Pengujian Sifat Fisiko-Kimia, Kinerja dan Pengarul Pada Mesin Terhadap Biodiesel Dari Minyak Biji Bintangur (*Callophylum inopylum*)

Sahirman[1,4], Ani Suryani[2], Djumali Mangunwidjaja[2], Sukardi[2], R Sudradjat[3]

[1]Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Pertanian Cianjur
[2]Departemen Teknogi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian IPB Bogor
[3]Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan Bogor

[4]*Email* : sahir_hirma@yahoo.com

ABSTRACT

Biodiesel is a promising alternative diesel fuel obtained from vegetable oils, animal fats, or waste oils by transesterifying the oil or fat with an alcohol such as methanol that able to be used directly or mixed with diesel oil. Aim of this research was to know properties and performance biodiesel from bintangur (alexandrian laurel) seed oil.

Biodiesel was tested properties according to SNI 04-7182-2006. Test of performance and effect of biodiesel to machine used generator Kubota with technique data: 4 step type, sum of cylinder 1, displacement 443 cm^3, compression 20:1, injection pressure 230 kg/cm^2, nominal energy 7.5 pK,

The test indicated that properties of biodiesel of Alexandrian laurel seeds oil meet the standard in term of flash point, water and sediment, cooper strip corrosion, sulfur content, phosphorus content, cetane number, total glycerol content, boiling viscosities, cloud point, residue carbon and ash sulfated (meet SNI 04-7182-2006). The performance test indicated that the consumption of biodiesel-solar mixture from 0% to 30% biodiesel (liter/hour) are not different but the consumption level increased when the biodiesel consentration more than 30%. This increased was due to the imperfect combustion, this indicated by the deposit in the cylinder head and piston.

Key words : bintangur (alexandrian laurel), biodiesel, properties test, performance test

PENDAHULUAN

Biodiesel adalah metil ester yang diturunkan dari minyak/lemak alami, seperti minyak nabati, lemak hewan atau minyak goreng bekas yang dapat digunakan langsung atau dicampur dengan minyak diesel. Keuntungan penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar diantaranya adalah: bahan baku dapat diperbarui (*renewable*), dapat menggantikan bahan bakar diesel dan turunannya dari petroleum, dapat digunakan kebanyakan peralatan diesel tanpa modifikasi, dapat mengurangi emisi yang menyebabkan pemanasan global, dapat mengurangi emisi udara beracun, bersifat *biodegradable* dan mudah digunakan (Tyson, 2004). Biodiesel dari minyak biji bintangur dihasilkan dari proses esterifikasi pada suhu 60 °C, waktu 30 menit, rasio molar metanol terhadap FFA 20:1, dan katalis HCl 6% dari berat FFA dan transesterifikasi pada suhu 60 °C, waktu 30 menit, rasio molar metanol terhadap minyak 6:1, dan katalis NaOH 6% dari berat minyak (Sudradjat *et al.* 2007).

Asam lemak utama penyusun biodiesel dari biji bintangur adalah asam palmitat, asam stearat, asam oleat dan asam linoleat (Sahirman, 2006). Empat jenis asam lemak tersebut menyusun lebih dari 96% dari total lemak yang ada.

Standar biodiesel menurut ASTM D6751-3 2004 ditentukan oleh titik nyala (*Flash point*), air dan sedimen (Water & sediment) viskositas kinematik 40°C, abu sulfat (*Sulfated ash*), kandungan sulfur, korosi kepingan tembaga (*Cooper Strip corrosion*), angka setana (*Cetane number*), titik kabut (*Cloud point*), residu karbon (*Carbon residue*), bilangan asam (*Acid number*), Gliserol bebas (*Free glycerol*), Gliserol total (*Total glycerol*), temperatur distilasi (*Distilation temperature* 90 % *recoverd*) dan kandungan fosfor. Sedangkan menurut SNI 04-7182:2006 selain 14 komponen tersebut ditambah dengan massa jenis, kadar alkil ester, angka iodium dan uji helphen.

Biodiesel minyak sawit B30 menurut Legowo *et al.* (2005) memenuhi peryaratan spesifikasi solar dalam hal *spesific grafity*, viskositas kinematik, *pour point, Cetane index*, kandungan sulfur, korosi keping tembaga, kandungan air, kandungan abu, *flash point*, dan *distilation recovery* pada suhu 300 °C tetapi tidak memenuhi kreteria *conradson carbon residue* dan angka asam total. Biodiesel jarak pagar memenuhi kreteria ASTM PS-121 meliputi indek setana, viskositas kinematik, densitas, bilangan asam, abu tersulfatkan, air dan sidimen, residu karbon, kandungan sulfur dan titik nyala Sudradjat *et al.* (2005).

