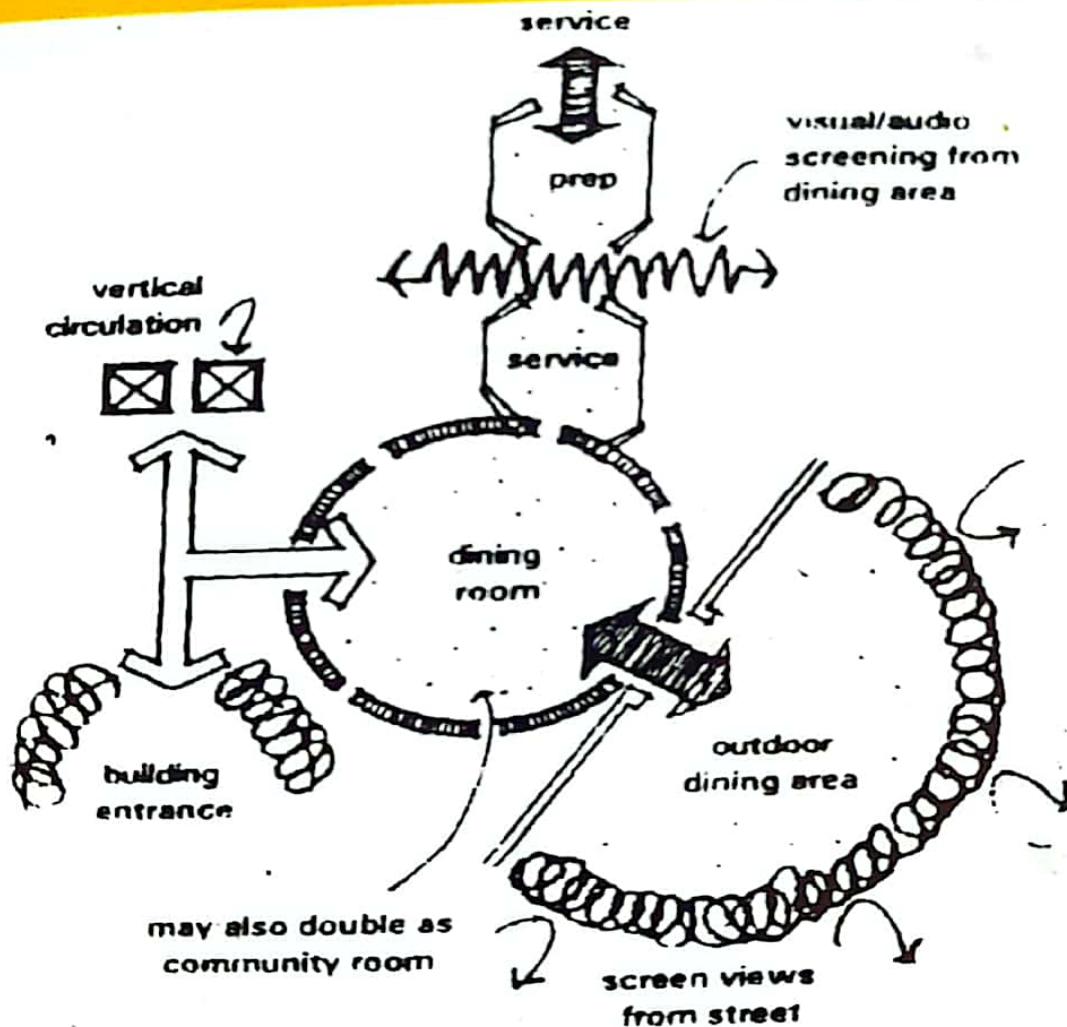


NITA SULEMAN

ISSN : 1693 - 6191

JURNAL TEKNIK



Volume 8, No.2. Desember 2010

Diterbitkan oleh:

