

PEMANFAATAN MINYAK JARAK PAGAR SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF MESIN DIESEL

Oleh:
Suhartanta dan Zainal Arifin
Staf Pengajar FT UNY

Abstract

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik biodiesel minyak jarak pagar, baik dari segi fisika maupun kimianya. Biodiesel ini dicoba untuk digunakan sebagai bahan bakar pengganti solar pada motor diesel. Selanjutnya dianalisis perbedaan unjuk kerja motor diesel saat menggunakan bahan bakar biodiesel minyak jarak pagar dan saat menggunakan solar.

Dalam pelaksanaannya, penelitian ini diawali dengan menguji karakteristik biodiesel minyak jarak pagar secara fisika dan kimia. Setelah diuji karakteristiknya, bahan bakar tersebut digunakan langsung pada mesin diesel guna diukur opasitas, torsi, daya, dan jumlah konsumsi bahan bakarnya kemudian dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar solar. Analisa perbandingan karakteristik biodiesel minyak jarak pagar dan solar semuanya diserahkan ke Laboratorium Teknik Kimia UGM. Selanjutnya untuk pengukuran emisi gas buang, torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar diserahkan kepada Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin dan Industri FT UGM.

*Berdasarkan analisa karakteristik bahan bakar diperoleh bahwa biodiesel yang dikembangkan sebagai bahan bakar mesin diesel yang berasal dari minyak jarak pagar (*Jatropha Curcas L.*) memiliki karakteristik yang sama bahkan pada beberapa item yakni pada hasil analisa nilai kalor (*heating value*) memiliki karakteristik yang lebih baik dibandingkan dengan solar. Besarnya emisi gas buang berupa kepekatan asap (*opasitas*) mengalami penurunan paling besar, yakni penurunan rata-rata diperoleh sebesar 82%, dengan campuran paling baik pada fraksi sebesar 20%. Besarnya torsi yang dihasilkan dari pengujian biodiesel minyak jarak pagar setelah dibandingkan dengan solar pada berbagai fraksi campuran diperoleh hasil bahwa torsi yang dihasilkan mengalami kenaikan rata-rata sebesar 19%. Torsi paling tinggi diperoleh pada campuran biodiesel sebesar 20%. Selanjutnya besarnya daya yang dihasilkan dari pengguna-an*

biodiesel pada mesin menghasilkan kenaikan daya pada poros pada berbagai variasi rpm, dan fraksi campuran biodiesel memiliki kenaikan daya rata-rata sebesar 19%, dengan daya yang paling tinggi diperoleh pada campuran 20%. Konsumsi bahan bakar untuk biodiesel minyak jarak pagar mengalami penurunan rata-rata sebesar 24.2% dengan fraksi yang paling baik diperoleh pada fraksi campuran 20%.

Kata kunci: Biodiesel, Minyak Jarak Pagar, Opaasitas, Unjuk Kerja Mesin Diesel

PENDAHULUAN

Beberapa tahun ke depan kebutuhan minyak bumi semakin besar, sementara berdasarkan beberapa laporan disebutkan bahwa cadangan minyak dunia semakin menipis. Hal ini menuntut beberapa upaya untuk diciptakan bahan bakat alternatif, mengingat minyak bumi merupakan bahan galian yang sifatnya tidak dapat tumbuh kembali. Menurut laporan Bapenas, pada tahun 2010 nanti diperkirakan Indonesia akan menjadi negara *net imported* minyak mentah, jika upaya penghematan energi dan pengembangan bahan bakar alternatif tidak dilakukan. Upaya yang telah dilakukan untuk menghadapi krisis energi ini diantaranya dengan memanfaatkan sumber energi dari matahari, batu bara dan nuklir serta mengembangkan bahan bakar dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui meskipun masih sebatas penelitian dan kapasitas yang terbatas.

Saat ini pengembangan bahan bakar alternatif bertumpu pada minyak kelapa (*coconut oil*) dan minyak sawit (*crude palm oil*)

yang merupakan dua sumber minyak nabati dari beberapa minyak nabati yang memiliki potensi sebagai bahan bakar motor diesel (biodiesel). Hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa minyak kelapa dapat digunakan sebagai bahan bakar motor diesel, baik sebagai campuran dengan minyak solar atau 100% minyak kelapa. Sementara penggunaan bahan baku ini untuk industri akan makin besar, sehingga terjadi rebutan kebutuhan beberapa bahan baku industri dan pengembangan energi alternatif yang pada akhirnya memicu kenaikan harga komoditas tersebut. Oleh karenanya dibutuhkan upaya terpadu dalam mencari dan mengembangkan bahan baku minyak nabati sebagai bahan bakar alternatif yang tidak berfungsi sebagai bahan baku konsumsi industri dan makanan.

Beberapa tumbuhan penghasil lemak yang dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel sangat beragam, namun dalam perkembangannya kebutuhan tersebut berbenturan dengan kebutuhan produksi dan pangan masyarakat. Oleh karenanya pemilihan bahan baku biodiesel sangat penting untuk mencegah timbulnya distorsi kebutuhan antara kebutuhan pangan dengan kebutuhan produksi. Beberapa tumbuhan penghasil lemak yang banyak tumbuh di Indonesia diantaranya kelapa sawit, kelapa, dan jarak. Penggunaan minyak kelapa dan minyak kelapa sawit sangat besar kebutuhannya untuk industri dan pangan, sementara itu

masyarakat mengenal tanaman jarak sebagai tanaman semak pembatas pagar yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Dengan demikian permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut: Bagaimanakah karakteristik bahan bakar alternatif minyak jarak dibandingkan dengan solar, bagaimanakah tingkat opasitas emisi gas buang bahan bakar alternatif minyak jarak dibandingkan dengan solar, dan bagaimanakah kinerja motor diesel dari segi torsi dan daya yang dihasilkan serta bagaimanakah pula konsumsi bahan bakarnya?

