

Studi Emisi Pencemar Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas pada Mesin Diesel Generator 5 KVA

Oleh:

Mardono

S A R I

Penggunaan biodiesel (*FAME – Fatty Acid Methyl Ester*) sebagai pengganti bahan bakar mesin Diesel berkembang sangat pesat dalam usaha mengurangi ketergantungan pada bahan bakar minyak bumi.

Namun di Indonesia perkembangan pemanfaatan biodiesel terkendala oleh harga biodiesel yang lebih tinggi dari bahan bakar Diesel otomotif (minyak solar) yang masih disubsidi oleh pemerintah. Dengan demikian penggunaan minyak goreng bekas atau minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel mempunyai peluang untuk mendapatkan biodiesel dengan harga yang lebih murah.

Minyak jelantah adalah bahan yang terbuang dan sangat berbahaya bagi kesehatan apabila digunakan kembali sebagai minyak goreng karena sifatnya karsinogen, dan dengan proses transesterifikasi dapat diubah menjadi ester yang mempunyai karakteristik mendekati bahan bakar Diesel.

Pada studi ini, biodiesel yang dibuat dari minyak jelantah diuji sebagai bahan bakar pada mesin Diesel generator 5 KVA. Dalam uji penerapannya di laboratorium bahan bakar biodiesel murni B-100 maupun campuran B-10 dan B-50 dianalisis emisi opasitas asap, HC dan CO dari gas buangnya dan dibandingkan dengan emisi gas buang dari bahan bakar referensi minyak Solar. Di samping itu, konsumsi bahan bakarnya juga dibandingkan.

Hasil studi menunjukkan bahwa biodiesel dari minyak goreng bekas B-10, B-50, B100 dapat menjadi bahan bakar pengganti yang ramah lingkungan. Opasitas asap, emisi HC dan CO dari mesin diesel generator 5 KVA pada beban listrik sampai 2000 Watt secara signifikan masing-masing turun sampai -66,4%, -24,6% dan -28,6%, namun konsumsi bahan bakarnya meningkat antara 2,3% - 9,2%, masih diperlukan studi lanjutan untuk melihat pengaruhnya pada pembentukan deposit pada sistem injeksi bahan bakar dan ruang bakar mesin.

Kata kunci: Minyak goreng bekas, biodiesel, bahan bakar Diesel otomotif “minyak Solar”, emisi gas buang, bahan bakar alternatif

ABSTRACT

Biodiesel (FAME – Fatty Acid Methyl Ester) is increasingly used to extend or replace diesel fuel to reduce dependency on petroleum-based fuels. But, in Indonesia, using biodiesel as an alternative Diesel fuel is still inhibited by an economic threat. The biodiesel price is higher than the automotive diesel oil “minyak Solar” price because it is still a Government subsidized product. So that using waste vegetable oil rather than using straight vegetable oil as raw material of biodiesel will give opportunity to get cheaper biodiesel.

Waste vegetable oil (WVO) is a carcinogenic waste which it is very dangerous to human health when the WVO is used to refry. The WVO can be processed by transesterification to ester that has characteristics close to petroleum-based diesel fuels.

In the study, WVO-biodiesel was applied as a fuel for 5 KVA generator Diesel engine. In the laboratory implementation test, the engine exhaust gas emissions such as smoke opacity, HC, CO emissions of the biodiesel were analyzed and compared with the emissions of reference fuel "minyak Solar". The fuel consumption of the WVO-biodiesel was also measured and the results were compared with the fuel consumption of "minyak Solar".

The present study shows that WVO-biodiesel B-10, B-50, B-100 are a clean alternative diesel fuel. The smoke opacity, unburned HC emissions and CO emissions of the 5 KVA generator diesel engine (on electrical load of 2000 Watt) can be reduced significantly up to -66.4%, -24.6% and -28.6% respectively, however the fuel consumption is relatively higher by 2.3 to 9.2%. Further study is still required to recognize the affect of biodiesel on fuel injection system and engine combustion chamber deposit.

Key words: waste vegetable oil, biodiesel, automotive Diesel oil "minyak Solar", exhaust gas emissions, alternative fuels.

I. PENDAHULUAN

Beberapa hal yang melatar belakangi "Studi Emisi Pencemar Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas pada Mesin Generator 5 KVA" ini: Pertama, pemanfaatan barang terbuang (yaitu minyak jelantah) yang berbahaya bagi kesehatan (bila dipaksakan dikonsumsi) menjadi barang yang berguna. Kedua, menjaga lingkungan dengan menurunkan emisi pencemar dari gas buang. Ketiga, mendapatkan bahan baku yang relatif murah untuk biodiesel sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak Solar.

Minyak goreng bekas atau minyak jelantah bersifat karsinogenik yang dapat memicu terjadinya tumor jika digunakan lagi untuk menggoreng makanan dan masyarakat Indonesia pada umumnya masih belum menyadari akan hal tersebut.

Di sisi lain minyak goreng bekas dapat diproses dengan transesterifikasi menjadi bahan yang mempunyai karakteristik setara minyak Solar^[7].