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO

JURNAL TEKNIK

Volume 8, No. 2. Desember 2010 – ISSN : 1693 – 6191

- Pengarah** : Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo
- Penanggung Jawab** : Pembantu Dekan I Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo
- Ketua** : Rifadli Bahsuan, ST, MT.
Sekretaris : Irwan Wunarlan, ST, MSi.
Bendahara : Marike Mahmud, S.T., M.Si.
Anggota : Yuliyanti Kadir, ST, MT.
Yasin Muhammad, ST, MT.
Darwis Hineo, ST, MT.
L. Ningrayati Amali, S.Kom, M.Kom.
Hasmah, S.Pd.
Harley Rizal Lihawa, ST, MT.
- Reviewer untuk Edisi ini** : Harley R. Lihawa, ST, MT
Irwan Wunarlan, ST, MSi
Yuliyanti Kadir, ST, MT
Rifadli Bahsuan, ST, MT
Ir. Wahab Musa, MT
- Pelaksana Tata Usaha** : Alexander Badjuka, A.M.d.
Charles Mopangga, S.Pd.
Laswi Kamali, A.Md.
Sri Ninang Hadjarati, A.Md.

JURNAL TEKNIK adalah jurnal ilmiah Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo. Jurnal ini diterbitkan sebagai wadah komunikasi ilmiah penyebar luasan hasil-hasil penelitian, maupun kajian ilmiah di dalam bidang Teknik Sipil, Teknik Elektro, Teknik Informatika, Teknik Kriya, Teknik Arsitektur, dan Teknik Industri serta bidang teknik terkait lainnya. Jurnal terbuka bagi civitas akademika Universitas Negeri Gorontalo, maupun masyarakat akademis pada umumnya, dan diterbitkan setiap bulan Juni dan Desember. Terbit pertama kali pada bulan Juni 2003.

Redaksi berhak menetapkan tulisan yang akan dimuat, mengadakan perubahan susunan naskah, memperbaiki bahasa, meminta penulis untuk memperbaiki naskah, dan menolak naskah yang tidak memenuhi syarat.

ALAMAT REDAKSI

JURNAL TEKNIK, Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo.

Jl. Jenderal Sudirman No. 6 Gorontalo - 96128

Telp. (0435) 821125 Pes. 281; Fax.: (0435) 821752 atau (0435) 821183

e-mail: rifadli_b03@yahoo.com atau wunarlan72@gmail.com

DAFTAR ISI

Volume 8, No. 2, Desember 2010 – ISSN : 1693 – 6191

Analisis Radiasi Gelombang Elektromagnetik SUTT 150 kV Menggunakan Metode <i>Geometric Mean Distance</i> (GMD) Dan <i>Geometric Mean Radius</i> (GMR) Ervan Hasan Harun	145
Evaluasi Timbunan TPI Gentuma Kabupaten Gorontalo Utara Fadly Achmad	161
Pemilihan Dan Penataan Interior Yang Tepat Pada Rumah Tinggal Type Mungil Di Gorontalo (Studi Kasus Rumah Type 36, 45, 54) Kalih Trumansyahjaya	171
Penerapan Konsep Nilai Hasil Pada Proyek Lanjutan Pembangunan Gedung Kantor DPRD Kabupaten Gorontalo Utara Arfan Utiahman	183
Formulasi Bahan Dan Teknik <i>Finishing</i> Untuk Produk-Produk Kriya I Wayan Sudana	196
Pengaruh Waktu Tinggal Hidrolis (Hrt) Terhadap Penurunan Senyawa Amonium Nitrat Menggunakan Bakteri, Batu Belerang Dan Batu Kapur Hasanuddin	208
Mengukur Kepuasan Mahasiswa Terhadap Kualitas Pelayanan Administrasi Akademik Di Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo Nilawaty Yusuf	220
Arsitektur Dekonstruksi (Kajian Teori, Metode Dan Aplikasi) Harley Rizal Lihawa	231
Uji Kinerja Bahan Bakar Campuran Biodiesel dan Petrodiesel dengan Mesin Diesel Nita Suleman	245
Daftar Intisari dan Abstrak Jurnal Teknik Vol. 8, No. 1, Juni 2010	254
Sampul Depan: Proses Pengorganisasian Ruang Dalam Desain Interior : Tahap 1 (artikel halaman 173)	