Bahan bakar mesin diesel sebagian besar terdiri dari senyawa hidrokarbon dan senyawa nonhidrokarbon. Senyawa hidrokarbon yang dapat ditemukan dalam bahan bakar diesel antara lain *parafinik*, *naftenik*, *olefin* dan *aromatik*. Untuk senyawa nonhidrokarbon terdiri dari senyawa yang mengandung unsur non logam, yaitu S, N, O dan unsur logam seperti vanadium, nikel dan besi. Beberapa karakteristik bahan bakar motor diesel yang paling utama diantaranya adalah: 1) *Berat Jenis* (Specific Gravity); 2) *Viskositas* (Viscosity); 3) *Nilai Kalori* (Calorific Value); 4) *Kandungan Sulfur* (Sulphur Content); 5) *Daya Pelumasan*; 6) *Titik Tuang* (Pour Point); 7) *Titik Nyala* (Flash point); 8) *Angka Cetane* (Cetane Number); 9) *Kandungan Arang*; 10) *Kadar Abu* (Ash Content)

Tabel 1. Syarat Mutu Minyak Diesel

Sifat	Jenis Minyak Diesel		
	Mesin Putaran Tinggi	Mesin Industri	Mesin Putaran Rendah dan Sedang
Bilangan Setana	≥ 40	≥ 40	≥ 30
Temperatur didih	288	282 – 338	-
Kekentalan pada 38oC m3/s	1,4 – 2,5	2,0 – 4,3	5,8 – 26,4
Titik nyala oC	≥ 38	≥ 52	≥ 55
Kadar Belerang % berat	≤ 0,50	≤ 0,50	≤ 2,00
Kadar air dan sedimen % volume	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,50
Kadar Abu % berat	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,1
Ramsbottom residu carbon 10% residu destilasi % massa	≤ 0,15	≤ 0,35	-

Sumber: American Society for Testing and Material (ASTM) D-975, 1991

Bahan bakar alternatif untuk masa depan harus memenuhi kriteria ketersediaan (sumber yang banyak dan/atau terbarukan), rendah/tidak menghasilkan emisi gas buang yang berbahaya, murah dan mudah didapat dimanapun. Alasan lebih praktis dan menguntungkan mendorong pengembangan terobosan bahan bakar alternatif saat ini lebih diarahkan ke bahan bakar bentuk cair (Herwin Saputra, 2001). Bahan bakar cair yang sedang pesat diteliti dan dikembangkan sekarang ini adalah bahan bakar cair pengganti solar

yang dikenal dengan istilah Biodiesel. Biodiesel merupakan bahan bakar cair yang diproses dari lemak hewan atau minyak nabati. Menurut Ananta Anggraini (2002: 2), *Biodiesel* adalah bahan bakar cair dari hasil proses transesterifikasi minyak atau lemak.

Proses transesterifikasi tersebut pada prinsipnya dilakukan dengan maksud mengeluarkan gliserin dari minyak dan mereaksikan asam lemak bebasnya dengan alkohol menjadi *alcohol ester (Fatty Acid Methyl Ester/FAME)*. Dalam prakteknya transesterifikasi dilakukan dengan mencampur minyak nabati/hewani dengan alkohol (methanol, etanol dan lain sebagainya) dengan menggunakan katalisator KOH atau NaOH. Proses transesterifikasi dilakukan selama ½ sampai 1 jam pada suhu kamar atau pada suhu yang lebih tinggi, campuran yang terjadi didiamkan sehingga terbentuk dua lapisan, yaitu lapisan bawah (*gliserin*) dan lapisan atas adalah metil ester (Ananta, 2002: 5). Meskipun nilai kalori minyak biodiesel lebih rendah dari solar, namun karena proses pembakarannya lebih sempurna, maka kekuatannya sama besar dengan bahan bakar berbasis mineral.

Pembuatan biodiesel dari minyak nabati dilakukan dengan mengkonversi trigliserida (komponen utama minyak nabati) menjadi metil ester asam lemak, dengan memanfaatkan katalis pada proses metanolisis/esterifikasi. Beberapa katalis telah digunakan secara komersial dalam memproduksi biodiesel. Selain itu, juga

diupayakan katalis katalis dari sisa produksi alam seperti, jangjang sawit, abu sekam padi dan sebagainya.

Biodiesel sebagai bahan bakar alternatif harus segera direalisasikan untuk menutupi kekurangan terhadap kebutuhan BBM fosil yang semakin meningkat. Biodiesel dapat dibuat dari bermacam sumber, seperti minyak nabati, lemak hewani dan sisa dari minyak atau lemak (misalnya sisa minyak penggorengan). Biodiesel memiliki beberapa kelebihan dibanding bahan bakar diesel *petroleum*. Kelebihan tersebut antara lain: merupakan bahan bakar yang tidak beracun dan dapat dibiodegradasi, mempunyai bilangan setana yang tinggi, mengurangi emisi karbon monoksida, hidrokarbon dan NO_x, dan terdapat dalam fase cair.