Hal tersebut saling mendukung untuk dilakukannya studi aplikasi, yaitu menggunakan biodiesel yang dibuat dari minyak goreng bekas atau campurannya dengan minyak Solar sebagai bahan bakar pada mesin Diesel. Dalam studi ini digunakan mesin Diesel kecil penggerak generator 5 KVA yang banyak ditemui dan digunakan masyarakat.

Dalam uji implementasi biodiesel dari minyak jelantah ini akan diamati terutama mengenai emisi

pencemar dari gas buangnya dan konsumsi bahan bakar selama menggunakan bahan bakar biodiesel maupun campuran biodiesel dengan minyak Solar.

Metodologi penelitian yang digunakan dalam studi adalah studi literatur mengenai biodiesel dan bahan bakar diesel (minyak Solar), studi laboratorium untuk menganalisis karakteristik biodiesel (dari minyak jelantah), serta uji implementasi campuran biodiesel tersebut dengan minyak Solar ataupun biodiesel murni pada mesin Diesel generator 5 KVA.

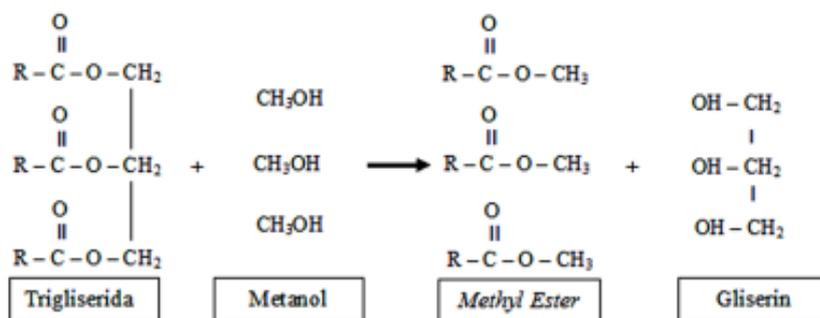
Evaluasi emisi gas buang mesin Diesel Generator 5KVA dilakukan melalui analisis opasitas asap (*smoke opacity*) dan emisi pencemar CO, HC pada saat digunakan bahan bakar biodiesel eks minyak jelantah (campuran dan murni), dibandingkan dengan minyak Solar. Dalam studi ini diamati kondisi operasi mesin Diesel Generator 5 KVA dari sudut kemudahan start dan konsumsi bahan bakarnya.

II. BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH

A. Reaksi Kimia Proses Transesterifikasi

Biodiesel adalah bahan *biodegradable fuel* untuk digunakan pada mesin Diesel yang diproduksi melalui proses transesterifikasi dari *organically derived oils* atau *fats* (lemak).^[8]

Proses kimiawi transesterifikasi pembuatan biodiesel (*Methyl Ester*) dari minyak nabati adalah sebagai berikut:^[3]



Gambar 1
Minyak jelantah sisa penggorengan tahu, tempe, pisang dan lain-lain sebagai bahan dasar pembuatan Biodiesel

Tabel 1
Kekentantalan dan density minyak jelantah
(yang sudah disaring)

Karakteristik	Satuan	Hasil analisis	Metode uji ASTM
Viskositas kinematik @ 40°C	mm ² /s	43,04	D 445
Density @ 30°C,	kg/m ³	902	D 1298
Density @ 40°C,	kg/m ³	894	D 1298

Minyak nabati dan lemak hewan adalah trigliserida yang mengandung gliserin. Proses pembuatan biodiesel akan mengubah minyak nabati menjadi esters. Trigliserida direaksikan dengan alkohol dengan menggunakan katalis natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH). Gliserin atau gliserol akan mengendap di bagian bawah dan mudah dipisahkan dari ester atau biodiesel yang berada pada lapisan atas.

Alkohol yang digunakan bisa metanol untuk membuat *methyl ester* atau etanol untuk membuat *ethyl ester*. Penggunaan etanol untuk pembuatan biodiesel relatif lebih sulit sehingga dalam studi ini digunakan metanol dengan katalis natrium hidroksida sehingga menghasilkan *methyl ester* yang sering disebut FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*).

B. Bahan Dasar Minyak Jelantah

Bahan dasar minyak jelantah dikumpulkan dari penjual tahu sumedang, tempe, pisang goreng di satu lokasi di daerah Bintaro Jakarta Selatan.

Minyak jelantah yang digunakan sebagai bahan baku adalah minyak jelantah bekas penggorengan tahu, tempe, bakwan, pisang, dan lain-lain. Secara visual terlihat kental dan sangat kotor bercampur dengan sisa-sisa tempe goreng, pisang goreng, tepung kering dan lain-lain sehingga perlu disaring. Penyaringan dilakukan dua tahap yaitu penyaringan kasar (saringan makanan) dan penyaringan halus dengan kertas saring. Kemudian dilanjutkan proses pemanasan untuk melihat dan menghilangkan kandungan air dalam minyak. Analisis laboratorium bahan baku minyak jelantah yang telah disaring yang dilakukan adalah analisis berat jenis/density dan viskositas kinematik. Yang hasil analisisnya adalah: density pada temperatur kamar @ 30°C 902 kg/m³, density @ 40°C 894 kg/m³, dan viskositas kinematik @ 40°C 43,04 mm²/s (cSt). Lihat Tabel 1.