Uji coba bahan bakar campuran biodiesel *Metyl Ester Rapeseed Oil* (RME) 27.9% dengan 2-D diesel (2D) 72.1% pada kendaraan truk terbuka (*pickup truck*) menghasilkan penurunan tenaga 5% dan penurunan densitas asap 32% sedangkan untuk pemakaian 20RME menghasilkan penurunan tenaga 1.5% dan penurunan densitas asap 6.6% dari 2-D, kedua pemakaian bahan bakar biodiesel tersebut tidak merusak mesin (Peterson et al. 1999). Uji ketahanan mesin selama 250 jam terhadap biodiesel sawit B30 dibandingkan dengan bahan bakar solar (B00) adalah torsi motor lebih rendah 2,77%, daya lebih rendah 2.77%, konsumsi bahan bakar lebih tinggi 5.94% deposit nosel injektor lebih tinggi 3.2%, deposit piston lebih tinggi 4.20%, deposit klep lebih tinggi 0.85%, deposit kepala silender lebih tinggi 30,84% dan deposit pada saringan bahan bakar lebih tinggi 57.3% (Legowo et al 2006). Menurut Reksowardojo, (2006) pada umumnya hasil pengujian *bed test dan road test* menunjukkan bahwa bahan bakar biodiesel yang diproduksi memenuhi standar FBI-S01-03 atau SNI 04-7182-2006 tidak siknifikan merubah performance, gas emisi dari mesin baik kondisi mesin diesel stasioner maupun mesin diesel untuk kendaraan bermotor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisiko-kimia, kinerja dan pengaruh pada mesin diesel (generator) terhadap biodiesel dari minyak biji bintangur.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari alat laboratorium untuk pembuatan biodiesel dan untuk analisis. Alat untuk pembuatan biodiesel terdiri dari unit alat *degumming*, unit reaktor esterifikasi-transesterifikasi dan unit alat pencucian dan pengeringan. Alat untuk analisis terdiri dari unit alat analisis abu sulfat, kadar gliserol, bilangan asam, metil ester, angka setana, titik nyala, air dan sedimen, viskositas kinematik 40°C, kandungan sulfur, korosi kepingan tembaga, titik kabut, residu karbon dan temperatur distilasi.

Bahan yang digunakan untuk pembuatan biodiesel terdiri dari minyak biji bintangur, metanol, asam fosfat, HCl dan NaOH. Bahan kimia untuk analisis teridiri dari NaOH, alkohol, PP, asam asetat, asam sulfat dan lain-lain.

Prosedur Percobaan

Esterifikasi dan transesterifikasi.

Minyak hasil deguming dilakukan esterifikasi pada suhu 60 oC, waktu 30 menit, kecepatan pengadukan 400 rpm, rasio molar metanol terhadap asam lemak bebas 20:1 dan konsentrasi katalis HCL terhadap asam lemak 6%. Minyak hasil esterifikasi dipisahkan dari metanol dengan separating funel kemudian dilakukan transesterifikasi pada pada suhu 60 °C, waktu 30 menit, kecepatan pengadukan 400 rpm, rasio mol metanol terhadap minyak 6:1 dan konsentrasi katalis NaOH terhadap minyak 1%. Biodiesel kasar hasil transesterififkasi dipisahkan dari glierol kemudian dicuci dengan air yang mengandung asam asetat 0,03% pada suhu 50 °C sampai diperoleh pH netral dan tidak terbentuk busa. Selanjutnya biodiesel dikeringkan pada suhu 105 oC selama 20 menit dilanjutkan dengan pengeringan vakum pada suhu 80 °C selama 10 menit. Biodiesel ditampung dalam derigen plastik dan pekerjaan diulangai sampai diperoleh biodiesel sebanyak 4 liter.

Pengujian biodiesel.

Biodiesel yang dihasilkan dilakukan pengujian properties sesuai standar SNI 04-7182:2006 di Laboratorium Proses pada Pusat Pengembangan dan Penelitian Minyak dan Gas Bumi Lemigas Jakarta meliputi massa jenis (ASTM D 1298), viskositas kinematik 40°C (ASTM D445), angka setana (ASTM D 613), titik nyala mangkok tertutup (ASTM D 93), korosi kepingan tembaga (ASTM D 130), residu karbon (ASTM D 189), titik kabut (ASTM D 2500), air dan sedimen (ASTM D 1796), temperatur distilasi (ASTM D 86), belerang (ASTM D 1266) dan fosfor (ASTM D1091). Pengujian abu tersulfatkan (ASTM D 874), bilangan asam (SNI-3555-1998), kadar gliserol total (AOCS Ca 14-56), kadar gliserol bebas (AOCS Ca 14-56), kadar alkil ester perhitungan sesuai SNI 04-7182:2006 dan angka iodium (SNI-3555-1998) di Lab. Pengujian Mutu Terpadu VEDCA Cianjur.

Pengujian *performance* meliputi pengujian konsumsi bahan bakar dan pengujian pengaruh biodiesel terhadap mesin. Pengujian konsumsi bahan bakar menggunakan campuran biodiesel terhadap solar 0 %, 10 %, 20%, 30%, 40%, 50% dan 60 % masing-masing sebanyak 1 liter. Pengujian pengaruh biodiesel terhadap mesin dilakukan dengan menggunakan campuran biodiesel 0%, 10%, 30% dan 50% masing-masing sebanyak 4 liter (sekitar 18 jam) mengacu pada pengujian yang dilakukan oleh Reksowardoyo (2005) yaitu selama 17 jam. Mesin yang digunakan untuk pengujian tersebut adalah mesin diesel (generator) putaran sedang merek kobota dengan spesifikasi: mensin diesel 4 langkah, jumlah selinder 1, diamter x langkah (*displacement*): 443 cm^3 (443 CC), perbandingan kompresi 20 :1, tekanan injeksi: 230 kg/ Cm^2, daya nominal: 5,5 hp (7,5pK), output maksimum daya/speed = 55,5 KW /36,7 PS / 2200 rpm, out put kontinyu daya/speed: 4,8KW/36,7PS/2200 rpm. Pengujian dilakukan pada kecepatan putaran tetap 700 rpm, dikendalikan dengan alat tatsometer.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Sifat Fisiko-Kimia