Bahan bakar diesel dikehendaki relatif mudah terbakar sendiri (tanpa harus dipicu dengan letikan api busi) jika disemprotkan ke dalam udara panas bertekanan. Tolok ukur dari sifat ini adalah bilangan setana, yang didefinisikan sebagai % volume n-setana di dalam bahan bakar yang berupa campuran n-setana (n-C₁₆H₃₄) dan *α*-metil naftalena (*α*-CH₃-C₁₀H₇) serta berkualitas pembakaran di dalam mesin diesel standar. n-setana (suatu hidrokarbon berantai lurus) sangat mudah terbakar sendiri dan diberi nilai bilangan setana 100, sedangkan *α*-metil naftalena (suatu hidrokarbon aromatik bercincin ganda) sangat sukar terbakar dan diberi nilai bilangan setana nol.

Bilangan setana yang baik dari minyak diesel adalah lebih besar dari 30 dengan volatilitas yang tidak terlalu tinggi supaya pembakaran yang terjadi di dalamnya lebih sempurna. Minyak diesel dikehendaki memiliki kekentalan yang relatif rendah agar mudah mengalir melalui pompa injeksi. Untuk keselamatan selama penanganan dan penyimpanan, titik nyala harus cukup tinggi agar terhindar dari bahaya kebakaran pada suhu kamar. Kadar belerang dapat menyebabkan terjadinya keausan pada dinding silinder. Jumlah endapan karbon pada bahan bakar diesel dapat diukur dengan metode Conradson atau Ramsbottom untuk memperkirakan kecenderungan timbulnya endapan karbon pada nozzle dan ruang bakar. Abu kemungkinan berasal dari produk mineral dan logam sabun yang tidak dapat larut dan jika tertinggal dalam dinding dan permukaan mesin dapat menyebabkan kerusakan nozzle dan menambah deposit dalam ruang bakar. Air dalam jumlah kecil yang berbentuk dispersi dalam bahan bakar sebenarnya tidak berbahaya bagi bagian-bagian mesin. Tetapi di daerah dingin, air tersebut dapat membentuk kristal-kristal es kecil yang dapat menyumbat saringan pada mesin.

Secara teoritis besarnya daya output mesin dapat dihitung besarnya dari beberapa besaran yang ada yaitu:

$$\text{.....} \quad (1)$$

Sementara besarnya torsi dapat dihitung dengan persamaan

$$\text{..... (2)}$$

Dimana P: tekanan kompresi (Psi), R: panjang lengan/panjang langkah piston (ft), dan N: Putaran motor (rpm).

Sementara besarnya tekanan rata-rata dari mesin untuk menghasilkan tenaga dapat diperoleh dari persamaan

$$p_b = (A \ln) \frac{N}{X} \frac{PR}{2\pi N} \frac{33000 \text{ (HP)}}{1 \text{ bft}} \text{..... (3)}$$

Besarnya konsumsi bahan bakar tiap satuan waktu dapat didefinisikan sebagai besarnya konsumsi bahan bakar spesifik per hp per jam atau disebut *brake specific fuel consumption (bsfc)* yang dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$\text{..... (4)}$$

Gas buang mesin diesel sebagian besar berupa partikulat dan berada pada dua fase yang berbeda, namun saling menyatu, yaitu: fase padat, terdiri dari residu/kotoran, abu, bahan aditif, bahan korosif, keausan metal; dan fase cair terdiri dari minyak pelumas tak terbakar. Gas buang yang berbentuk cair akan meresap ke dalam fase padat, gas ini disebut partikel. Partikel-partikel tersebut berukuran mulai dari 100 mikron hingga kurang dari 0,01 mikron. Partikulat yang berukuran kurang dari 10 mikron

memberikan dampak terhadap visibilitas udara karena partikulat tersebut akan memudahkan cahaya.

Komposisi gas buang mesin diesel secara umum diambil rata-rata dengan kondisi kerja mesin normal. Gas buang mesin diesel sangat banyak mengandung partikulat karena banyak dipengaruhi oleh faktor bahan bakar yang tidak bersih. Apabila dikelompokkan secara keseluruhan, gas buang mesin diesel terdiri dari partikulat yang merupakan residu karbon, pelumas yang tidak terbakar, sulfat yang terkandung dalam bahan bakar dan lain-lain.

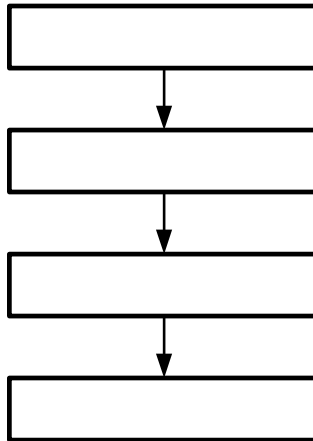
Faktor lain yang sangat dominan dalam memberikan sumbangan zat pencemar ke udara adalah faktor campuran udara kompresi dengan bahan bakar yang disemprotkan. Pencampuran yang tidak sebanding (terlalu banyak bahan bakar) menghasilkan gas buang yang mengandung partikulat berlebihan. Pengujian gas buang mesin diesel (asap) dimaksudkan untuk mengukur kepekatan asap yang dihasilkan oleh pembakaran dalam mesin. Kepekatan asap adalah kemampuan asap untuk meredam cahaya, apabila cahaya tidak bisa menembus asap maka kepekatan asap tersebut dinyatakan 100 persen (%), apabila cahaya bisa melewati asap tanpa ada pengurangan intensitas cahaya maka kepekatan asap tersebut dinyatakan sebagai 0% (nol persen). Kepekatan asap disebut juga opasitas, yang dinyatakan dalam satuan berbeda-beda.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di beberapa tempat, yaitu: Untuk pra-unjuk kerja dilakukan di bengkel otomotif FT UNY, untuk analisa fisika kimia biodiesel dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia UGM Yogyakarta; dan untuk uji torsi, uji daya, dan uji emisi gas buang di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin dan Industri FT UGM.

