Bahan Bakar Solar Dex, Biodiesel 100%, Biodiesel 10%

Bahan bakar	Viskositas (cSt)	Densitas (kg/m ³)	Titik Nyala (°C)	Nilai Kalor (kal/g)
Solar Dex	4.50	860.00	55.00	10710.89
Biodiesel 100%	3.10	856.63	138.00	9494.00
Biodiesel 10%	1.88	819.03	76.00	10882.00

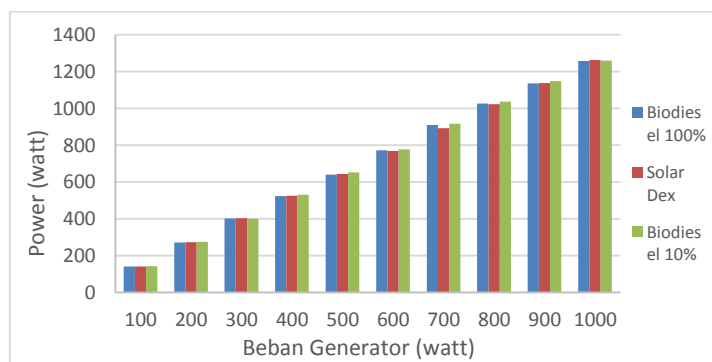
2. Nilai Efisiensi Bahan Bakar Solar Dex, Biodiesel 100%, dan Biodiesel 10%

Nilai efisiensi dari suatu bahan bakar berhubungan dengan *Low Heat Value* (LHV). LHV merupakan banyaknya kalor yang dihasilkan pada proses pembakaran 1 kg bahan bakar dan sebagian dimanfaatkan untuk penguapan sehingga kandungan air pada bahan bakar akan habis (Hasibuan, 2006). Bahan bakar yang memiliki efisiensi yang besar jika nilai LHV kecil. Hal ini berhubungan dengan bahan bakar cepat menguap atau tidak. Hasil analisis efisiensi 3 jenis bahan bakar ditunjukkan Gambar 9.

Berdasarkan Gambar 9, nilai efisiensi pada setiap bahan bakar mengalami kenaikan setiap beban generator dinaikan. Efisiensi tertinggi didapat oleh bahan bakar biodiesel 100% dalam solar dex sebesar 18.94% dengan beban 1000 watt, sedangkan nilai efisiensi terendah didapat oleh bahan bakar solar dex sebesar 2.80% dengan beban 100 watt. Hal ini disebabkan nilai LHV dari biodiesel 39749.48 kj/kg, sedangkan nilai LHV dari solar dex dan biodiesel 10% yaitu 44844 kj/kg dan 45309.55 kj/kg. Nilai LHV berbanding terbalik dengan efisiensi.



Gambar 9. Perbandingan Efisiensi Bahan Bakar Solar Dex, Biodiesel 100%, dan Biodiesel 10% pada 2000 rpm



Gambar 1. Perbandingan Nilai *Brake Horse Power* (BHP) Bahan Bakar Solar Dex, Biodiesel 100%, dan Biodiesel 10% pada 2000 rpm

3. Nilai Brake Horse Power (BHP) Bahan Bakar Solar Dex, Biodiesel 100%, dan Biodiesel 10%

Brake Horse Power (BHP) berkaitan dengan nilai efisiensi thermis bahan bakar. Hasil analisis BHP ditunjukkan pada Gambar 10.12. Berdasarkan Gambar 10 nilai BHP semakin tinggi ketika beban generator dinaikkan. Nilai BHP terbesar pada bahan bakar solar dex sebesar 1263.07 watt dengan beban generator 1000 watt, sedangkan nilai BHP terkecil pada bahan bakar biodiesel 100% sebesar 139.49 watt dengan beban generator 100 watt. Bahan bakar Solar Pertamina merupakan bahan bakar yang stabil bila pembebanan dinaikkan sebanding dengan unjuk/daya kerja mesin diesel, sedangkan ke 2 bahan bakar campuran, memberi kecenderungan yang mirip. Penambahan beban menyebabkan daya yang dihasilkan menjadi semakin besar, tetapi putaran motor tetap dapat mengatasi beban yang semakin besar, sehinggalah bakar yang diinjeksikan semakin besar pula, akibatnya bahan bakar yang terbakar pada ruang bakar menjadi naik, dan berubah menjadi energy mekanik yang besar.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa biodiesel dari minyak jelantah telah berhasil disintesis dengan katalis NaOH menggunakan metode refluks pada suhu 65 °C, perbandingan mol minyak:metanol = 1:2 dan massa katalis 0.5 % terhadap massa minyak jelantah. Biodiesel hasil penelitian telah sesuai dengan SNI 7128-2015 dibuktikan dengan nilai % hasil pada variasi waktu 30, 60 dan 90 menit secara berturut-