Komposisi kimia biodiesel dari minyak biji bintangur dianalisis dengan menggunakan *Gas Chromatography Mass Spectrofotometri* (GCMS) ditampilkan pada Tabel 1. Biodiesel minyak biji bintangur terdiri atas metil ester dominan yaitu metil palmitat, metil stearat, metil oleat dan metil linoleat. Sejumlah kecil metil ester berasal dari asam lemak rantai pendek yaitu metil kaprilat dan metil pelargonat dan metil ester berasal dari asam lemak jenuh rantai panjang yaitu metil arakhidat, metil erukat, dan metil behenat.

Tabel 1 Komposisi metil asam lemak dari biodiesel dari minyak biji bintangur

No	RT (menit)	Area (%)	Nama Sistematik	Nama dagang	Karbon	Titik leleh (°C)
1.	3,91	0,06	Metil ester asam Oktanoat	Metil kaprilat	C8:0	16,7
2.	6,81	0,04	Metil ester asam Tetradekanoat	Metil miristat	C14:0	54,4
3.	7,03	0,09	Metil ester asam Nonanoat	Metil pelargonat	C9:0	12,5
4.	7,91	14,67	Metil ester asam Hexadekanoat	Metil palmitat	C16:0	62,9
5.	8,03	0,43	Metil ester asam 9-Hexadesenoat	Metil palmitoleat	C16:1	30
6.	8,52	0,24	Metil ester asam Heptadekanoat	Metil margarat	C17:0	61,3
7.	9,55	24,34	Metil ester asam Octadekanoat	Metil stearat	C18:0	69,6
8.	9,73	33,59	Metil ester asam 8-Octadesenoat	Metil oleat	C18:1	13-16
9.	10,15	23,94	Metil ester asam 10,13 Octadekadienoat	Metil linoleat	C18:2	- 5,0
10.	10,65	0,23	Metil ester asam 9,12,15, Octadekatrinoat	Metil linolenat	C18:3	-11,0
11.	11,34	1,27	Metil ester asam Eikosanoat	Metil arakhidat	C20:0	75,4
12.	11,54	0,29	Metil ester asam 11-Eikosanoat	Metil erukat	C20:1	-
13.	13,33	0,44	Metil ester asam Dokosanoat	Metil behenat	C22:0	80,0

Hasil pengujian biodiesel minyak biji bintangur dibandingkan dengan SNI 04-7182-2006 disajikan pada Tabel 2. Dasar penggunaan rujukan SNI 04-7182-2006 untuk pengujian karena SNI tersebut mempunyai banyak kesamaan dengan standar Amerika (ASTM) bahkan diperluas mengacu pada standar yang diberlakukan di negara-negara Eropa. Biodiesel minyak biji bintangur sebagian besar telah memenuhi persyaratan SNI

04-7182-2006.

Massa Jenis. Massa jenis biodiesel dari minyak biji bintangur memenuhi persyaratan SNI biodiesel yaitu 850-890 kg/m^3. Massa jenis biodiesel dari biji bintangur sedikit lebih tinggi dari massa jenis biodiesel sawit yaitu 880 kg/m^2 (Legowo *et al.* 2001) dan biodiesel jarak pagar 879 kg/m^2 (Francis dan Becker 1999). Perbedaan massa jenis biodiesel berkaitan dengan komposisi asam lemak dan tingkat kemurnian dari biodiesel (Mittelbach dan Remschmidt 2004). Massa jenis naik dengan penurunan panjang rantai karbon dan peningkatan ikatan rangkap. Massa jenis metil ester dari asam lemak C6:0 (889 kg/m^2), C12:0 (873 kg/m^2), C18:1(874 kg/m^2) C18:2 (894 kg/m^2) dan C18:3 (904 kg/m^2) (Mittelbach dan Remschmidt 2004).

Tabel 2 Karakterisitik biodiesel dari minyak bintangur dibandingkan dengan standar SNI 04-7182-2006

No.	Parameter	Satuan	Metode Uji	Nilai	Biodiesel bintangur
1.	Massa jenis pada 40 °C	kg/m^3	ASTM D 1298	850-890	888,6
2.	Viskositas kinematik pada 40°C	mm^2/s (cSt)	ASTM D445	2,3-6,0	7,724
3.	Bilangan setana	-	ASTM D 613	Min, 51	51,9 *1
4.	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C	ASTM D 93	Min. 100	151
5.	Titik kabut	°C	ASTM D 2500	maks. 18	38
6.	Korosi kepingan tembaga (3 jam pada 50 °C)		ASTM D 130	maks. no. 3	I b
7.	Residu karbon ▪ dalam contoh asli atau ▪ dalam 10 % ampas distilasi	%-massa	ASTM D 4530	maks. 0,05 maks. 0,30	0,434*2
8.	Air dan sedimen	% -vol	ASTM D-1796	maks. 0,05	0
9.	Suhu distilasi 90 %	°C	ASTM D 1160	maks. 360	340*3
10.	Abu tersulfatkan	% massa	ASTM D 874	maks. 0,02	0,026
11.	Belerang	ppm-m (mg/kg)	ASTM D-1266	Maks 100	16
12.	Fosfor	Ppm –m (mg/kg)	ASTM D 1091	maks. 10	0,223*4
13.	Bilangan asam	mg-KOH /g	AOCS Cd 3d-63	Maks 0,8	0,96*5
14.	Gliserol total	%- massa	AOCS Ca 14-56	maks. 0,24	0,232
15.	Kadar ester alkil	%- massa	SNI 04-7182-2006	Min. 96,5	96,99
16.	Bilangan Iodium	%- massa (g-I_2/100 g)	AOCS Cd 1-25	maks. 115	85*5