Alat dan bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini meliputi: alat uji emisi gas buang merk Optima tipe 4040-96 seri 132676, chasis dynamometer seri digital merk Dastek, Tachometer, burret, dan satu unit mesin diesel Daihatsu DG serta 1 unit mobil merk Isuzu.

Penelitian ini mencakup beberapa langkah yang terdiri dari pra-unjuk kerja, uji fisika kimia, serta uji unjuk kerja biodiesel yang dapat diilustrasikan seperti pada gambar berikut ini:



Gambar 1. Skema Kerja Penelitian

Untuk lebih jelasnya flowchart tersebut di atas dapat **Pra-unj**
diuraikan dalam langkah kerja sebagai berikut:

1. Penyediaan Biodiesel Minyak Jarak

Minyak dari biji jarak pagar dalam perkembangan terkini ternyata sudah tersedia di pasaran. Dengan demikian untuk **Uji Fisi**
kepentingan penelitian ini agar lebih efisien, maka minyak jarak cukup membeli di pasaran. Biodiesel minyak jarak pagar dibeli dari Koperasi Makmur Mojokerto, Jawa Timur.

2. Pra-unjuk kerja

Pra-unjuk kerja ini dilakukan dengan maksud untuk **Uji Unj**
mengetahui bisa tidaknya mesin hidup/menyala dengan menggunakan bahan bakar alternatif minyak jarak. Adapun langkah yang dilakukan sebagai berikut: Pertama, menyiapkan

mesin diesel lengkap dengan kunci kontak, baterai dan alat-alat yang diperlukan. Kedua, menghidupkan mesin diesel dengan menggunakan bahan bakar solar. Pada saat mesin telah hidup, mesin dibiarkan beberapa saat agar mencapai suhu kerja, selanjutnya perlu diperhatikan apakah mesin berjalan normal. Perlu juga diamati gejala seperti ketukan, dan bagaimana kondisi mesin saat putaran idle dan diakselerasi. Apabila mesin hidup tidak normal maka perlu dilakukan penyetelan-penyetelan. Apabila mesin sudah hidup normal, mesin bisa dimatikan kemudian bahan bakarnya diganti dengan minyak jarak. Perlu diperhatikan sejauhmana mesin hidup dengan bahan bakar ini dan semua gejala dan perubahan suara mesin perlu dicatat termasuk warna asap dan baunya.

3. Uji Fisika/Kimia

Dalam uji karakteristik ini yang perlu dilakukan adalah analisa angka pour point, flash point, nilai pembakaran, dan viskositas.

4. Uji Unjuk kerja

Uji ini dilakukan dengan maksud untuk mengetahui seberapa besar torsi, daya, konsumsi bahan bakar serta emisi gas buang yang menyangkut opasitas (ketebalan asap). Data hasil unjuk kerja menggunakan bahan bakar minyak jarak tersebut kemudian

dibandingkan dengan data yang diperoleh dari hasil pengujian menggunakan bahan bakar solar.

Data yang diperoleh dari setiap percobaan dan pengujian dianalisa dengan cara sebagai berikut: data hasil analisa laboratorium ditampilkan dalam bentuk tabel, kemudian dianalisa melalui studi literatur dengan mengkaji teori-teori yang ada. Untuk menganalisa hasil pengukuran torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar terlebih dahulu dihitung rerata torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar, kemudian ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Untuk menganalisis tingkat opasitas dapat dilakukan dengan cara menampilkan dalam bentuk tabel kemudian dikaitkan dengan standar ambang batas emisi gas buang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran besarnya torsi, rpm, konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang. Melalui persamaan yang ada dapat dihitung besarnya daya motor, konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang kemudian membandingkan antara motor hasil pengujian bahan bakar minyak diesel murni dengan campuran antara solar dengan biodiesel. Seperti terlihat pada gambar di bawah ini, dari hasil pengujian terdapat perbedaan antara motor hasil pengujian bahan bakar solar/minyak diesel murni dengan campuran antara minyak diesel dengan biodiesel. Pada

gambar kurva kemampuan mesin antara motor hasil pengujian bahan bakar minyak diesel murni dengan campuran antara minyak diesel dengan biodiesel tampak perbedaan, baik besarnya torsi, daya maupun besarnya konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang.

Sebagai suatu bahan bakar yang akan diaplikasikan pada sebuah mesin, maka bahan bakar harus memenuhi beberapa kriteria yang disebut dengan karakteristik bahan bakar yang dibandingkan dengan bahan bakar standar melalui beberapa pengujian yang telah ditentukan berdasarkan standar mutu internasional bahan bakar yaitu dari *American Standard and Testing Material* (ASTM). Beberapa karakteristik bahan bakar biodiesel hasil pengujian laboratorium dapat disajikan pada tabel 2.