UJI KINERJA BAHAN BAKAR CAMPURAN BIODIESEL DAN PETRODIESEL DENGAN MESIN DIESEL

Nita Suleman¹

Intisari

Biodiesel diproduksi dari proses esterifikasi minyak goreng bekas dengan methanol dan katalis KOH pada kondisi konsentrasi katalis 0,75 %, perbandingan pereaksi 2,5 kali serta suhu 333 K. Uji Coradson Carbon Residue (CCR) yang memenuhi standar adalah solar murni dan campuran solar : ester : butanol : 2:1:2, sehingga komposisi optimal yang direkomendasikan untuk uji dengan mesin diesel adalah pada komposisi tersebut (20% biodiesel). Pengujian kinerja mesin diesel yang menggunakan bahan bakar campuran menunjukkan bukti bahwa biodiesel mampu menggantikan solar sebagai bahan bakar mesin diesel dengan kinerja yang relatif baik.

Kata kunci : biodiesel, uji kinerja mesin diesel

Abstract

Biodiesel was made from jelanta oil esterification which reacted by methanol and KOH catalyst at 0,75% catalyst concentration, 2,5 times comparison reactan and the temperature at 333 K. CCR test which fulfill the standart is pure diesel oil :ester : buthanol : 2:1:2, so that the optimal composition which recommended is 20 % biodiesel..The tesing of diesel engine performance which use fuel mixture have been proved that biodiesel have been able substitute diesel oil as fuel of diesel engine .

Keywords : biodiesel, test of diesel engine

PENGANTAR

Salah satu alternatif bahan bakar diesel yang potensial untuk dikembangkan adalah minyak nabati atau biodiesel. Biodiesel dapat dijadikan bahan bakar alternatif ramah lingkungan. Biodiesel merupakan minyak nabati yang bisa diproduksi dari berbagai macam tumbuhan yang tumbuh dengan baik di Indonesia. Di antaranya kelapa, kelapa sawit, jarak / jarak pagar, kapuk atau randu dan masih banyak tanaman lainnya. Selain itu biodiesel bisa juga diproduksi dari minyak goreng bekas atau yang biasa disebut dengan minyak jelanta.

Minyak goreng bekas atau minyak jelanta, tidak akan lagi menjadi barang buangan. Walaupun warnanya sudah sangat pekat karena sering digunakan, namun minyak goreng bekas tersebut masih bisa dimanfaatkan. Minyak goreng bekas yang sudah melalui proses penyaringan dapat digunakan untuk energi biodiesel yang bisa digunakan untuk menghidupkan mesin diesel tanpa atau tidak dengan substitusi solar.

¹ Nita Suleman, ST, MT, Dosen Jurusan Kimia Universitas Negeri Gorontalo

Berdasarkan latar belakang pemikiran diatas, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut : Bagaimana pengaruh temperatur, perbandingan pereaksi dan konsentrasi katalis terhadap kecepatan reaksi metanolisis minyak goreng bekas; Bagaimana kondisi optimal proses metanolisis minyak goreng bekas.

Minyak goreng bisa diproduksi dari tanaman kelapa serta bisa juga berasal dari tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis*), yang termasuk famili *palmae*. Minyak goreng yang berasal dari kelapa sawit cenderung lebih disukai daripada minyak goreng dari kelapa karena mempunyai beberapa keunggulan antara lain kecenderungan berasap lebih rendah dan tingkat perkaratan pada kualiti lebih sedikit (Lubis, 1996).

Buah kelapa sawit dapat menghasilkan dua jenis minyak, yakni minyak yang berasal dari sabut (*mesokarpium*), yang disebut minyak sawit kasar (*crude palm oil*), dan minyak dari daging buah (*endosperm*), yang dinamakan minyak inti sawit (*palm kernel oil*).