turut yaitu 93.01, 93.92 dan 93.26%; densitas secara berturut-turut yaitu 855.36, 856.63 dan 856.67 kg/m³; viskositas secara berturut-turut yaitu 3.834, 3.743 dan 3.724 Cst; titik nyala secara berturut-turut yaitu 134, 138 dan 126 °C; dan bilangan asam secara berturut-turut yaitu 0.1307, 0.1307 dan 0.1176 mg NaOH/g. Hasil GC-MS biodiesel menunjukkan kelimpahan paling besar adalah metil oleat sebesar 56.808%. Nilai kalor pembakaran dari biodiesel adalah 9494 kal/g. Nilai kalor pembakaran dari solar dex, biodiesel 100%, dan biodiesel 10% secara berturut-turut yaitu 10710.89, 9494, dan 10822 kal/g. Nilai Brake Horse Power (BHP) dari bahan bakar solar dex, biodiesel 100%, dan biodiesel 10% pada putaran 2000 rpm dan beban generator 1000 watt secara berturut-turut yaitu 1263.068, 1257.10, dan 1260.37 watt; nilai efisiensi thermis dari bahan bakar solar dex, biodiesel 100%, dan biodiesel 10% pada putaran 2000 rpm dan beban generator 1000 watt secara berturut-turut yaitu 17.95%, 18.94%, dan 18.14%. Waktu terbaik pada 60 menit dengan produk terbanyak.

V. Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih kepada Laboratorium Instrumentasi dan Metode Analisis Kimia Departemen Kimia, Fakultas Ilmu Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Daftar Pustaka

- [1] Meng, X., Chen, G., Wang, Y., 2008. Biodiesel production from waste cooking oil via alkali catalyst and its engine test. Fuel