Bahan minyak jelantah yang sudah disaring dan tidak mengandung air siap digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel.

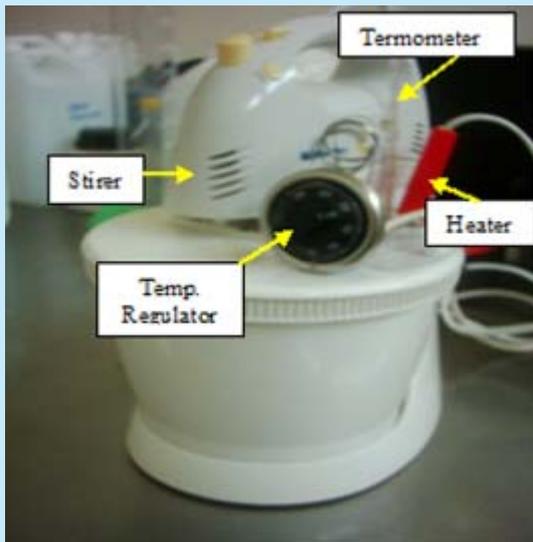
C. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah

Dalam studi ini, proses transesterifikasi pembuatan biodiesel dari minyak jelantah

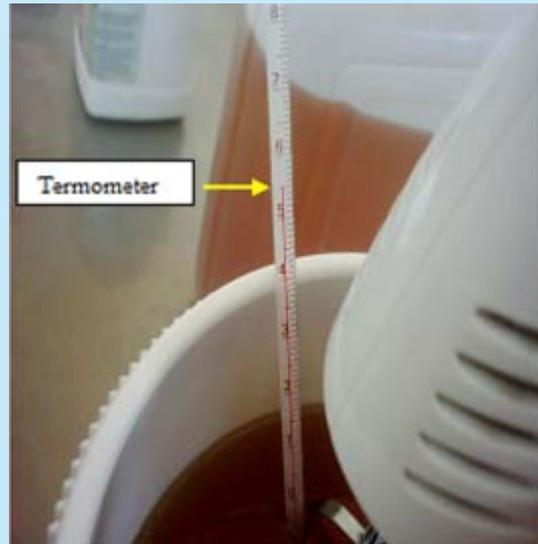
dilaksanakan dengan menggunakan mixer kapasitas dua liter dengan temperatur operasi proses 55°C selama satu jam.

Tahapan pembuatan biodiesel dari minyak jelantah terdiri dari tahap-tahap persiapan, proses, transfer, pengendapan, pencucian dan penjernihan.

Dalam tahap proses, dimulai dengan *pre-heating* (pemanasan awal) minyak jelantah yang telah disaring sampai 55 °C (130 °F) dalam mixer sebagai alat proses (prosesor) dan dilanjutkan dengan mencampurkan *sodium methoxide* (campuran metanol dan katalis natrium hidroksida) yang telah



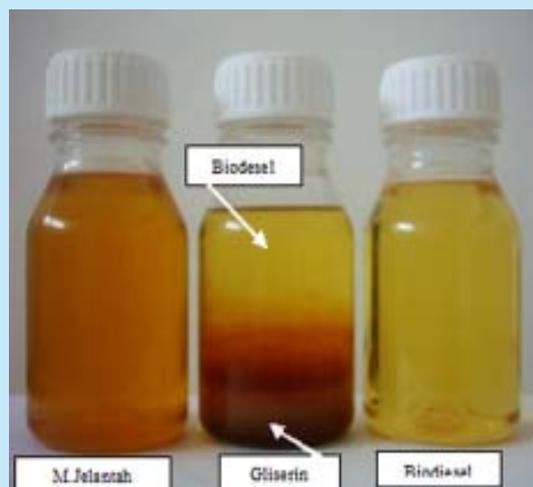
Gambar 2
Mixer/prosesor pemuatan biodiesel



Gambar 3
Pre-heating minyak jelantah sampai 55 °C



Gambar 4
Proses pengendapan



Gambar 5
Perbandingan minyak jelantah (telah disaring), hasil proses transesterifikasi, dan biodiesel setelah proses penjernihan

disiapkan. Waktu proses dalam studi ini dilakukan selama satu jam dan temperatur proses dipertahankan 55 °C. Gambar 2 memperlihatkan peralatan atau sarana proses dan Gambar 3 menunjukkan temperatur 55 °C saat *pre-heating* dan proses pencampurannya.

Dalam tahap Pengendapan, gliserin sebagai produk samping yang berwarna lebih gelap akan terkumpul di bagian bawah, dan Biodiesel yang berwarna jernih akan berada dilapisan atas. Warna Biodiesel tergantung dari jenis bahan dasar minyak nabati yang digunakan (*waste vegetable oil* atau minyak jelantah dapat berwarna lebih gelap). Gambar 4 menunjukkan hasil tahap pengendapan.

Dalam tahap pengendapan ini dapat dihitung hasil biodiesel dari total volume minyak jelantah dan metanol berkisar antara 92% – 94% volume.