Keterangan :
*1: Diukur pada pencampuran 30 % biodiesel dan 70 %
*2: Diukur dengan metode ASTM D 189
*3: Diukur dengan metode ASTM D 86
*4: Diukur dengan metode ASTM D 1091
*5: Diukur dengan metode SNI-3555-1998

Viskositas. Viskositas kinematik biodiesel minyak biji bintangur pada suhu 40 °C adalah 7.724 cSt sehingga tidak memenuhi persyaratan SNI biodiesel yaitu 2.3-6.0 cSt.

Viskositas biodiesel dari minyak biji bintangur lebih tinggi dari biodiesel jarak minyak sawit (3.5-5.0 mm^2/s) (Legowo *et al.* 2001) dan biodiesel jarak (4.84 mm^2/s). Viskositas merupakan faktor yang penting dalam mekanisme terpecahnya serta atomisasi bahan bakar dalam ruang bahan bakar (Soerawidjaja *et al.* 2005). Viskositas berkaitan dengan komposisi asam lemak dan tingkat kemurnian biodiesel (Mittelbach dan Remschmidt 2004). Viskositas naik dengan kenaikan panjang rantai karbon asam lemak jenuh, kenaikan panjang rantai karbon alkohol, penurunan panjang rantai karbon asam lemak tidak jenuh dan adanya kenaikan sisa mono, di dan trigliserida dalam biodiesel. Viskositas juga dipengaruhi oleh tingkat polimerisasi sebagai akibat proses degradasi oksidasi (Canakci dan Van Gerpen, 1999).

Karena viskositas biodiesel dari minyak bintangur tidak memenuhi kualifikasi SNI biodiesel maka penggunaan biodiesel dari minyak bintangur 100% (B100) tidak mungkin sehingga dilakukan pencampuran dengan solar sampai memenuhi persyaratan yang dikehendaki. Beberapa mesin diesel menghendaki persyaratan minimal viskositas, karena viskositas biodiesel yang tinggi akan menyebabkan atomisasi yang jelek dan diasosiasikan dengan kenaikan deposit pada mesin (Kinast dan Tyson, 2003).

Titik nyala. Titik nyala mangkok tertutup biodiesel dari minyak bintangur adalah 151 °C lebih besar dari persyaratan minimal SNI biodiesel yaitu 100 °C. Titik nyala yang tinggi diperlukan untuk keamanan dari kebakaran selama proses penyimpanan, transportasi (Mittelbach dan Remschmidt 2004). Titik nyala berkaitan dengan residu metanol dalam biodiesel karena metanol mempunyai titik nyala yang rendah yaitu 11.11°C. Residu metanol dalam jumlah kecil menurunkan *flash point* yang berpengaruh terhadap pompa bahan bakar, *seals* dan *elastomers* serta dapat menghasilkan sifat-sifat yang jelek dalam pembakaran (Tyson 2004).

Titik kabut. Titik kabut biodiesel dari minyak bintangur adalah 38 °C sedangkan persyaratan SNI biodiesel maksimum 18 °C dengan demikian tidak memenuhi persyaratan. Titik kabut yang tinggi berkaitan dengan jumlah atom karbon asam lemak jenuh yang besar pada biodiesel (Soerawidjaja *et al.* 2005) terutama metil ester dari asam stearat dan pamitat (Kinast dan Tyson, 2003). Penggunaan biodiesel dengan titik kabut yang tinggi dapat mengurangi sifat-sifat keenceran (lubrisitas) dan menyebabkan penyumbatan filter. oleh karena itu biodiesel yang demikian perlu dilakukan pengendapan sehingga masalah keenceran biodiesel dapat teratasi (Kinast dan Tyson 2003). Selain dengan cara pemisahan metil stearat dan metil palmitat, permasalahan tingkat keenceran biodiesel dari minyak bintangur diatasi dengan mecampur minyak diesel atau solar atau menggunakan pemanas (Converter) sebelum dikabutkan.

Korosi kepingan tembaga. Korosi kepingan tembaga (*Cooper Strip corrosion=CCR*) biodiesel dari minyak bintangur 3 jam pada 50 °C adalah no 2 atau I B sehingga memenuhi persyaratan SNI biodiesel yaitu maks. no 3 atau 1 C. Tes ini dilakukan untuk mengukur pengaruh bahan bakar terhadap tingkat korosi tembaga yang berkaitan dengan kadar asam lemak bebas biodiesel (Kinast dan Tyson, 2003). Tingkatan korosi kepingan tembaga tergantung dari kadar asam lemak bebas, gliserida, logam alkali sebagai katalis yang sudah dalam bentuk sabun (Soerawidjaja *et al.* 2005) dan dari ketiga peneyebab tersebut pengotor dari sisa katalis lebih banyak berpengaruh terhadap nilai CCR (Schindlbauer 1988). Disamping komponen tersebut menurut Mittelbach dan Remschmidt (2004) nilai CCR ditentukan pula oleh metil ester dari asam lemak tidak jenuh dengan ikatan rangkap lebih dari satu (*polyunsaturated fatty acid methyl esters*) dan polimer yang terbentuk selama proses.