Minyak sawit terdiri atas senyawa gliserol dan asam lemak dalam bentuk trigliserid. Asam lemak yang terikat dalam minyak sawit terdiri atas asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh. Penyusun terbesar asam lemak yang terikat sebagai minyak sawit adalah asam palmitat 48%, asam oleat 38 %, dan asam linoleat 9% (Kirk dan Othmer, 1965)

Biodiesel merupakan senyawa metil ester yang dihasilkan dari esterifikasi asam lemak (yang berasal dari minyak nabati atau hewani) dengan alkohol rantai pendek. Reaksi alkoholisis/esterifikasi merupakan reaksi bolak-balik yang relatif lambat. Untuk itu, guna mempercepat jalannya reaksi dan meningkatkan hasil, proses dilakukan dengan pengadukan yang baik, penambahan katalis untuk menurunkan energi aktivasi dan pemberian reaktan yang berlebihan agar reaksi bergeser ke arah kanan. Pemilihan katalis dilakukan berdasarkan kemudahan penggunaan dan pemisahannya dari produk. Untuk itu dapat digunakan katalis asam, basa atau penukar ion (Groggins, 1958).

Secara umum, faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan reaksi heterogen adalah waktu reaksi, suhu, perbandingan pereaksi, pengadukan, jumlah dan jenis katalisator, konsentrasi serta penambahan surfaktan.

Waktu reaksi. Waktu reaksi sangat berpengaruh terhadap konversi yang diperoleh. Makin lama waktu reaksi dijalankan, makin besar konversi yang diperoleh karena kesempatan bertumbukan antara molekul-molekul zat pereaksi makin besar. Tetapi jika keadaan setimbang hampir tercapai, penambahan waktu kurang menguntungkan karena kenaikan waktu tidak sebanding dengan kenaikan konversi

Suhu. Semakin tinggi suhu reaksi, semakin besar pula energi kinetik yang dimiliki zat-zat pereaksi sehingga semakin banyak molekul-molekul yang memiliki energi kinetik yang melebihi energi aktivasi. Akibatnya semakin banyak tumbukan antar molekul yang mengakibatkan reaksi. Kecepatan reaksi meningkat dengan meningkatnya suhu, sehingga konversi yang dihasilkan akan semakin besar. Menurut Arrhenius, hubungan antara konstanta kecepatan reaksi dengan suhu mengikuti persamaan eksponensial :

$$k = A \exp(-E/RT)$$

dengan k = konstanta kecepatan reaksi, A = faktor frekuensi, E = energi aktivasi, R = konstanta gas ideal dan T = suhu. Pada reaksi heterogen, ada kemungkinan perubahan suhu juga berpengaruh terhadap besarnya koefisien transfer massa antar fasa.

Perbandingan zat pereaksi. Jika salah satu zat pereaksi dibuat berlebihan maka reaksi yang dapat balik akan bergeser ke kanan. Untuk esterifikasi minyak nabati, menurut Swern (1982), umumnya alkohol diberikan 1,2 - 1,75 kali kebutuhan stoikiometrisnya.

Pengadukan. Pencampuran yang baik dapat menurunkan tahanan perpindahan massa dan panas secara konveksi. Tingkat pencampuran ditunjukkan oleh tingkat turbulensi cairan pereaksi (Johnstone and Thring, 1957). Penurunan tahanan perpindahan massa terutama penting untuk reaksi-reaksi heterogen. Dengan berkurangnya tahanan perpindahan massa, makin banyak molekul-molekul yang dapat mencapai fase reaksi, sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya reaksi.

Hal ini juga berpengaruh terhadap peningkatan luas kontak antar fasa karena adanya perubahan ukuran *droplet* zat pereaksi. Pencampuran yang baik bisa dicapai dengan pengadukan, pengocokan, penggelembungan atau pendidihan.

Jumlah dan jenis katalisator. Reaksi esterifikasi tergolong berjalan lambat, sehingga penambahan katalis bertujuan untuk mempercepat reaksi dengan jalan menurunkan energi aktivasinya. Zat pereaksi menjadi lebih reaktif bila dibandingkan dengan reaksi tanpa katalisator. Pada reaksi esterifikasi, pemilihan katalis berhubungan dengan suhu reaksinya. Katalis basa tidak memerlukan suhu yang tinggi, sementara katalis asam umum digunakan untuk suhu sekitar 100 °C (Kirk & Othmer, 1980). Katalis padat dipilih bila dikehendaki pemisahan yang relatif murah.