Setelah tahap pencucian dan tahap penjernihan, biodiesel akan bening/jernih dan siap digunakan. Gambar 5 menampilkan perbandingan antara minyak jelantah setelah disaring, hasil proses transesterifikasi minyak jelantah dan produk akhir biodiesel setelah proses penjernihan.

III. MESIN UJI

Mesin uji yang digunakan dalam studi ini adalah mesin Diesel generator tipe motor Diesel horisontal 4 langkah, 583 cc, berpendingin air, sistim pengabutan langsung, dengan daya kontinyu 9,2 hp / 2400 rpm dan daya maksimum 10,5 hp / 2400 rpm. Mesin Diesel tersebut sebagai penggerak generator dengan frekuensi 50 Hz, keluaran: 5 KVA atau 5 KW,

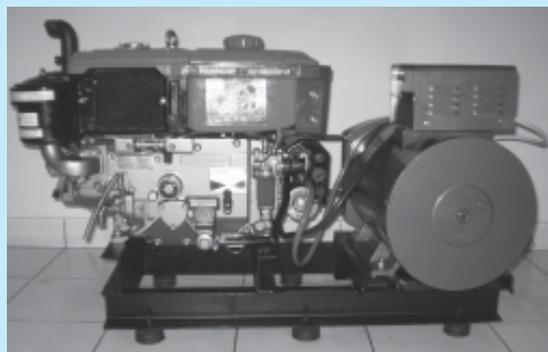
tegangan 110 Volt / 220 Volt, jumlah fase satu, 2 kawat, dengan putaran tetap 1500 rpm.

Gambar Mesin Diesel Generator yang digunakan sebagai mesin uji ditampilkan pada Gambar 6.

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Sifat Fisika Kimia Biodiesel dari Minyak Jelantah dan Minyak Solar

Minyak jelantah yang relatif kental dengan viskositas kinematik @ 40°C 43,04 mm²/s tersebut setelah proses transesterifikasi menjadi biodiesel (FAME) dengan viskositas kinematik @ 40°C 5,32 mm²/s yang berarti sudah setara atau mendekati



Gambar 6
Mesin diesel generator 5 KVA
sebagai mesin uji

Tabel 2
Hasil analisis laboratorium karakteristik utama biodiesel
berbahan dasar minyak jelantah

Karakteristik	Satuan	Hasil analisis	Spesifikasi biodiesel	Metode uji ASTM
			(SNI 04-7182-2006) [7]	
Viskositas kinematik @ 40°C	mm ² /s	5,32	2,3 – 6,0	D 445
Density @ 40°C,	kg/m ³	860	850 – 890	D 1298
Angka setana	CN	56,4	min 51	D 613
Titik nyala (Mangkok tertutup)	°C	> 110	min 100	D 93
Titik kabut	°C	15	maks 18	D 2500
Korosi lempeng tembaga (3 jam @ 50 °C)	No.ASTM	No. 1	maks No.3	D 130
Residu karbon	% massa	0,022	maks 0,05	D 4530
Angka asam	mg-KOH/g	0,153	maks 0,8	D 664
Lubrisitas, <i>scare diameter</i>	micron	182	-	D 6079

viskositas bahan bakar Diesel (spesifikasi bahan bakar Diesel Indonesia jenis minyak Solar 48 adalah 2 - 5 mm²/s) dan memenuhi spesifikasi biodiesel standar internasional ASTM Designation PS 121 – 99 antara 1,9 – 6,0 mm²/s [1] maupun standard Indonesia SNI 04-7182-2006 antara 2,3 – 6,0 mm²/s. [2]

Secara lengkap hasil analisis biodiesel ex minyak jelantah untuk karakteristik utamanya dan spesifikasi menurut SNI 04-7182-2006 [2] ditampilkan dalam Tabel 2.

Dapat dilihat pada Tabel 2 mengenai hasil analisis laboratorium biodiesel bahwa karakteristik viskositas kinematik @ 40°C, ASTM D 445, density @ 40°C, ASTM D 1298, angka setana, ASTM D 613, titik nyala (mangkok tertutup), ASTM D 93, titik kabut, ASTM D 2500, korosi lempeng tembaga (3 jam @ 50°C), ASTM D 130, residu karbon, ASTM D 4530, angka asam, ASTM D 664 dari biodiesel ex minyak jelantah yang dibuat, memenuhi spesifikasi Standar Nasional Indonesia menurut SNI 04-7182-2006.

Minyak Solar yang akan dicampurkan dengan biodiesel diuji di laboratorium untuk karakteristik yang sama dan hasil analisisnya ditampilkan pada Tabel 3.

Dari hasil analisis di Tabel 3 untuk karakteristik yang diuji menunjukkan bahwa minyak Solar yang digunakan dalam studi ini juga memenuhi spesifikasi yang ditetapkan pemerintah

B. Hasil Uji Implementasi

1. Bahan Bakar Uji

Dalam studi ini disiapkan sample minyak Solar (B-0), campuran biodiesel B-10, B-50 dan biodiesel ex minyak jelantah murni B-100.