Kandungan Air dan sedimen. Air dan sidemen biodiesel minyak biji bintangur menunjukkan 0 sehingga memenuhi persyaratan SNI biodiesel yaitu maksimal 0.05%. Menurut Mittelbach dan Remschmidt (2004) metil ester asam lemak bersifat higroskopis dan dapat mengandung air sampai dengan 1000 ppm selama penyimpanan. Air dalam biodiesel ada sebagai akibat teknik pengeringan yang kurang (Mittelbach dan Remschmidt 2004). Air akan mengkibatkan korosi dan mengkondisikan lingkungan yang cocok untuk mikroorganisma sehingga akan mendorong terjadinya oksidasi yang dapat menaikan sedimen dan bilangan asam selama penyimpanan (Mittelbach dan Remschmidt 2004).

Kandungan Abu tersulfatkan. Abu tersulfatkan biodiesel dari minyak biji bintangur adalah 0.026% sedikit lebih tinggi dari persyaratan SNI biodiesel yaitu 0.02%. Kandungan abu tersulfatkan menunjukkan kontaminan materi an organik seperti residu katalis dan sabun yang teroksidasi dalam proses pembakaran sehingga membentuk deposit pada mesin (Mittelbach dan Remschmidt 2004). Dengan demikian abu tersulfatkan yang tinggi menunjukkan pencucian biodiesel yang kurang sempurna. Abu tersulfatkan mempunyai kontribusi dalam injector atau terjadinya penyumbatan (*fouling*) pada sistem bahan bakar (Tyson 2004).

Kandungan Belerang. Belerang yang terkandung dalam biodiesel dari minyak biji bintangur adalah 0.0016 % atau 16 ppm memenuhi persyaratan SNI biodiesel yaitu maksimal 0.05% atau 500 ppm. Sulfur dalam bahan bakar akan dikonversi menjadi sulfur oksida, asam sulfat yang berpengaruh pada emisi mesin (Kinast dan Tyson 2003). Biodiesel dengan sulfur tinggi akan berpengaruh pada kesehatan manusia dan lingkungan karena akan dikonversi menjadi sulfur oksida yang berpotensi menyebabkan proses mutagenik, disamping akan mengurangi masa kerja dari converters, mengurangi keenceran dan dapat menyebabkan gagalnya proses injeksi (Mittelbach dan Remschmidt 2004). Menurut Mittelbach dan Remschmidt (2004) biodiesel trandisional yang diproses tanpa menggunakan asam sulfat bebas dari sulfur, jika sulfur ada dalam jumlah yang sangat kecil disebabkan oleh bahan mengandung sulfur dalam bahan baku yang terikut.

Kandungan Fosfor. Kandungan fosfor dalam biodiesel dari minyak biji bintangur adalah 0.223 ppm sehingga memenuhi persyaratan SNI biodesel yaitu 10 ppm. Fosfor dalam biodiesel berasal dari fosfolipid yang terkandung dalam bahan baku atau asam fosfat yang digunakan untuk proses (Mittelbach dan Remschmidt 2004). Fosfor dalam biodiesel dibatasi maksimal 10 ppm, karena kandungan fosfor yang tinggi dapat merusak *catalytic converters* (Tyson 2004). Kandungan fosfor biasanya muncul dalam bentuk seperti perekat (*muncilaginous substances*) yang dapat merusak katalis pada mesin diesel sehingga akan meningkatkan jumlah emisi partikulat (Soerawidjaja *et al.* 2005). Kandungan fosfor selain dipengaruhi oleh fosfor dari bahan baku juga dipengaruhi oleh proses degumming dan proses esterifikasi apabila menggunakan katalis asam fosfat.

Bilangan asam. Bilangan asam biodiesel dari minyak biji bintangur menunjukkan 0.96 mg KOH/gram sedikit lebih tinggi dari persyaratan biodiesel yaitu 0.8 mg KOH/gram. Bilangan asam biodiesel menunjukkan asam lemak bebas (degradasi minyak atau lemak secara natural). Bilangan asam dari biodiesael tergantung dari berbagai faktor diantaranya adalah tipe bahan baku yang digunakan, tingkat rafinasi, katalis asam yang digunakan dan asam lemak bebas yang dihasilkan selama proses produksi (Mittelbach dan Remschmidt 2004). Bilangan asam yang masih relatif tinggi dibandingkan dengan standar SNI kemungkinan disebabkan oleh kadar asam lemak bahan baku yang masih relatif tinggi (sekitar 4%) dan adanya degradasi dari lemak atau minyak akibat proses produksi maupun penyimpanan.. Angka asam yang tinggi diasosiasikan terjadi korosi dan deposit pada mesin (Mittelbach dan Remschmidt 2004) disamping itu juga dapat mengurangi umur dari pompa dan filter (Tyson 2004).