Konsentrasi. Pereaksi dengan konsentrasi tinggi dapat meningkatkan jumlah tumbukan antar molekul yang akan mendorong terbentuknya produk. Penelitian-penelitian esterifikasi yang terdahulu umumnya menggunakan alkohol dengan konsentrasi lebih dari 90%.

Surfaktan. Pada reaksi heterogen cair-cair, penurunan tegangan muka antar fasa sangat berpengaruh terhadap transfer massa. Tegangan muka dapat dikurangi dengan penambahan suatu bahan (surfaktan), karena energi ikatan antara molekul-molekul masing-masing fasa menjadi lebih rendah. Dengan demikian transfer massa yang terjadi akan lebih mudah.

CARA PENELITIAN

Minyak dengan jumlah tertentu dimasukkan ke dalam labu dan dipanaskan hingga mencapai suhu tertentu. Metanol dan katalis (KOH) dicampur dan dipanaskan secara terpisah hingga mencapai temperatur operasi yang sama, kemudian dimasukkan ke dalam labu reaksi dengan cepat. Reaksi dijalankan pada konsentrasi katalis 0,75 berat minyak, perbandingan pereaksi 2,5 kali stoikiometris dan suhu 333 K. Setelah 60 menit reaksi dihentikan dan larutan dipisahkan sampai terbentuk dua lapisan, lapisan atas ester/biodiesel dan lapisan bawah gliserol. Ester dari minyak jelanta dipisahkan dari gliserol dan dianalisa sifat-sifat fisisnya. Setelah itu biodiesel

yang diperoleh di campur dengan solar/petrodiesel sebanyak 20% untuk diuji kinerjanya menggunakan mesin diesel.

Uji kinerja mesin dilakukan dengan membandingkan kinerja mesin bila digunakan bahan bakar solar dengan bahan campuran solar-biodiesel. Kinerja mesin diamati dari daya dan tenaga yang dihasilkan lewat silinder, jumlah konsumsi bahan bakar (keiritannya) serta kondisi gas buang (emisi dan temperaturnya). Pengamatan ini dilakukan pada kisaran putaran mesin 1500 - 3000 rpm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara umum mesin dikatakan memiliki kinerja yang baik bila digunakan putaran mesin yang relatif rendah masih mampu menangani beban yang cukup tinggi. Pada pengujian awal digunakan mesin diesel dengan spesifikasi 1 silinder, 4 tak tang dilengkapi dengan kran pengatur pemasukan bahan bakar serta pengaduk pada tangki bahan bakar campuran. Untuk menjaga homogenitas campuran pada saat bahan bakar disemprotkan ke ruang bakar, pengadukan harus diatur dengan baik dan jarak antara tangki bahan bakar dengan mang bakar dirancang seminimal mungkin.

Untuk tahap awal ini campuran biodiesel-solar dengan komposisi 10 dan 25% diuji dengan mesin diesel tanpa perangkat analisa, dan dioperasikan pada putaran mesin yang relatif rendah. Pada campuran 10% biodiesel. kualitas penyalaan tidak menunjukkan perbedaan waktu yang berarti disbanding dengan solar. Hanya saja, pada suatu saat kestabilan mesin terasa agak berubah yang ditandai dengan penumman suara mesin dan timbulnya asap tipis selama beberapa detik. Pada saat mesin dijalankan emisi gas buang yang dihasilkan memberikan bau yang agak berbeda dengan emisi solar, menyerupai bau minyak nabati yang dipanaskan, tetapi tidak begitu terasa pedih di mata seperti bila digunakan bahan bakar solar.

Pada pengujian 25% biodiesel perubahan kestabilan mesin lebih terasa dibanding campuran 10%. Hal ini dapat dirasakan untuk tenggang waktu lebih lama dibanding campuran 10%. Secara kualitatif, asap yang dihasilkan pada saat itu sedikit lebih banyak tetapi tidak terasa pedih di mata.