Berdasarkan tabel 2 dapat diketahui kualitas biodiesel yang dikembangkan dan campuran biodiesel dengan solar memiliki karakteristik yang hampir sama bahkan pada beberapa hal memiliki kualitas dan karakteristik yang lebih baik. Dari hasil pengujian berat jenis (specific gravity) diperoleh hasil bahwa nilai ini masih berada pada batas yang dipersyaratkan oleh SNI 04-7182-2006 untuk bio diesel yaitu sebesar 0.85 – 0.89 kg/m³ baik pada fraksi 100% maupun pada campuran 5 – 20%. Flash poin hasil pengujian menunjukkan hasil antara 165 – 174°C, sementara flash point yang disyaratkan hanya minimum 100°C. Demikian juga untuk beberapa

parameter lainnya menunjukkan nilai yang masih berada pada range yang cukup sebagai bahan bakar motor diesel.

Tabel 2. Hasil uji karakteristik bahan bakar

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan				Metode Pemeriksaan
		Diesel Oil 100%	Bio Diesel 100%	Bio Diesel 5%	Bio Diesel 10%	
1	Specific Gravity at 60/60°F	0.8519	0.8736	0.8538	0.8549	ASTM D 1298
2	Flash Point P.M.c.c., °F	165	174	166	170	ASTM D 93
3	Viscosity Kinematic 40°C cSt	3.478	9.4221	3.634	3.777	ASTM D 445
4	Viscosity Kinematic 100°C cSt	3.614	-	-	-	ASTM D 445
5	Conradson Carbon Residue, % wt	0.005	0.558	0.022	0.03	ASTM D 189
6	Water Content % vol	Trace	0.2	Trace	Trace	ASTM D 95
7	Cloud Point °C	4	10	5	5	ASTM D 97
8	Copperstrip Corrosion (3hrs/100°C)	1b	1b	1b	1b	ASTM D 130
9	Sediment, % wt	0.014	0.048	0.02	0.018	ASTM D 473
10	Distillation 90% vol evap to °C	340	337	346	346	ASTM D 86
11	Gross Heating value, Kcal/ltr	9256	9423	9271	9279	Kalkulasi/Hitungan

Besarnya *water content* sebesar 0,2% volume untuk biodiesel 100%, yang dikarenakan masih kurang sempurnanya proses pengeringan sehingga kandungan airnya masih cukup tinggi bila dibandingkan dengan minyak diesel maupun fraksi campuran antara bio diesel dengan minyak diesel. Besarnya *water content* ini akan menyebabkan penyerapan energi panas yang cukup besar dalam

proses pembakaran sehingga energi panas yang dihasilkan dari proses pembakaran akan semakin menurun. Untuk itu penggunaan biodiesel 100% dalam pengujian belum dapat direkomendasikan. Namun hal ini menunjukkan bahwa bahan bakar bio diesel dari minyak jarak memiliki karakteristik yang cukup baik dan sama dengan karakteristik minyak diesel, sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar pada motor diesel.

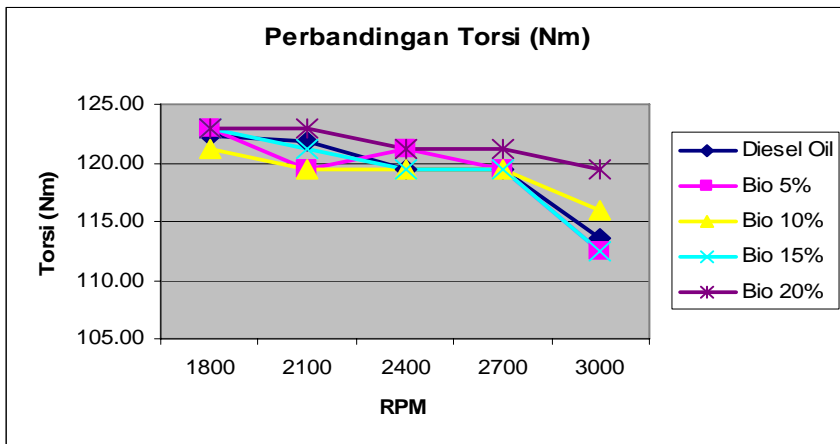
Sebagai sebuah parameter yang sangat penting pada karakteristik motor, torsi dalam penelitian ini diukur pada dynamometer, sebagai suatu output hasil pembakaran yang terjadi pada silinder. Pada penggunaan bahan bakar biodiesel pada berbagai campuran dapat dibandingkan torsi dengan penggunaan minyak diesel seperti tampak pada tabel berikut:

Tabel 3. Hasil pengujian Torsi motor diesel pada berbagai campuran bio diesel

RPM	Torsi (Nm)				
	Diesel Oil	Bio 5%	Bio 10%	Bio 15%	Bio 20%
1800	23.048	23.158	22.827	23.158	23.158
2100	26.760	26.246	26.246	26.632	27.018
2400	29.995	30.436	29.995	29.995	30.436
2700	33.745	33.745	33.745	33.745	34.241
3000	35.656	35.288	36.391	35.288	37.494

Berdasarkan tabel di atas dapat dipahami bahwa torsi yang dibangkitkan dari hasil pembakaran motor diesel berbahan bakar

campuran antara solar dengan biodiesel minyak jarak pada berbagai fraksi menunjukkan hasil bahwa penggunaan biodiesel dapat memperbaiki torsi motor pada berbagai tingkat rpm dengan hasil yang paling tinggi dicapai oleh campuran bio diesel 20%. Dari grafik torsi di bawah dapat diamati besarnya torsi yang dihasilkan memiliki nilai yang lebih baik daripada solar 100%. Besarnya torsi yang dihasilkan menunjukkan adanya perbedaan yang cukup besar terutama pada putaran tinggi, dimana torsi yang dapat dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan minyak diesel 100%.