Angka setana. Angka setana biodiesel dari minyak biji bintangur dengan campuran 30 % biodiesel dan 70% solar adalah 51,9 lebih tinggi dari persyaratan SNI Biodiesel 100% yaitu minimal 51. Syarat minimal angka setana minyak diesel Indonesia adalah 48 dan jika minyak diesel yang dicampurkan mempunyai angka setana 51.5 (Reksowardojo 2005) maka angka setana biodeisel dari minyak biji bintangur adalah 52.8 lebih besar persyaratan SNI Biodiesel 100% yaitu minimal 51. Biodiesel dari berbagai minyak nabati $\geq$ 51 seperti biodiesel dari minyak sawit (62), biodiesel dari minyak jarak (51) dan biodiesel dari minyak kelapa (62.7) (Soerawidjaja *et al.* 2005). Angka setana berkaitan dengan kandungan kalor dalam bahan yang diperlukan untuk menggerakkan mesin diesel agar dapat bekerja dengan baik. Angka setana yang tinggi berpengaruh signifikan terhadap waktu singkat yang diperlukan antara bahan bakar diinjeksikan dengan inisiasi sehingga menyebabkan *start* yang baik dan suara yang halus pada mesin (Mittelbach dan Remschmidt 2004). Angka setana yang lebih tinggi akan menolong memastikan *start* yang baik dan meminimalkan pembentukan asap putih (Tyson 2004).

Angka setana biodiesel berkaitan dengan komposisi asam lemak yang terkandung dalam biodiesel tersebut. Biodiesel yang mengandung asam lemak jenuh dengan rantai karbon panjang (asam laurat, miristat, palmitat, stearat, arakhidat dan lain-lain) yang tinggi mempunyai angka setana yang tinggi sedangkan yang mengandung asam lemak dengan ikatan rangkap 1 (palmitoleat, oleat dan erukat) yang tinggi mempunyai angka setana sedang serta yang mengandung asam lemak dengan ikatan rangkap 2 atau lebih (linoleat, linolenat dan arakhidonat) yang tinggi mempunyai angka setana yang rendah (Tyson 2004).

Residu karbon. Residu karbon biodiesel dari minyak biji bintangur adalah 0.434 % lebih tinggi dari persyaratan SNI biodiesel yaitu maksimal 0.30%. Pengujian ini mencakup penentuan jumlah residu karbon yang tersisa setelah evaporasi dan pirolisis minyak (Soerawidjaja *et al.* 2005, Mittelbach dan Remschmidt 2004). Residu karbon terjadi karena terbentuknya deposit karbon dalam mesin (Tyson 2004). Residu karbon biodiesel yang tinggi berkaitan dengan sejumlah gliserida, asam lemak bebas, sabun, residu katalis, mestil ester dari asam lemak dengan banyak ikatan rangkap dan adanya polimer (Mittelbach dan Remschmidt 2004). Biodiesel dari minyak biji bintangur mengandung asam lemak yang mempunyai banyak ikatan rangkap seperti linoleat dan linolenat sehingga menyebabkan residu karbon relatif tinggi dibandingkan dengan standar SNI biodiesel.

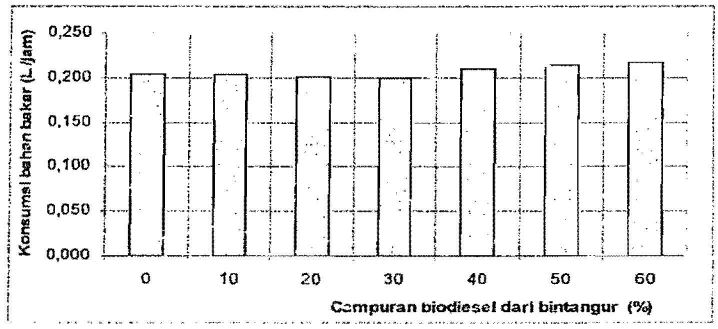
Angka gliserol total. Gliserol total pada biodiesel dari minyak biji bintangur adalah 0.232 % lebih rendah dari persyaratan SNI yaitu 0.24%. Keberadaan gliserol dan sisa gliserida yang belum terkonversi disinyalir membahayakan mesin terutama karena adanya gugus OH yang secara kimiwi agresif terhadap logam bukan besi dan campuran krom selain itu juga menyebabkan deposit pada ruang pembakaran (Soerawidjaja *et al.* 2005). Jika gliserol total dalam biodiesel tinggi maka dapat menyebabkan penyumbatan (*fouling*) tanki penyimpanan sistem bahan bakar dan mesin. Menurut Tyson (2004) bahan bakar biodiesel yang mempunyai kadar gliserol yang melebihi batas minimal menyebabkan terjadinya penyumbatan (*plug*) pada filter bahan bakar dan masalah lainya.

Kandungan alkil ester. Kandungan alkil ester biodiesel dari minyak bintangur adalah 96.99% sehingga memenuhi persyaratan SNI biodiesel yang ditetapkan yaitu minimal 96.5 %. Kandungan ester alkil biodiesel merefleksikan konversi bahan mentah menjadi biodiesel (Soerawidjaja *et al.* 2005), khususnya tingkat metilasi atau pemisahan gliserol dari gliserida pada proses transesterifikasi. Kadar metil ester yang rendah disebabkan oleh proses yang tidak sempurna atau disebabkan oleh tingginya konsentrasi komponen tidak tersabunkan seperti sterol, residu alkohol dan gliserida yang tidak terpisahkan (Mittelbach dan Remschmidt 2004). Menurut Debaut (2005) minyak bintangur mengandung komponen tidak tersabunkan 0.5-2% sehingga hal ini kemungkinan menjadi salah satu penyebab kandungan metil ester yang dihasilkan tidak mencapai 98% hanya sedikit diatas persyaratan SNI Biodiesel.