Untuk uji kinerja mesin tahap kedua digunakan mesin diesel dengan spesifikasi 4 silinder, 4 tak merk Nissan yang dilengkapi dengan kran pengatur pemasukan bahan bakar serta perangkat uji emisi gas buang, pelumas dan air pendingin masuk dan keluar, dinamometer sebagai petunjuk jumlah beban, konsumsi bahan bakar, serta pengatur putaran mesin. Hasil uji kinerja mesin diesel selengkapnya ditampilkan pada grafik-grafik dan tabel berikut. Uji ini dilakukan dengan bahan bakar solar murni dan 1} Yo volume biodiesel tanpa aditif.

Perbandingan torsi dan daya

Nilai torsi (T) sebanding dengan daya (P) yang dihasilkan. Dari data besarnya beban dinamometer, torsi dan daya mesin dihitung dengan persamaan :

$$T = g.l \text{ (Nm)}$$

$$P = 2 \pi .n.T / 60000 \text{ (kW)}$$

Dengan m : beban dinamometer (kg),

G : percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

l : panjang lengan dinamometer (0,358)

n : putaran mesin (rpm)

Pada putaran mesin (n) 1750 atau kurang, torsi yang dihasilkan bahan bakar solar lebih besar dibanding campuran biodiesel. Pada n : 2000 rpm torsi yang dihasilkan kedua bahan bakar sama besarnya. Diatas putaran 2000 rpm, terlihat nyata kenaikan torsi yang lebih besar dihasilkan oleh bahan bakar campuran.

Daya yang dihasilkan sebanding dengan torsi, sehingga kecenderungan yang diberikan kedua bahan bakar ini pun sama. Campuran biodiesel memberikan daya yang lebih besar pada putaran tinggi, yakni di atas 2000 rpm. Tingginya daya dan torsi pada putaran tinggi ini ditunjang oleh titik nyala (*flash point*) bahan bakar campuran yang lebih rendah dibanding solar, karena titik nyala biodiesel lebih rendah (155°C) dibanding titik nyala solar (180°C). Rendahnya titik nyala menyebabkan bahan bakar lebih mudah terbakar.

Dengan demikian, dari uji tersebut dapat disimpulkan bahwa biodiesel akan memiliki kinerja yang lebih baik apabila dioperasikan pada putaran mesin yang lebih

tinggi (> 2000 rpm). Namun bila dilihat dari beban yang diberikan, putaran 1750 rpm mampu menangani beban mesin yang paling besar (34 kg).

Tenaga yang dihasilkan

Break mean effective pressure (BMEP) menyatakan tenaga keluaran mesin tiap satuan volume silinder. Persamaan yang digunakan untuk menghitung tenaga adalah :

$$\text{BMEP} : 60 P.z / V.n \text{ (kPa)}$$

dengan V : volume langkah total silinder (m³)

z : 2 (mesin 4 tak)

Kedua jenis bahan bakar tidak menunjukkan perbedaan tenaga yang berarti ($\pm 1,5\%$). Ini dimungkinkan karena persentase biodiesel yang relatif sedikit sehingga perbedaan tenaga yang dihasilkan tidak terlampaui signifikan. Namun karena BMEP sebanding dengan daya, maka tenaga yang dihasilkan pun menunjukkan kecenderungan yang sama pada tiap variasi putaran mesin.

Konsumsi bahan bakar

Specific Fuel Consumption (SFC) menunjukkan jumlah bahan bakar yang dibutuhkan tiap satuan waktu dan daya. Meskipun tidak terlalu signifikan, jumlah campuran biodiesel yang dibutuhkan sedikit lebih banyak (maksimal 3%) dibandingkan dengan solar murni untuk menghasilkan daya yang sama tiap satuan waktu. Hal ini disebabkan rendahnya nilai kalor biodiesel dibandingkan dengan solar. Dengan demikian dari segi ekonomi, penggunaan biodiesel lebih boros dibandingkan dengan solar. Hal ini ditunjukkan pada semua variasi putaran mesin yang diuji.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung SFC adalah :

$$\text{SFC} = \frac{b.3600}{t.1000.P} \rho_b \text{ (kg / kW - jam)}$$

dengan b : volume bahan bakar dalam buret yang diuji (mL)

t : waktu yang diperlukan untuk pengosongan buret

ρ_b : densitas bahan bakar (g/ml)

Sisa gas buang

Terkecuali pada putaran 1500 rpm, suhu gas buang hasil pembakaran solar lebih rendah dibanding pembakaran bahan bakar campuran. Kemungkinan ini dapat terjadi karena suhu mesin yang terlalu panas akibat rendahnya nilai kalor biodiesel, sehingga untuk mencapai kinerja yang sama akan diperlukan kerja yang lebih berat.