Sebutan B-0, B-10, B-50, B-100 adalah istilah umum yang banyak digunakan untuk menyebut campuran biodiesel dalam minyak Solar, atau yang sering menggunakan B-XX, arti XX adalah banyaknya biodiesel (dalam % volume) dalam campuran minyak Solar. Sebagai contoh: B-10 artinya 10% volume biodiesel 90% volume minyak Solar, B-0 adalah minyak Solar murni, dan B-100 adalah biodiesel murni.

2. Kemudahan Start Mesin

Biodiesel B-10, B-50 dan B-100 diimplementasikan sebagai bahan bakar untuk mesin Diesel stasioner. Ditetapkan mesin Diesel generator dengan kapasitas 5 KVA sebagai mesin uji yang banyak digunakan masyarakat sebagai pembangkit tenaga listrik. Pabrik mobil dan mesin dunia melalui Worldwide Fuel Charter September 2006 masih sangat membatasi kandungan FAME dalam bahan bakar Diesel untuk kendaraan bermotor, yaitu Katagori 1-3 dibatasi maksimum kandungan FAME 5% volume bahkan Katagori 4 kandungan FAME harus tidak terdeteksi. [6]

Tabel 3
Hasil analisis laboratorium karakteristik utama minyak solar

Karakteristik	Satuan	Hasil Analisis	Spesifikasi M.Solar 48 [4]	Metode Uji ASTM
Viskositas kinematik @ 40°C	mm ² /s	4,49	2,0 – 5,0	D 445
Density @ 40°C,	kg/m ³	836	815 – 870 (@ 15°C)	D 1298
Angka setana	CN	51,7	min 48	D 613
Titik nyala (Mangkok tertutup)	°C	83	min 60	D 93
Titik kabut	°C	17	-	D 2500
Korosi lempeng tembaga (3 jam @ 50 °C)	No.ASTM	-	maks No.1 (@ 100°C)	D 130
Residu karbon	% massa	0,009	maks 0,1	D 4530
Angka asam	mg-KOH/g	0,114	maks 0,6	D 664
Lubrisitas, scare diameter	micron	429	-	D 6079

Catatan: Density dan Korosi lempeng tembaga diuji @ temperature yang sama dengan Biodiesel agar dapat dibandingkan.

Kemudahan start diamati secara visual dan sifatnya tidak kuantitatif. Mesin Diesel Generator dijalankan dengan menggunakan bahan bakar secara bergantian B-0, B-10, B-50 dan B-100, dan start dilakukan dengan menggunakan accu / baterai 12 Volt/ 40 AH pada posisi *control rack* bahan bakar terbuka maksimum.

Dari pengamatan, kemudahan start mesin dengan bahan bakar minyak Solar murni (B-0) kemudian dibandingkan dengan bahan bakar biodiesel B-10, B-50 dan biodiesel murni (B-100) relatif tidak ada perbedaan atau relatif sama.

3. Konsumsi Bahan Bakar

Pengujian Konsumsi bahan bakar dilakukan dengan mengukur waktu yang dibutuhkan untuk mengkonsumsi sejumlah 50 cc bahan bakar, sehingga dapat dihitung konsumsi bahan bakar dalam liter/jam dari mesin Diesel pada beban generator tertentu. Konsumsi bahan bakar diukur pada beban generator 0 (tanpa beban listrik), beban listrik 500 Watt, 1000 Watt dan 2000 Watt.

Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Biodiesel B-10, B-50, B-100 dengan Minyak Solar B-0 ditampilkan pada Gambar 7.

Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa makin tinggi kandungan biodiesel dalam minyak Solar berpengaruh pada peningkatan konsumsi bahan bakar.

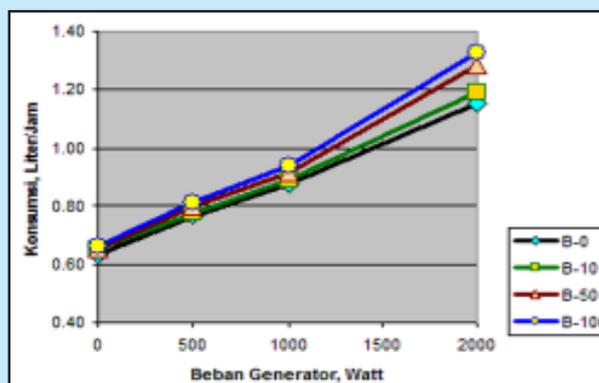
Konsumsi bahan bakar dengan beban listrik 0-2000 Watt dari biodiesel B-0, B-10, B-50, B-100 berturut-turut berkisar antara 0,63 -1,15 liter/jam, 0,65 -1,19 liter/jam, 0,65 -1,28 liter/jam dan 0,66 -1,33 liter/jam.

Sehingga jika dihitung secara rata-rata maka konsumsi bahan bakar pada beban generator rata-rata 0-2000 Watt dari bahan bakar biodiesel B-10, B-50, B-100 lebih besar berturut-turut +2,3% , +6,3% , dan +9,2% dibandingkan konsumsi bahan bakar minyak Solar B-0.