Angka Iod. Angka Iod biodiesel dari minyak biji bintangur adalah 85 sehingga memenuhi persyaratan SNI biodiesel yaitu maksimal 115. Biodiesel dengan angka iod lebih dari 115 jika digunakan untuk bahan bakar mulai terbentuk deposit pada lubang saluran injeksi, piston ring, dan kanal piston ring hal ini diperkirakan terjadi karena ikatan rangkap terjadi ketidakstabilan karena suhu panas (Soerawidjaja *et al.* 2005). Angka Iodium berkaitan dengan stabilitas biodiesel terutama berkaitan dengan potensi terjadinya oksidasi asam lemak sehinga akan meningkatkan bilangan asam. Oksidasi asam lemak pada biodiesel yang mempunyai angka iodium tinggi dimungkinkan terjadi selama proses penyimpanan dan transportasi.

Pengujian Kinerja

Hasil pengukuran konsumsi bahan bakar biodiesel dari minyak biji bintangur disajikan pada Gambar 1.



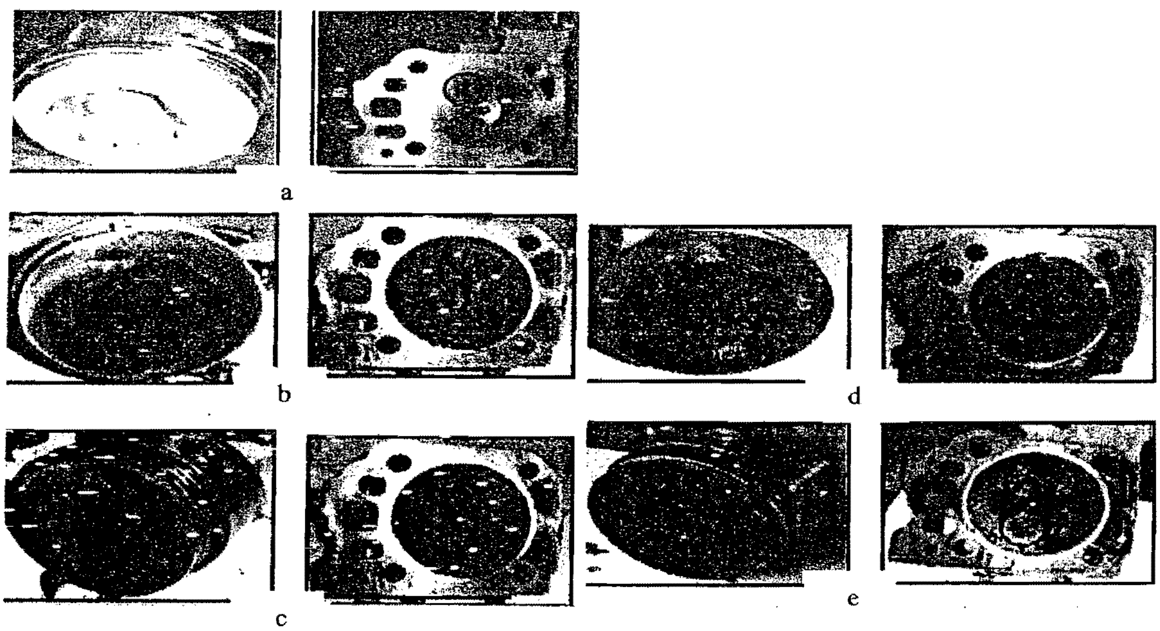
Gambar 1 Hasil pengukuran konsumsi biodiesel dari biji bintangur dengan menggunakan generator 7,5 pK dan kecepatan putaran 700 rpm pada kondisi stasioner

Konsumsi bahan bakar diekspresikan dari efisiensi pemanasan yang ditentukan oleh konversi energi kimia dalam mesin, efisiensi termal yang tinggi berkaitan dengan adanya unsur oksigen yang terkandung dalam bahan bakar (Mittelbach dan Remschmidt 2004). Konsumsi bahan bakar campuran biodiesel dengan solar tidak berbeda nyata sampai dengan campuran 30 % dan mulai pada campuran 40% konsumsi biodiesel lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa pencampuran sampai dengan 30 % tidak berpengaruh terhadap kinerja mesin. Menurut Reksowardojo (2006) pada umumnya hasil bahan bakar biodiesel yang diproduksi memenuhi standar FBI-S01-03 (SNI 04-7182-2006) tidak signifikan merubah performance, gas emisi, dari mesin baik kondisi mesin diesel stasioner maupun mesin diesel kendaraan bermotor.

