

STRATEGI PENINGKATAN LUBRISITAS BIODIESEL JELANTAH DENGAN PENAMBAHAN METHYL ESTER CASTOR UNTUK BAHAN BAKAR MESIN DIESEL PUTARAN MEDIUM/TINGGI

Muhamad As'adi
Sulistiono

Program Studi Teknik Mesin UPN "Veteran" Jakarta
Jl.RS Fatmawati Pondok Labu
Jakarta Selatan 12450 Telp. 021 7656971 ext.195 Fax.021 75904177
Email : adi_shiddiq@yahoo.com.

Abstract

Diesel engines with medium or high speed rotation requires fuel with a good quality, that is diesel fuel with high cetane number that will be to improve combustion efficiency. At the recent biofuels, especially biodiesel has begun to be developed in various parts of the earth, in order to implement the Kyoto Protocol commitment that carries the Clean Development Mechanism (CDM) which was ratified on February 16, 2005. The paper will discuss the basic ingredients of biodiesel with used frying oil-based additive that is added castor with a particular composition, this is done to improve the properties of lubricants. Results of measurement and calculation of key properties indicate that the composition of the mixture of diesel fuel and used frying oil-castor methyl esters meet the fuel specifications of high speed diesel engine.

Key words: *biodiesel, used frying oil, castor*

PENDAHULUAN

Tingginya harga minyak bumi di pasar internasional telah memberi dampak yang meluas di segala sektor industri. Tingginya harga minyak bumi khususnya minyak diesel (solar) juga diikuti kelangkaan solar sebagai bahan bakar mesin diesel yang digunakan industri kecil. Banyak dari mesin yang digunakan oleh industri kecil digerakkan oleh mesin diesel otomotif. Mesin diesel kecepatan sedang atau tinggi tersebut memerlukan bahan bakar dengan kualitas yang baik, yaitu bahan bakar diesel dengan bilangan setana yang cukup tinggi. Bilangan setana yang tinggi akan meningkatkan efisiensi pembakaran.

Kemampuan ekonomi masyarakat yang rendah telah mengakibatkan penggunaan mesin diesel kualitas rendah asal Cina. Dengan kualitas komponen mesin (*piston, ring, bearing*) yang kurang memadai dan penggunaan bahan bakar dengan kualitas rendah (masyarakat seringkali mencampurkan minyak tanah kedalam solar) kebiasaan ini akan membuat mesin cepat rusak (*aus*). Pencampuran minyak tanah kedalam solar akan mengurangi sifat pelumasan (*lubrisitas*) dan

akan meningkatkan tingkat keausan komponen logam yang saling bergesekan.

Problem ketiga yang dihadapi oleh semua jenis industri kecil adalah tentang masalah kesehatan lingkungan. Emisi gas buang dari mesin diesel dikenal sangat mengganggu kesehatan, yaitu jelaga/asap hitam. Emisi gas CO, Hidrokarbon dan NOx juga dikenal membahayakan bagi kesehatan dan lingkungan (*green house effect*). Selain itu minyak diesel mineral juga merupakan material yang tidak terbarukan yang persediannya terbatas, sehingga perlu dicarikan penggantinya yaitu bahan bakar yang terbarukan.

Ketiga kebutuhan yang telah disebutkan yaitu: (a). Kualitas bahan bakar disel untuk mesin dengan rpm sedang tinggi (bilangan setana yg lebih tinggi), (b). Bahan bakar yang memiliki sifat lubrisitas lebih baik untuk mengurangi keausan, (c). Bahan bakar yang ramah lingkungan, bersih dan terbarukan.