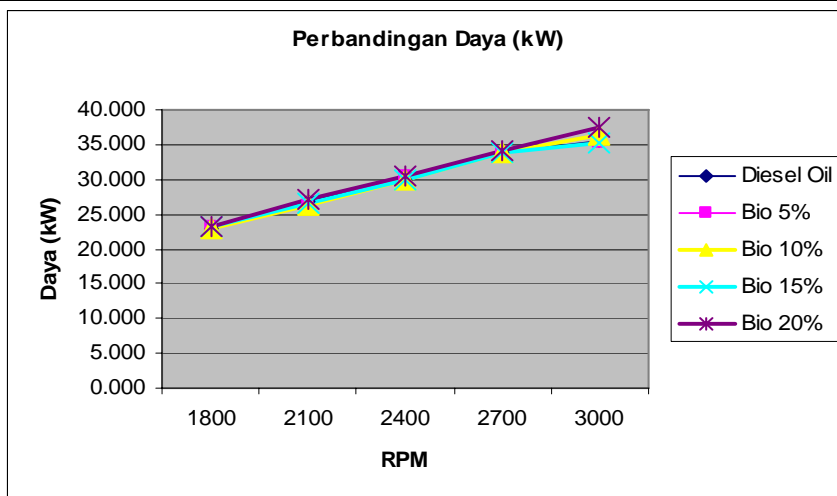
Gambar 2. Perbandingan torsi pada berbagai campuran bio diesel

Besarnya daya motor yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar pada berbagai fraksi biodiesel memiliki karakteristik yang lebih baik dari pada minyak diesel murni (100%) terutama

pada campuran bio diesel 20%. Pada fraksi ini tampak bahwa besarnya daya pada poros untuk semua variasi rpm memiliki karakteristik yang lebih baik daripada solar murni maupun beberapa fraksi lainnya. Data hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. Hasil pengujian Daya motor diesel pada berbagai campuran bio diesel

RPM	Daya/Power/kW)				
	Diesel Oil	Bio 5%	Bio 10%	Bio 15%	Bio 20%
1800	122.33	122.92	121.16	122.92	122.92
2100	121.75	119.41	119.41	121.16	122.92
2400	119.41	121.16	119.41	119.41	121.16
2700	119.41	119.41	119.41	119.41	121.16
3000	113.55	112.38	115.90	112.38	119.41



Gambar 3. Grafik perbandingan daya pada berbagai campuran bio diesel

Sementara dari grafik di atas dapat diamati besarnya daya yang dihasilkan oleh hasil pembakaran bahan bakar bio diesel pada berbagai tingkat rpm dan berbagai fraksi diperoleh hasil yang lebih baik dari pada minyak diesel murni (100%) terutama pada fraksi 20%, hal ini dapat dipahami besarnya daya ini akan semakin baik terutama apabila didapatkan torsi yang baik pula.

Daya spesifik yang dihasilkan ini merupakan hasil perhitungan torsi pada motor diesel, sebanding dengan besarnya rpm pada motor tersebut. Besarnya daya yang dihasilkan oleh motor diesel ini dipengaruhi oleh besarnya energi yang dikandung oleh bahan bakar, dari hasil pengujian didapatkan bahwa nilai kalor biodiesel pada fraksi 20% memiliki nilai 9.305 kcal/ltr, lebih besar dari pada diesel murni yang hanya mencapai 9.206 kcal/ltr, sehingga menghasilkan energi yang lebih besar dibandingkan solar murni maupun beberapa fraksi lainnya.

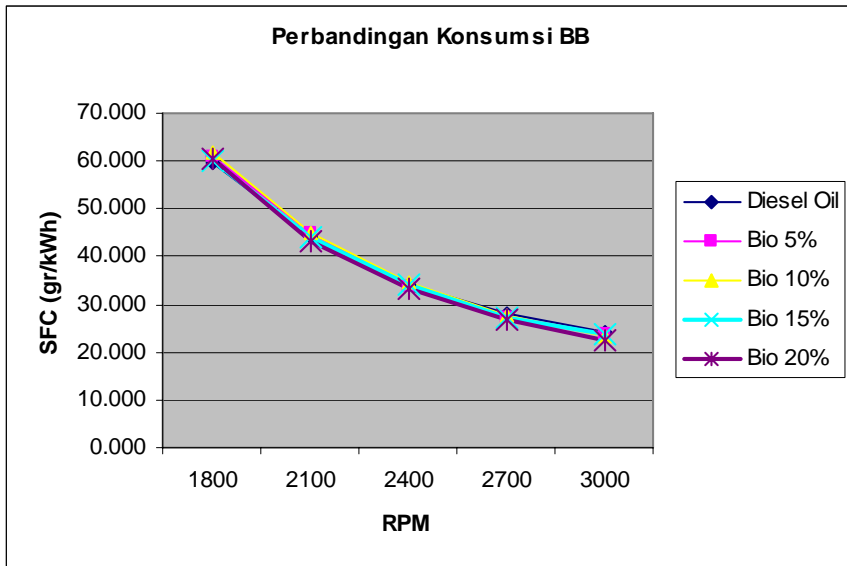
Pemakaian bahan bakar spesifik (*specific fuel consumption*) adalah suatu ukuran banyaknya bahan bakar yang digunakan suatu motor pada waktu tertentu. Ukuran ini dapat digunakan sebagai indikator efisiensi kendaraan. Penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan konsumsi bahan bakar antara biodiesel pada berbagai fraksi dengan bahan bakar diesel murni. Penggunaan fraksi bio

diesel 20% memiliki konsumsi bahan bakar yang semakin rendah bila dibandingkan dengan fraksi lainnya maupun minyak diesel murni pada berbagai tingkat rpm. Besarnya konsumsi bahan bakar dapat diamati pada tabel di bawah ini.