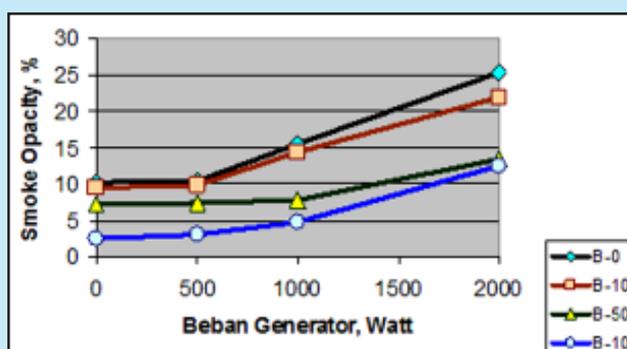
Peningkatan konsumsi biodiesel ini dimungkinkan karena *gross calorific value* biodiesel (tipikal 33,94 MJ/Lt)^[7] lebih rendah -8,32% dibanding minyak Solar (37,02 MJ/Lt).

4. Analisis Gas Buang

Dalam analisis gas buang dari mesin uji, mesin Diesel generator 5KVA, diukur opasitas asap, emisi



Gambar 7
Perbandingan konsumsi bahan bakar biodiesel B-10, B-50, B-100 dengan minyak solar B-0 pada beban generator 0 – 2000 watt



Gambar 8
Perbandingan emisi opasitas asap gas buang mesin diesel generator 5 KVA antara bahan bakar biodiesel B-10, B-50, B-100 dengan minyak solar B-0 pada beban generator 0-2000 watt

HC dan emisi CO pada beban listrik yang bervariasi dari 0 sampai 2000 Watt.

4.1. Opasitas Asap Gas buang

Opasitas asap gas buang dari mesin uji (mesin Diesel generator 5KVA) diuji pada beban 0-2000 Watt dengan empat sampel bahan bakar bergantian B-0, B-10, B-50 dan B-100.

Perbandingan opasitas asap gas buang dari masing-masing bahan bakar pada tanpa beban listrik generator, beban 500 Watt, 1000 Watt dan 2000 Watt dapat dilihat pada Gambar 8.

Pada Gambar 8 terlihat bahwa beban generator makin tinggi maka emisi opasitas asap meningkat dan jika diamati antara emisi opasitas asap mesin dengan bahan bakar biodiesel B-10, B-50, B-100 dengan minyak Solar B-0, maka akan terlihat bahwa penambahan biodiesel pada minyak Solar akan menurunkan emisi opasitas asap gas buang secara signifikan.

Emisi opasitas asap gas buang mesin Diesel dengan dengan beban listrik 0-2000 Watt dari bahan bakar biodiesel B-0, B-10, B-50, B-100 berturut-turut berkisar antara 10,2-25,2%, 9,5-22,0%, 7,2-13,4% dan 2,5-12,5%.

Sehingga jika dihitung secara rata-rata maka emisi opasitas asap gas buang mesin Diesel pada beban generator rata-rata 0-2000 Watt dari bahan bakar biodiesel B-10, B-50, B-100 menurun secara signifikan berturut-turut -8,1%, -39,0%, -66,4%. dibandingkan jika menggunakan bahan bakar minyak Solar B-0.

4.2. Emisi Pencemar HC

Emisi pencemar HC pada gas buang mesin uji (mesin Diesel generator 5KVA) diuji pada beban 0-2000 Watt dengan empat sampel bahan bakar bergantian B-0, B-10, B-50 dan B-100.

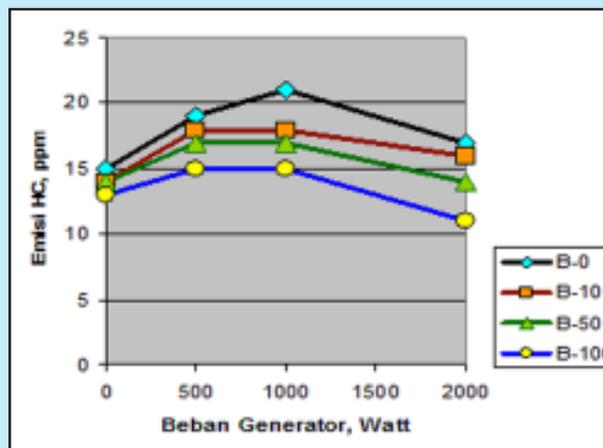
Perbandingan hasil analisis emisi gas buang HC dari masing-masing bahan bakar pada mesin Diesel tanpa beban listrik generator, beban 500 Watt, 1000 Watt dan 2000 Watt dapat dilihat pada Gambar 9.

Jika diamati antara emisi pencemar HC gas buang mesin dengan bahan bakar biodiesel B-10, B-50, B-100 dengan minyak Solar B-0, maka akan terlihat bahwa penambahan biodiesel pada minyak Solar akan menurunkan emisi HC gas buang secara signifikan.