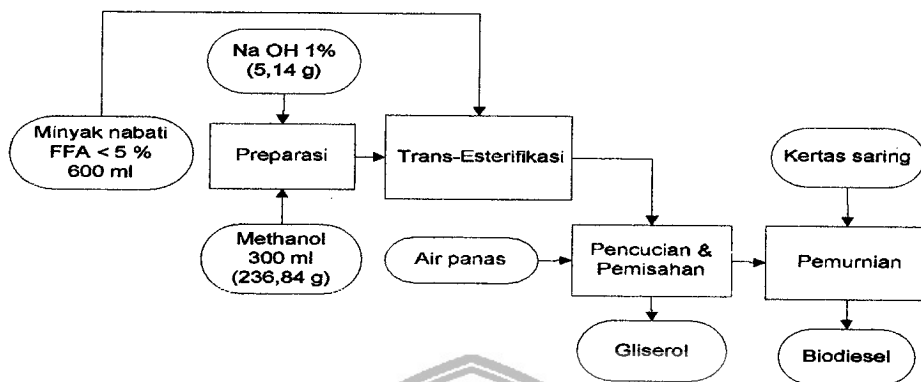
Pada paper ini, diupayakan sebuah rancangan bahan bakar untuk mesin diesel yang dapat memenuhi ketiga kebutuhan tersebut. Rancangan bahan bakar tersebut harus merupakan kompromi antara unjuk kerja dan

harga, sehingga dapat diaplikasikan pada mesin-mesin diesel putaran medium/tinggi.

TINJAUAN PUSTAKA

Sintesa Biodiesel

Pada dasarnya proses pembuatan biodiesel dari minyak goreng bekas dan minyak jarak castor sama dengan proses yang digunakan untuk membuat biodiesel dengan bahan dasar yang berbeda, yang terdiri dari tahap persiapan, proses, dan tahap penyelesaian. Secara skematis dapat ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Skema proses pembuatan biodiesel

Jenis dan Komposisi Additif

Jenis dan komposisi additif atau methyl ester yang dicampur kedalam solar ditentukan maksimum 20% vol/vol. Hal ini karena sebagian besar pembuat mesin diesel hanya merekomendasikan campuran methyl ester sebesar maksimum 20%, meskipun ada beberapa *manufacturer* merekomendasikan lebih tinggi. Hasil pengujian baik di Indonesia maupun di negara lain kebanyakan menyatakan penggunaan methyl ester aman jika dicampur dengan minyak diesel mineral sebesar maksimum 20%. Pertimbangan lain adalah masalah biaya atau harga, karena definisi additif adalah mencampurkan seminimal mungkin kedalam solar sehingga diperoleh hasil yang signifikan.

Bahan additif untuk meningkatkan unjuk kerja mesin diesel adalah methyl ester berasal dari minyak jelantah dan minyak jarak castor. Minyak jelantah (minyak goreng bekas) kebanyakan berasal dari minyak sawit yang memiliki bilangan setana yang tinggi dan stabilitas oksidasi yang tinggi pula. Proses penggorengan akan diikuti hidrogenasi dari rantai jenuh asam lemak sehingga stabilitas oksidasi methyl ester meningkat. Methyl ester jarak castor telah dikenal memiliki tingkat lubrisitas yang bagus. Demikian pula, bahwa titik tuang dan titik kabut methyl ester castor lebih

baik atau lebih rendah dibanding methyl ester dari bahan baku lain termasuk sawit dan jelantah.

Dari uraian diatas rancangan campuran methyl ester ke dalam solar adalah maksimum 20% vol/vol, dimana bagian methyl ester castor dibatasi hanya sekitar maks. 5%. Hal ini untuk mencapai campuran methyl ester jelantah dan castor yang memiliki bilangan setana, stabilitas oksidasi dan lubrisitas yang tinggi. Sementara itu viskositas dan titik kabut atau titik tuang campuran methyl ester yang rendah. Kandungan methyl ester castor dapat lebih tinggi dari 5% asalkan viskositas campuran methyl ester jelantah dan castor tidak lebih dari 6 cSt (sesuai dengan spesifikasi SNI 2006 untuk biodiesel) dan stabilitas oksidasi minimal 6 jam (EN 14112). Variasi komposisi methyl ester jelantah dan castor dalam solar adalah sebagai berikut:

Komposisi B-20 merupakan campuran 20 % methyl ester dan 80% solar (v/v), dimana 20% methyl ester terdiri dari dua jenis bahan baku yaitu minyak goreng bekas (jelantah) dan jarak castor. Persentase dari keduanya bervariasi seperti tampak pada Tabel 1, misal kan komposisi A terdiri dari 15% methyl ester jelantah dan 5% methyl ester castor. Sedangkan komposisi B terdiri dari 16% methyl ester jelantah dan 4% methyl ester castor dst.

Tabel 1. Komposisi B-20 beserta persentase dari methyl ester jelantah dan castor

Jelantah (% v/v)	15	16	17	18	19
Castor (% v/v)	A	B	C	D	E
5					
4					
3					
2					
1					

Tabel 2, 3 dan 4 merupakan uraian dari persentasi methyl ester jelantah dan castor untuk komposisi B-15, B-10 dan B-5 dimana masing-masing terdiri dari 15%, 10% dan 5% campuran

methyl ester jelantah dan jarak castor. Setiap komposisi campuran diberi notasi yang berurutan dari A, B, dan C hingga T.

Tabel 2. Komposisi B-15 beserta persentase dari methyl ester jelantah dan castor

Jelantah (% v/v)	11.25	12	12.75	13,5	14,25
Castor (% v/v)	F	G	H	I	J
3,75					
3					
2,25					
1,5					
0,75					

Tabel 3. Komposisi B-10 beserta persentase dari methyl ester jelantah dan castor

Jelantah (% v/v)	7,5	8	8,5	9	9,5
Castor (% v/v)	K	L	M	N	O
2,50					
2					
1,5					
1					
0,5					

Tabel 4. Komposisi B-5 beserta persentase dari methyl ester jelantah dan castor

Jelantah (% v/v)	3,75	4	4,25	4,5	4,75
Castor (% v/v)	P	Q	R	S	T
1,25					
1					
0,75					
0,5					
0,25					

HASIL DAN PEMBAHASAN

Viskositas

Viskositas campuran solar dan methyl ester jelantah-castor untuk komposisi B-5 s/d B-20 terdapat pada Tabel 5. Data viskositas pada Tabel 6 merupakan hasil pengukuran pada temperatur 40°C. Viskositas meningkat bila kandungan methyl ester meningkat dan peningkatan viskositas membesar bila kandungan methyl ester castor semakin tinggi. Viskositas campuran A s/d T telah memenuhi spesifikasi SNI 2006 (maksimum 6 cSt). Secara umum

perbedaan viskositas antara komposisi A s/d T tidak terlalu besar, sehingga unjuk kerja mesin diesel (power/torsi, emisi & konsumsi bahan bakar) juga tidak berbeda banyak bila menggunakan komposisi campuran tersebut. Menurut spesifikasi dari PERTAMINA untuk mesin diesel transportasi (high speed), viskositas harus dalam rentang antar 1,6 s/d 5,8 cSt. Dengan demikian komposisi campuran solar-jelantah-castor mulai dari B-5 s/d B-20 telah memenuhi syarat untuk mesin diesel transportasi (putaran tinggi)

Tabel 5. Viskositas campuran Solar dan Methyl Ester Jelantah & Castor

Komposisi Campuran	Viskositas Campuran Solar-Jelantah-Castor (cSt)					
	A	B	C	D	E	Tanpa Castor
B-20	4,4274	4,4157	4,3715	4,3315	4,3106	4,2798
B-15	4,3895	4,3597	4,3420	4,3224	4,2956	-
B-10	4,3471	4,3306	4,3133	4,3005	4,2883	-
B-5	4,3309	4,3225	4,3080	4,2950	4,2860	4,2710