Tabel 5. Pengujian konsumsi bahan bakar pada berbagai campuran bio diesel

RPM	Daya/Power/kW)				
	Diesel Oil	Bio 5%	Bio 10%	Bio 15%	Bio 20%
1800	59.428	60.921	61.618	59.998	60.616
2100	43.860	45.043	44.728	44.133	43.383
2400	34.183	33.615	34.741	34.009	33.264
2700	27.888	27.243	27.775	27.362	26.936
3000	23.996	23.897	23.522	23.743	22.330

Besarnya konsumsi bahan bakar spesifik ini menunjukkan besarnya bahan bakar yang digunakan untuk menghasilkan daya persatuan waktu, dengan kata lain bahwa semakin besar daya yang dihasilkan persatuan waktu dengan jumlah bahan bakar yang semakin sedikit menunjukkan besarnya efektifitas pembakaran yang terjadi dalam motor tersebut. Hal ini dipengaruhi oleh proses pembakaran yang berlangsung dalam motor dan besarnya perbandingan udara dan bahan bakar yang dibutuhkan oleh motor.



Gambar 4. Grafik konsumsi bahan bakar pada berbagai campuran bio diesel

Berdasarkan grafik di atas dapat diketahui besarnya konsumsi bahan bakar spesifik pada semua fraksi bahan bakar biodiesel berhimpitan dengan bahan bakar diesel murni, sementara konsumsi bahan bakar terendah terdapat pada bahan bakar biodiesel dengan fraksi 20%. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa bahan bakar bio diesel minyak jarak memiliki kecenderungan yang lebih baik jika digunakan pada mesin diesel.

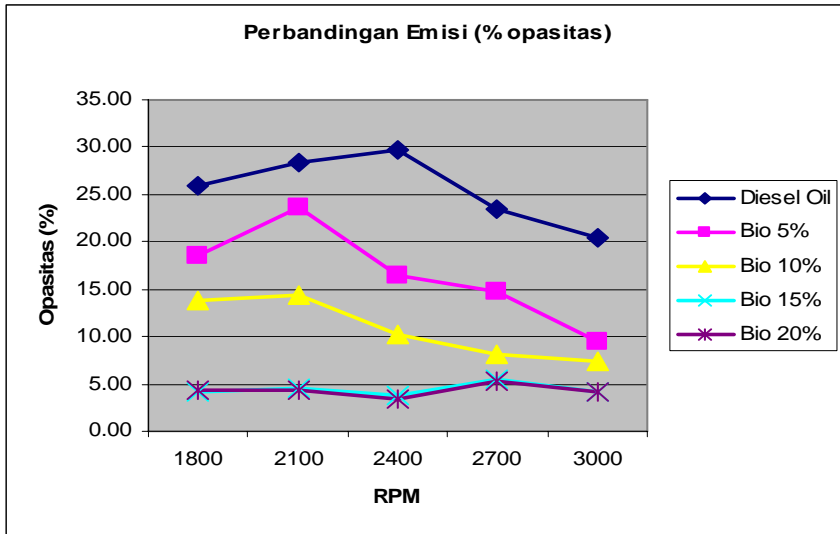
Sementara pengaruh penggunaan bahan bakar bio diesel minyak jarak terhadap kualitas emisi gas buang terutama terhadap besarnya opasitas menunjukkan adanya perbaikan kualitas emisi

yang dihasilkan. Pada semua fraksi bahan bakar bio diesel menunjukkan adanya perbaikan tersebut. Penurunan tingkat opasitas dapat diamati pada tabel maupun grafik dibawah ini. Besarnya penurunan ini dikarenakan tercukupinya jumlah udara dalam silinder, sehingga sebagian besar bahan bakar tercampu secara ideal pada saat bahan bakar berbentuk uap.

Tabel 6. Hasil pengujian opasitas motor diesel pada berbagai campuran bio diesel

RPM	Daya/Power/kW				
	Diesel Oil	Bio 5%	Bio 10%	Bio 15%	Bio 20%
1800	25.83	18.60	13.85	4.15	4.27
2100	28.33	23.70	14.34	4.62	4.30
2400	29.75	16.47	10.24	3.82	3.50
2700	23.52	14.67	8.15	5.45	5.23
3000	20.41	9.53	7.30	4.22	4.20

Besarnya pengurangan tingkat kepekatan asap gas buang motor diesel (opacity) pada penggunaan bio diesel minyak jarak memiliki kecenderungan semakin baik, dimana pada semua fraksi bahan bakar memiliki tingkat opasitas yang lebih baik dari pada minyak diesel murni. Lebih jelas dapat disaksikan pada grafik di bawah ini dimana kecenderungannya adalah semakin besar fraksi bio diesel didapatkan tingkat opasitas yang semakin rendah.



Gambar 5. Grafik perbandingan opasitas pada berbagai campuran bio diesel

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasannya dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Minyak biodiesel yang dikembangkan sebagai bahan bakar mesin diesel yang berasal dari minyak jarak pagar (*Jatropha Curcas L.*) memiliki karakteristik yang sama bahkan pada beberapa item terutama pada hasil perhitungan nilai kalor (*heating value*) memiliki karakteristik yang lebih baik dibandingkan dengan solar.