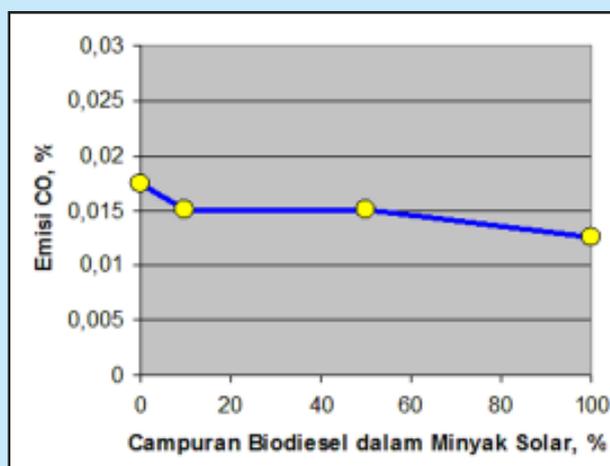
Terlihat juga dari Gambar 9 bahwa dengan mesin Diesel uji yang digunakan, sampai pada beban generator 1000 Watt emisi HC meningkat dan menurun pada beban 1000-2000 Watt.

Emisi pencemar HC gas buang mesin Diesel dengan dengan beban listrik 0-2000 Watt dari bahan bakar biodiesel B-0, B-10, B-50, B-100 berturut-turut berkisar antara 15-21 ppm, 14-18 ppm, 14-17 ppm, dan 11-15 ppm.

Sehingga jika dihitung secara rata-rata, maka emisi



Gambar 9
Perbandingan emisi gas buang HC mesin diesel generator 5 KVA antara bahan bakar biodiesel B-10, B-50, B-100 dengan minyak solar B-0 pada beban generator 0-2000 watt



Gambar 10
Penurunan Emisi gas buang CO dari mesin diesel generator 5 KVA dengan ditambahkannya biodiesel pada minyak solar pada beban generator rata-rata 0-2000 watt

pencemar HC gas buang mesin Diesel pada beban generator rata-rata 0-2000 Watt dari bahan bakar biodiesel B-10, B-50, B-100 menurun secara signifikan berturut-turut signifikan -8,0%, -13,5%, -24,6% dibandingkan jika menggunakan bahan bakar minyak Solar B-0.

4.3. Emisi Pencemar CO

Perbandingan hasil analisis emisi gas buang CO dari bahan bakar B-0, B-10, B-50 dan B-100 pada beban generator 0-2000 Watt ditampilkan pada Gambar 10.

Hasil analisis gas buang menunjukkan bahwa pada beban rendah 0-500 Watt emisi CO bahan bakar B-0, B-10, B-50 dan B-100 tidak menunjukkan perbedaan, namun pada beban 1000 dan 2000 Watt ada penurunan emisi CO pada penambahan biodiesel. Sehingga kalau dilihat pada beban rata-rata dari 0-2000 Watt akan terlihat kecenderungan penurunan emisi CO, yaitu rata-rata emisi CO untuk B-0: 0,0175% dan B-10: 0,015% serta B-100: 0,0125%. Jika dihitung penurunan emisi CO antara biodiesel dengan minyak Solar pada beban rata-rata 0-2000 Watt mesin uji, B-10 : B-0 adalah -14,3%, B-50:B-0 adalah -14,3% dan B-100:B-0 adalah -28,6%.

Gambar 10 menunjukkan penurunan emisi CO dari gas buang mesin uji dengan ditambahkan biodiesel pada minyak Solar pada beban generator rata-rata 0-2000 Watt.

Hasil analisis gas buang dari mesin Diesel generator 5 KVA diatas terlihat secara signifikan bahwa penambahan biodiesel dari minyak jelantah dalam minyak Solar dapat menurunkan opasitas asap, emisi pencemar HC dan emisi pencemar CO. Biodiesel murni (B-100) menurunkan opasitas asap, emisi pencemar HC dan emisi pencemar CO dari gas buang mesin Diesel generator 5 KVA pada beban rata-rata 0-2000 Watt sampai mencapai -66,4%, -24,6% dan -28,6%. Sehingga dari sisi emisi gas buang, biodiesel dari minyak jelantah dapat menjadi pengganti bahan bakar minyak Solar yang lebih ramah lingkungan.

Pengujian-pengujian di atas dilakukan pada satu saat, artinya belum dilihat dari implementasi pada kurun waktu yang panjang, sehingga dampak penggunaan biodiesel terhadap kemungkinan-kemungkinan lain seperti kemungkinan pembentukan deposit pada sistem injeksi bahan bakar dan ruang bakar mesin (seperti yang diklaim oleh pabrik kendaraan dunia) belum dapat dibuktikan. Pabrik kendaraan dan mesin dunia masih meragukan dan belum memberikan rekomendasi penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar mesin Diesel terutama untuk mesin Diesel otomotif. Hal ini ditunjukkan pada spesifikasi yang dituangkan pada World-wide Fuel