Stabilitas Oksidasi

Standar nasional untuk methyl ester (SNI 2006) belum mencantumkan metode uji dan batasan untuk stabilitas oksidasi. Oleh karena itu komposisi A s/d T dievaluasi berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan terhadap stabilitas oksidasi methyl ester sawit dan castor, menggunakan metode uji dan batasan yang ditetapkan pada standar Eropa EN 14112. Menurut literatur, stabilitas oksidasi methyl ester sawit adalah tertinggi (13, 37 jam) diantara bahan baku yang lain dan satu-satunya yang melebihi syarat yang ditetapkan

dalam EN 14112 yaitu minimal 6 jam. Stabilitas oksidasi methyl ester castor dan jatropha adalah sangat rendah yaitu 0,67 jam dan 3,3 jam. Dengan demikian aplikasi methyl ester castor adalah sebagai komponen campuran bahan bakar mesin diesel dengan jumlah terbatas agar stabilitas oksidasi menjadi tidak terlalu rendah. Tabel 6 menggambarkan peringkat stabilitas oksidasi dari komposisi campuran A s/ T, dimana stabilitas oksidasi semakin menurun jika kandungan methyl ester semakin tinggi, khususnya kandungan methyl ester castor.

Tabel 6. Peringkat stabilitas oksidasi campuran Solar-Methyl Ester

Komposisi Campuran	Peringkat Stabilitas Oksidasi Campuran Solar-Jelantah-Castor					
	A	B	C	D	E	Tanpa Castor
B-20	6	5	4	3	2	1
B-15	6	5	4	3	2	1
B-10	6	5	4	3	2	1
B-5	6	5	4	3	2	1

Bilangan Setana

Bilangan setana campuran dapat dihitung menggunakan formula sederhana berikut:

$$P_{mix} \propto \sum x_i \cdot P_i$$

Dimana P_{mix} adalah bilangan setana campuran, sedangkan x_i dan P_i adalah komposisi dan bilangan setana komponen penyusun campuran, yaitu: solar, methyl ester jelantah dan castor. Bilangan setana campuran solar dan methyl ester jelantah-castor diharapkan dapat lebih tinggi dari 45 (syarat minimal untuk aplikasi mesin diesel kecepatan tinggi (Pertamina). Bilangan setana campuran ditentukan oleh bilangan setana

komponennya yaitu solar, methyl ester jelantah dan castor. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa bilangan setana methyl ester jelantah adalah tertinggi (63) dan castor terendah. Hasil perhitungan (Tabel 7) menunjukkan bahwa bilangan setana campuran semakin tinggi jika kandungan methyl ester jelantah meningkat dan semakin rendah jika kandungan methyl ester castor meningkat. Komposisi dengan bilangan setana tertinggi adalah A (B-20 tanpa castor) dan komposisi terendah adalah P (B-5 dengan kandungan castor tertinggi). Bilangan setana untuk semua komposisi campuran (dari A s/d T) lebih tinggi dari 45 (nilai minimal untuk mesin diesel kecepatan tinggi)

Tabel 7. Bilangan setana campuran Solar-Methyl Ester Jelantah & Castor

Komposisi Campuran	Bilangan Setana Campuran Solar-Jelantah-Castor (cSt)					
B-20	A	B	C	D	E	Tanpa Castor
	47,85	48,08	48,31	48,54	48,77	49
B-15	F	G	H	I	J	Tanpa Castor
	47,14	41,31	47,48	47,66	47,83	48
B-10	K	L	M	N	O	Tanpa Castor
	46,43	46,54	46,66	46,77	46,89	47
B-5	P	Q	R	S	T	Tanpa Castor
	45,71	45,77	45,83	45,89	45,94	46