Besarnya emisi gas buang berupa kepekatan asap (opasitas) mengalami penurunan paling besar, dimana penurunan rata-rata

diperoleh sebesar 82%, dengan campuran paling baik pada fraksi sebesar 20%.

Besarnya torsi yang dihasilkan dari pengujian biodiesel minyak jarak pagar setelah dibandingkan dengan solar pada berbagai fraksi campuran diperoleh hasil bahwa torsi yang dihasilkan memiliki kenaikan dengan besarnya rata-rata kenaikan sebesar 19%. Torsi paling tinggi diperoleh pada campuran biodiesel sebesar 20% bio diesel.

Besarnya daya yang dihasilkan dari penggunaan biodiesel pada mesin menghasilkan kenaikan daya pada poros pada berbagai variasi rpm, dan fraksi campuran biodiesel memiliki kenaikan daya rata-rata sebesar 19%, dengan daya yang paling tinggi diperoleh pada campuran 20%.

Besarnya konsumsi bahan bakar untuk biodiesel mengalami penurunan rata-rata sebesar 24.2% dengan fraksi yang paling baik diperoleh pada fraksi 20%.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2005). *Development Jatropha Curcus Plantation As A Source of Row material for Biodiesel, Directorate General Of Estate Crops, Jakarta, June.*
- Andi Nur Alamsyah. (2006). *Biodiesel Jarak Pagar Bahan Bakar Alternatif yang Ramah Lingkungan.* Jakarta: Agromedia Pustaka.

- Anton L. Wartawan.(1983). *Minyak pelumas (Pengetahuan dan Cara Penggunaan)*. Jakarta: Penerbit Gramedia.
- Balai Rekayasa Desain dan Sistem Teknologi BPPT (2003). *"Laporan Kegiatan Pengembangan Biodiesel Sebagai Energi Alternatif"*. Jakarta.
- Bosch, R. (2000). *Automotive Hand Book 5th Edition*. Stuttgart: Robert Bosch GmbH.
- Darnoko, D. and Cheryan, M.. (2000). *Kinetic of Palm Oil Transesterification in a batch reactor, JAOCS, Vol 77 No. 12.*
- Ferguson, Colin R. (1986). *Internal Combustion Engine (Applied Thermosciences)*. Canada: John Wiley and Sons, Inc.
- Forum Biodiesel Indonesia. (2005) *"Minutes of meeting Pertemuan Forum Biodiesel Indonesia 18 Februari 2005"*, Gedung BANI Jakarta.
- Ganesan, V. (2003) *Internal Combustion Engine*. New Delhi India: Tata McGraw – Hill Publishing Co.
- Hamiltor, C. (2004). *Biofuel Made Easy*. Melbourne: Australian Engineers Institute.
- Hartati, I., Yulianto, M.E., Paramita, V. (2006), "Prestudy of the fatty Acid Production from Palm Oil Fresh Fruit Through Direct Enzymatic Hydrolisis Process", *PROSIDING Seminar Nasional MIPA Kimia UNS, ISBN: 979-5624-27-2, page 252 – 256.*
- Heywood, John B. (1989). *Internal Combustion Engine Fundamentals*. New York: McGraw-Hill Book Company.

Pemanfaatan Minyak Jarak Pagar Sebagai Bahan Bakar Alternatif Mesin Diesel (Suhartanta dan Zainal Arifin)

- Hirao Osamu dan Pefley, R.K. (1988). *Present and Future Automotive Fuel*. USA: A Wiley Interscience Publication.
- Kazunori H., Eiji K., Hiroshi T., Koji T., Daizo M. (2001). Combustion Characteristics of Diesel Engines with Waste Vegetable Oil Methyl Ester, *The Fifth Symposium on Diagnostics and Modeling of Combustion in Internal Combustion Engines, July 14, Nagoya*.
- Keith Owen and Trevor Coley. (1995). *Automotive Fuel Reverence Book*. Warrendale, USA: Society of Automotive Engineers, Inc.
- Ketaren, S. (1986). *Minyak dan Lemak Pangan, edisi 1*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia (UI Press).
- Mittelbach, M. and Remschmidt, C. (2004), “*Biodiesel, The Comprehensive Handbook*”.
- Obert, F. Edward. (1973), *Internal Combustion Engines and Air Polution*. New York: Harper and Row Publishers.
- Pertamina UPDN III. (1998). *Lubricant Product Description*. Jakarta: Pertamina UPDN III.
- Popovich, M. and Hering, C. (1959). *Fuels and Lubricant*. California: John Wiley and Sons.
- Prakoso, T, Soerawijaya, T.H., Reksowardoyo, I,K, Ircham, M., Sukarsih, D., Setyawan, A. (2005). “Pilot Scale Biodiesel Processing Units by utilizing multistage Non-uniform reaction method”. *Proceeding WREEC Conference Jakarta*.
- Priyanto, U. (2007). “Pemanfaatan Bio Fuel Sebagai Bahan Bakar Alternatif”. *Seminar Nasional, Menyikapi Krisis Energi dan Perkembangan Energi Alternatif di Indonesia, HMTG Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta*.

Soerawijaya, T.H. (2006). *Raw Material Aspects of Biodiesel Production in Indonesia*.

Wiranto Arismunandar. (1977). *Motor Bakar Torak*. Bandung Indonesia: Penerbit ITB Bandung.

<http://www.lurgi.de/english/nbsp/menu/media/news/>