Secara keseluruhan suhu gas meningkat hingga 2000 rpm, kemudian terus menurun dengan naiknya putaran mesin. Hal ini berhubungan dengan turunnya daya maupun tenaga mesin pada putaran di atas 2000 rpm.

Emisi gas buang

Untuk emisi CO, biodiesel memberikan emisi yang lebih besar dibanding dengan solar. Kemungkinan ini disebabkan oleh lebih tingginya suhu mesin pada saat digunakan bahan bakar campuran dibandingkan dengan solar murni. Menurut Wardhana (2002), suhu mesin yang terlalu panas mampu mengubah gas CO₂ dapat terurai menjadi CO dan O₂ menurut reaksi :



Pada emisi hidrokarbon terlihat jelas bahwa bahan bakar campuran memberikan emisi yang lebih rendah. Ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Suess (2002) untuk uji menggunakan biodiesel murni. Secara umum jumlah emisi gas meningkat dengan naiknya putaran mesin.

Uji sifat fisis bahan bakar perlu dilakukan untuk menghindari kerusakan alat dan kerugian lain yang mungkin timbul akibat penggunaan bahan tersebut. Uji tersebut dilakukan terhadap campuran biodiesel dan petrodiesel (yang dalam hal ini diwakili oleh solar) pada komposisi 0 hingga 100%. Komposisi optimal yang dimaksud disini adalah komposisi yang mengandung biodiesel semaksimal mungkin tetapi mampu memenuhi standar yang ditetapkan oleh ASTM untuk bahan bakar solar.

Dari hasil uji yang dilakukan, kecuali pada uji CCR untuk biodiesel murni dan komposisi lebih dari 20%, secara keseluruhan sifat-sifat campuran biodiesel-petrodiesel tersebut memenuhi standar ASTM, sehingga biodiesel dari minyak jelanta dapat direkomendasikan untuk diuji kinerjanya dengan menggunakan motor diesel.

Uji CCR yang memenuhi standar adalah solar murni dan campuran solar : ester : butanol : 2:1:2, sehingga komposisi optimal yang direkomendasikan untuk uji dengan mesin diesel adalah pada komposisi tersebut (20% biodiesel). Perbandingan dengan penelitian lain dilakukan dengan membandingkan sifat-sifat fisis biodiesel dari minyak jelanta dengan biodiesel lain.

KESIMPULAN

Pengujian kinerja mesin diesel yang menggunakan bahan bakar campuran menunjukkan bukti bahwa biodiesel mampu menggantikan solar sebagai bahan bakar mesin diesel dengan kinerja yang relatif baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Darnoko, D. And Cheryan, M., 2000, "Kinetics of Palm Oil Transesterification in a Batch Reactor", *J. Am.Oil Chem. Soc.*
- Kartakusumah,U.I., 2003,"Memproduksi Minyak Diesel dari Biji Kapuk", *Suara Pembaharuan*, 31 Januari 2003
- Kusmiyati, 1999,"Kinetika Pembuatan Metil Ester Pengganti Minyak Diesel dengan Proses Metanolisis Tekanan Lebih Dari Satu Atmosfer", Tesis diajukan kepada Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada
- Levenspiel,O., 1999, *Chemical Reaction Engineering*, 3 ed., pp 349-377, John Wiley and Sons, New York
- Suess, A., 2002,"Biodiesel dari Minyak Jelantah", *Harian Kompas*, 20 Juli 2002
- Swern, D., 1982a, *Introduction to Fat and Oil Technology*“, John Wiley and Sons, New York
- Swern, D., 1982b, *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*“, John Wiley and Sons, New York.
- Wardhana, W.A., 2002, "Dampak Pencemaran Karbon Monooksida (CO) terhadap Kesehatan Manusia", *Energi*, no.15