- Process. Technol. 89, 851–857. doi:10.1016/j.fuproc.2008.02.006
- [2] Ramkumar, S., Kirubakaran, V., 2016. Biodiesel from vegetable oil as alternate fuel for C.I engine and feasibility study of thermal cracking: A critical review. *Energy Convers. Manag.* 118, 155–169. doi:10.1016/j.enconman.2016.03.071
- [3] Glisic, S.B., Orlović, A.M., 2014. Review of biodiesel synthesis from waste oil under elevated pressure and temperature: Phase equilibrium, reaction kinetics, process design and techno-economic study. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 31, 708–725. doi:10.1016/j.rser.2013.12.003
- [4] Winda, A., 2016. Pola Konsumsi Daging Ayam Broiler Berdasarkan Tingkat Pengetahuan Dan Pendapatan Kelompok Mahasiswa Fakultas Peternakan Universitas Padjadjaran. *Stud. E-J.* 5.
- [5] Kusdianto, Heri, 2016. 5 Franchise Fried Chicken Murah Terlaris [WWW Document]. *Pojok Bisnis.* URL <http://www.pojokbisnis.com/franchise/5-franchise-fried-chicken-murah-terlaris> (accessed 6.8.17).
- [6] Gardy, J., Hassanpour, A., Lai, X., Ahmed, M.H., 2016. Synthesis of $Ti(SO_4)_2$ solid acid nano-catalyst and its application for biodiesel production from used cooking oil. *Appl. Catal. Gen.* 527, 81–95. doi:10.1016/j.apcata.2016.08.031
- [7] Banerjee, A., Chakraborty, R., 2009. Parametric sensitivity in transesterification of waste cooking oil for biodiesel production—A review. *Resour. Conserv. Recycl.* 53, 490–497. doi:10.1016/j.resconrec.2009.04.003
- [8] Zeng, D., Yang, L., Fang, T., 2017. Process optimization, kinetic and thermodynamic studies on biodiesel production by supercritical methanol transesterification with CH_3ONa catalyst. *Fuel* 203, 739–748. doi:10.1016/j.fuel.2017.05.019
- [9] Leung, D.Y.C., Wu, X., Leung, M.K.H., 2010. A review on biodiesel production using catalyzed transesterification. *Appl. Energy* 87, 1083–1095. doi:10.1016/j.apenergy.2009.10.006
- [10] Duarte, J.G., Leone-Ignacio, K., da Silva, J.A.C., Fernandez-Lafuente, R., Freire, D.M.G., 2016. Rapid determination of the synthetic activity of lipases/esterases via transesterification and esterification zymography. *Fuel* 177, 123–129. doi:10.1016/j.fuel.2016.02.079
- [11] Laksono, T., 2013. Pengaruh Jenis Katalis $NaOH$ Dan KOH Serta Rasio Lemak Dengan Metanol Terhadap Kualitas Biodiesel Berbahan Baku Lemak Sapi. Universitas Hasanudin, Makasar.
- [12] Filho, S.C., Silva, T.A.F., Miranda, A.C., Fernandes, M.P.B., Felício, H.H. (Eds.), 2014. The Potential of Biodiesel Production from Frying Oil Used in the Restaurants of São Paulo city, Brazil. *Ital. Assoc. Chem. Eng., Chemical engineering transactions* 37, 1–7
- [13] Phan, A.N., Phan, T.M., 2008. Biodiesel production from waste cooking oils. *Fuel* 87, 3490–3496. doi:10.1016/j.fuel.2008.07.008
- [14] Fadhil, A.B., Bakir, E.T., 2011. Production of Biodiesel from Chicken Frying Oil. *Pak. J. Anal. Environ. Chem.* 12, 7.
- [15] Lotero, E., Liu, Y., Lopez, D.E., Suwannakarn, K., Bruce, D.A., & Goodwin, J.G., Jr., 2005. Synthesis of Biodiesel via Acid Catalysis, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 44(14), 5353-5363

- [16] Liu, K.S., 1994. Preparation of Fatty Acid Methyl Esters for Gas Chromatographic Analysis of Lipids in Biological Materials. *J. AM Oil Chem Soc.* 71, 1179-1187
- [17] Basu, H.N., Norris, M.E., 1996. Process for Production of Esters for Use as A Diesel Fuel Substitute Using a Non-Alkaline Catalyst. *US Patent 5525126*
- [18] Lopez, J.M., Gomez, A., Aparicio, F., Saez, J., 2009. Comparison of GHG Emissions from Diesel, Biodiesel and Natural Gas Refuse Trucks of the City of Madrid. *J. Appl. Energy.* 86, 610-615
- [19] Karaosmanoglu, F., Cigizoglu, K.B., Tuter, M., Ertekin, S., 1996. Investigation of the Refining Step of Biodiesel Production. *J. Energy Fuels.* 10, 890-895
- [20] Suryanto, A., Suprpto, S., Mahfud, M., 2015. Production Biodiesel from Coconut Oil Using Microwave: Effect of Some Parameters on Transesterification Reaction by NaOH Catalyst. *Bull. Chem. React. Eng. Catal.* 10. doi:10.9767/bcrec.10.2.8080.162-168
- [21] Tomasevic, A.V., Siler-Marinkovic, S.S., 2003. Methanolysis of used frying oil. *Fuel Process. Technol.* 81, 1-6. doi:10.1016/S0378-3820(02)00096-6
- [22] Tariq, M., Ali, S., Ahmad, F., Ahmad, M., Zafar, M., Khalid, N., Khan, M.A., 2011. Identification, FT-IR, NMR (¹H and ¹³C) and GC/MS studies of fatty acid methyl esters in biodiesel from rocket seed oil. *Fuel Process. Technol.* 92, 336-341. doi:10.1016/j.fuproc.2010.09.025