Lubrisitas

Senyawa methyl ester telah dikenal memiliki lubrisitas yang tinggi sehingga jika digunakan dalam campuran minyak diesel (Solar) akan mengurangi gesekan friksi antara komponen yang bergesekan dan bersifat sebagai zat anti-wear sehingga dapat menurunkan tingkat keausan logam. Minyak castor terdiri dari sekitar 90% asam lemak ricinoleat. Ricinoleat

merupakan satu-satunya asam lemak yang mengandung gugus OH yang bersifat polair. Oleh karena itu kecenderungan asam lemak ricinoleat terikat atau teradsorpsi pada permukaan logam sangat kuat sehingga bersifat melindungi permukaan logam atau bersifat sebagai zat anti-wear. Kehadiran rantai rangkap pada asam ricinoleat juga meningkatkan sifat lubrisitas methyl ester castor.

Tabel 8. Daftar lubrisitas komponen campuran

Komponen Campuran	Komponen Penyusun Utama	Lubrisitas (μm)
Minyak diesel tanpa additif	Hidrokarbon (tanpa oksigen)	>500
Methyl ester jelantah	Methyl Palmitat	357
Methyl ester castor	Methyl Ricinoleat	191

Tabel 8 menampilkan nilai tipikal lubrisitas dari kompone utama dari methyl ester jelantah, castor dan minyak diesel (*low sulfur*). Dari data tersebut ternyata methyl ester castor memiliki sifat lubrisitas yang paling baik (keausan terendah) dibandingkan metyl ester jelantah dan minyak diesel mineral (tanpa additif). Tabel 9

memberikan hasil pengukuran lubrisitas beberapa komposisi campuran. Komposisi campuran yang diukur adalah B-20 (komposisi methyl ester terendah). lubrisitas dari komposisi diantaranya, diharapkan dapat diprediksi dari kedua komposisi tersebut.

Tabel 9. Data pengukuran lubrisitas beberapa komposisi campuran

Campuran Bahan Bakar B-5 (Mengandung 5% additif)	Lubrisitas (μm)
Solar + 5% Methyl ester jelantah	283
Solar + 3,75% methyl ester jelantah & 1,25% methyl ester castor	200
Solar + 4,25% methyl ester jelantah & 0,75% methyl ester castor	150
Solar + 4,75% methyl ester jelantah & 0,25% methyl ester castor	159
Campuran Bahan Bakar B-20 (Mengandung 20% additif)	Lubrisitas (μm)
Solar + 20% Methyl ester jelantah	296
Solar + 15% methyl ester jelantah & 5% methyl ester castor	171
Solar + 17% methyl ester jelantah & 3% methyl ester castor	180
Solar + 19% methyl ester jelantah & 1% methyl ester castor	201

Dari tabel 9 dapat disimpulkan bahwa penambahan metyl ester dari 5% menjadi 20% tidak akan memperbaiki lubrisitas bahan bakar. Selanjutnya, upaya meningkatkan lubrisitas dilakukan dengan menambahkan methyl ester castor. Penambahan dari 0,25 s/d 1,25% kedalam campuran minyak diesel B-5 dapat menurunkan tingkat keausan rata-rata sekitar 170 μm . Sementara itu penambahan methyl ester castor sebesar 1% s/d 5% kedalam campuran minyak diesel B-20 dapat menurunkan tingkat keausan rata-rata sebesar 184 μm . Dengan demikian campuran minyak diesel B-5 lebih sensitif terhadap kenaikan lubrisitas jika ditambahkan dengan methyl ester castor. Perlu dilakukan studi lanjut untuk memvalidasi trend dari penurunan keausan dari campuran B-5 dengan penambahan methyl ester castor misalkan dari 0% s/d 1%.