Charter (WWFC) 2006 yang digunakan oleh pabrik otomotif dan mesin dunia Eropa, Amerika, Jepang (ACEA, Alliance, EMA, JAMA) sebagai batasan mutu untuk bahan bakar. Pada spesifikasi WWFC tersebut dituangkan dalam 4 kategori, kategori 1 hanya memperhitungkan dampaknya pada kinerja mesin sampai kategori 4 yang paling ramah lingkungan. Spesifikasi bahan bakar Diesel WWFC kategori 1-3 membolehkan penambahan biodiesel (FAME) maksimal 5% volume dan untuk kategori 4 kandungan FAME harus tidak terdeteksi.^[6] Dari alasan tersebut maka masih perlu studi lanjutan untuk melihat kemungkinan pengaruh penggunaan biodiesel ini pada pembentukan deposit baik di ruang bakar mesin maupun di sistim injeksi bahan bakar.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari studi ini adalah: dilihat dari sisi emisi pencemar lingkungan, biodiesel dari minyak jelantah (B-10, B-50, dan B-100) dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar yang ramah lingkungan untuk mesin Diesel generator 5 KVA. Hal tersebut terlihat dari hasil studi sebagai berikut:

- Hasil uji laboratorium fisika kimia utama biodiesel (viskositas kinematik @ 40°C, ASTM D 445, density @ 40°C, ASTM D 1298, angka setana, ASTM D 613, titik nyala (mangkok tertutup), ASTM D 93, korosi lempeng tembaga 3 jam @ 50°C, ASTM D130, Lubrisitas, ASTM D 6079) menunjukkan bahwa biodiesel dari minyak jelantah yang dibuat memenuhi persyaratan standar nasional Indonesia menurut SNI 04-7182-2006.
- Kemudahan start menggunakan bahan bakar biodiesel dari minyak jelantah B-10, B-50 dan biodiesel murni B-100 serta minyak Solar B-0 relatif sama.
- Penggunaan biodiesel dari minyak jelantah dalam campuran minyak Solar pada mesin Diesel generator 5 KVA menurunkan emisi opasitas asap, HC dan CO dari gas buang secara signifikan.
- Secara kuantitatif penurunan opasitas asap, emisi HC dan emisi CO dari gas buang mesin Diesel generator 5 KVA pada beban listrik rata-rata (tanpa beban, beban 500,1000 dan 2000 Watt) untuk bahan bakar B-10, B-50, dan B-100 dibandingkan dengan minyak Solar referensi (B-0) adalah:
 - Penurunan opasitas asap B-10, B-50, dan B-

- 100 dibandingkan dengan minyak Solar B-0: -8,1%, -39,0% dan -66,4%
- Penurunan emisi pencemar HC dari B-10, B-50, dan B-100 dibandingkan dengan minyak Solar B-0: -8,0%, -13,5% dan -24,6%
 - Penurunan emisi pencemar CO dari B-10, B-50, dan B-100 dibandingkan dengan minyak Solar B-0: -14,3%, -14,3% dan -28,6%
 - Kosumsi bahan bakar biodiesel dari minyak jelantah dalam campuran (B-10, B-50) maupun murni (B-100) pada mesin Diesel generator 5 KVA dengan tanpa beban, beban 500 Watt, 1000 Watt, 2000 Watt relatif lebih boros dibandingkan dengan minyak Solar referensi (B-0).

Peningkatan rata-rata konsumsi bahan bakar B-10, B-50 dan B-100 dibanding minyak Solar B-0 berturut-turut adalah +2,3%, +6,3% dan +9,2%.

Saran: Pada studi ini, bahan bakar biodiesel dari minyak jelantah belum dioperasikan dalam satu kurun waktu yang cukup panjang dan pabrik mesin dan pabrik otomotif dunia masih mempertimbangkan penggunaan biodiesel sebagai pengganti minyak Solar karena beberapa kelemahannya, antara lain pembentukan deposit pada sistim injeksi bahan bakar^[6], sehingga masih diperlukan studi lanjutan untuk melihat efek penggunaan biodiesel pada ruang bakar mesin diesel dan bagian mesin yang lain.

KEPUSTAKAAN

1. ASTM, 1999, *ASTM Provisional Specification for Biodiesel Fuel (B100) Blend Stock for Distillate Fuels*, ASTM PS 121 – 99, USA
2. Badan Standardisasi Nasional, 2006, *Standar Nasional Indonesia Biodiesel, SNI 04-7182-2006*, Jakarta
3. Chevron Oronite, 1998, *Diesel Fuels Technical Review*, Chevron Product Company, USA
4. Dirjen Migas, 2006, *Spesifikasi Bahan Bakar Jenis Minyak Solar 48*, SK No. 3675.K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006, Jakarta
5. Keith Owen, Trevor Coley, 1995, *Automotive Fuels Reference Book*, Society of Automotive Engineers, Inc., USA
6. NN, 2006, *World-Wide Fuel Charter, September 2006*, Fourth Edition, ACEA, Alliance, EMA, JAMA
7. Oberlin Sijabat, 2004, *Pengolahan Minyak Goreng Bekas (Jelantah) menjadi Bahan Bakar Setara Solar (Biodiesel) dengan Proses Transesterifikasi*, Lembaran Publikasi Lemigas, Vol 38 No. 2/2004, Lemigas, Jakarta
8. UOP, 1998, *Diesel Fuel Specifications and Demand for the 21st Century*, UOP LLC, Des Plaines, Illinois.