Densitas

Densitas campuran dapat diperoleh dari komposisi komponen campuran dan densitas masing-masing komponen

campuran. Formula sederhana yang digunakan adalah:

$$\rho_{mix} = \sum x_i \cdot \rho_i$$

Dimana ρ_{mix} adalah densitas campuran, sedangkan x_i dan ρ_i adalah komposisi dan densitas komponen penyusun campuran, yaitu: solar, methyl ester jelantah dan castor

Dari tabel 10 terlihat bahwa densitas campuran A s/ T berkisar antara 0,84 s/d 0,86 g/cm^3 dan hal ini memenuhi spesifikasi dari bahan bakar diesel untuk mesin dengan kecepatan tinggi (mesin diesel transportasi), yaitu 0,815-0,870 g/cm^3 . Jika kandungan kalori methyl ester murni (B-100) besarnya sekitar 10% lebih rendah dibanding minyak diesel mineral (solar), maka kandungan kalori komposisi B-5 s/d B-20 berbeda sekitar 0,5 s/d 2% terhadap solar.

Dengan asumsi bahwa densitas komposisi B-5 s/d B-20 memenuhi spesifikasi maka dapat diperkirakan tidak terjadi perbedaan yang signifikan pada besar konsumsi bahan bakar mesin diesel jika yang menggunakan bahan bakar solar atau B-5 s/d B-20.

Tabel 10. Densitas campuran Solar-Methyl Ester Jelantah & Castor

Komposisi Campuran	Densitas Campuran Solar-Jelantah-Castor (g/cm^3)					
B-20	A	B	C	D	E	Tanpa Castor
	0,8519	0,8514	0,8509	0,8504	0,8499	0,8494
B-15	F	G	H	I	J	Tanpa Castor
	0,8495	0,8492	0,8488	0,8484	0,8481	0,8477
B-10	K	L	M	N	O	Tanpa Castor
	0,8472	0,8469	0,8467	0,8464	0,8462	0,8460
B-5	P	Q	R	S	T	Tanpa Castor
	0,8448	0,8447	0,8446	0,8445	0,8444	0,8442

SIMPULAN

Dari hasil pengukuran dan perhitungan sifat kunci bahan bakar diesel seperti: viskositas, bilangan setana, sifat lubrisitas dan densitas menunjukkan bahwa komposisi campuran solar dan methyl ester jelantah-castor memenuhi spesifikasi bahan bakar mesin diesel putaran medium/tinggi.

Bilangan setana dan sifat lubrisitas campuran bahkan menunjukkan sifat yang lebih baik dibandingkan minyak diesel kecepatan tinggi seperti solar. Jika penggunaan campuran methyl ester jelantah-castor dalam solar berkisar antara 5% s/d 20% maka unjuk kerja mesin seperti power/torsi dan konsumsi bahan bakar akan sama atau bahkan lebih baik jika dibanding

menggunakan solar. Minimal tingkat emisi gas buang-nya (partikel, CO & Hidrkarbon) akan lebih rendah dibanding dengan solar.

Meskipun stabilitas oksidasi methyl ester lebih rendah dibanding solar (terutama castor), namun penggunaan campuran akan meningkatkan stabilitas-nya. Penggunaan castor yang dibatasi maksimum 5% diharapkan tidak akan berpengaruh terlalu besar terhadap stabilitas oksidasi, namun bisa meningkatkan sifat lubrisitas secara signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

As'adi M, Rizqon F, Prawoto, 2006, *Efek Penggunaan Biodiesel 100% Terhadap pengenceran Pelumas dan Deposit Pada Sistem Bahan Bakar*, Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin V, hal.M2-006/1-8, Nopember 2006

Ananta Andy A S, 2006, *Biodiesel Dari Minyak Jelantah*, <http://www.kompas.com>.

Prihandana Rama, *Menghasilkan Biodiesel Murah*, Agro Media Pustaka, 2006.

Supranto dkk, 2006, *Minyak Jelantah Untuk Energi Biodiesel*, <http://www.republika.co.id>.

Wolszczak J et al, 2005, *The Impact of Bioesters on Lubricity of Diesel Fuels*, *Journal of KONES Internal Combustion Engine*, 12 (2005), 391398.