Konsumsi bahan bakar selama uji jalan 250 jam terhadap biodiesel sawit B30 dibandingkan dengan bahan bakar solar (B00) menunjukkan peningkatan 5,94% (Legowo *et al.* 2006). Menurut Mittelbach (1989) dalam Mittelbach dan Remschmidt (2004) menyatakan bahwa konsumsi bahan bakar RME naik 5,6% dibandingkan dengan bahan bakar diesel. Hasil pengujian dengan mesin stasioner pada 35,2-38,3 KW terhadap biodiesel sawit 100% terjadi penurunan tenaga 8% dan kunsumsi bahan bakar naik 24% sedangkan pada penggunaan biodiesel 30% terjadi penurunan tenaga 2% dan konsumsi bahan bakar naik 11% (Legowo *et al.* 2006). Pencampuran biodiesel minyak biji bintangur mulai dari 50% diduga berpengaruh negatif terhadap kinerja mesin karena viskositas bahan bakar tersebut terlalu tinggi sehingga menyebabkan konsumsi bahan bakar menjadi lebih besar. Viskositas biodiesel dari minyak biji bintangur adalah 7,724 cSt jauh lebih besar dari viskositas solar yaitu 4,27 cSt, kondisi demikian meyebabkan pengabutan (atomisasi) semakin berat dan terjadi pembakaran yang tidak sempurna dibuktikan adanya deposit karbon yang sangat tebal dalam ruang pembakaran dan adanya sisa bahan bakar pada knalpot.

Pengujian kinerja mesin.

Untuk menghabiskan campuran biodiesel dari minyak biji bintangur 0%, 10 %, 30% dan 50 % sebanyak 4 liter diperlukan waktu berturut-turut adalah 16,9 jam 18,5 jam, 16,7 jam dan 15,9 jam atau setara dengan konsumsi bahan bakar 237,3 ml/jam, 216,1 ml/jam 239,2 ml/jam dan 251,9 ml/jam. Kenampakan mesin biodiesel setelah menggunakan tiga jenis bahan bakar yang berbeda disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2 Pengaruh penggunaan beberapa campuran biodiesel bintangur terhadap piston dan kepala selinder (a: awal, b: solar, c: 10% biodiesel, d: 30% biodiesel dan e: 50% biodiesel).

Deposit karbon pada kepala selinder (*cylinder head)* dan piston pada penggunaan bahan bakar campuran biodiesel dari minyak biji bintangur sebesar 50% jauh lebih besar dibandingkan dengan penggunaan campuran biodiesel 0%, 10% dan 30% sedangkan antara 0%, 10% tidak ada perbedaan dan deposit keduanya lebih tipis dibandingkan dengan campuran 30%. Pencampuran biodiesel minyak biji bintangur sebesar 50% terlalu pekat sehingga terjadi proses pembakaran tidak sempurna dibuktikan adanya residu biodiesel bintangur pada knalpot.

Deposit pada permukaan piston akan berpengaruh pada dinding selinder (tabung selinder) dan ring karena dapat membentuk kerak sehingga menyebabkan keausan ring dan piston tersebut. Hal ini sesuai penelitian Legowo *et al.* (2006) yang menyatakan bahwa setelah uji jalan 250 jam penggunaan biodiesel 30% menyebabkan deposit nosel injektor lebih tinggi 3,2%, deposit piston lebih tinggi 4,20%, deposit klep lebih tinggi 0,85%, deposit kepala silender lebih tinggi 30,84% dan deposit pada saringan bahan bakar lebih tinggi 57,6%. Deposit pada mesin diesel berkaitan dengan komponen kimia dari biodiesel itu sendiri diantaranya adalah residu gliserol dan gliserida, asam lemak bebas, sabun, residu katalis, abu sulfat yang tinggi, metil ester dari asam lemak dengan banyak ikatan rangkap dan adanya polimer (Mittelbach dan Remschmidt 2004).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Sifat-sifat biodiesel dari minyak biji nyamplunghasil penelitian sebagian besar telah memenuhi persyaratan SNI 04-7182-2006 meliputi massa jenis, angka setana, titik nyala mangkok tertutup, korosi kepingan tembaga, air dan sedimen, suhu distilasi, kandungan belerang, kandungan fosfor, kadar gliserol total, kadar gliserol bebas, kadar alkil ester, dan angka iodium sedangakan viskositas kinematik 40°C, residu karbon, titik kabut, abu tersulfatkan dan bilangan asam belum memenuhi standar.
2. Konsumsi bahan bakar campuran biodiesel dari minyak nyamplung sampai dengan 30% tidak berbeda dengan bahan bakar 100% solar akan tetapi untuk campuran ≥ 40% konsumsi bahan bakar lebih boros. Deposit pada piston dan kepala selinder tidak ada perbedaan nyata antara penggunaan biodiesel 0% (B0), biodiesel 10% (B10) dan biodiesel 30% (B 30) akan tetapi untuk biodiesel 50% (B50) jauh lebih tebal.
3. Penggunaan campuran biodiesel sampai dengan 30% (B 30) dapat dilakukan karena tidak menunjukkan perubahan kinerja mesin.

Saran

Uji performance pada generator dinamis misalnya road test pada traktor atau kendaraan dengan mesin diesel perlu dilakukan untuk memperkuat hasil penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Canakci, M., J. Van Gerpen, 1999. Biodiesel Production Via Acid Catalysis. *Trans. ASAE.* 42(5):1203-1210.

Debaut, V.J., JeanY.B., Greentech S.A., 2005. Tamanol.-a stimulan for collagen synthesis for use in anti-wrinkle and anti-stretch mark products. Cosmetics and Toiletries manufacture Worldwide. Greentech SA. France.

Francis, G., K. Becker, 2001. Development, Mobility and Enviroment. A case for production and use of biodiesel from Jatropha Plantations in India. University of Hohenheim, Stugart. http//:www.upi-hohenheim [27 Januari 2005].

Legowo, E., A.Gafar, O. Sijabat, P. La Pupung, Z. Arfan, 2001. Experience in Palm Biodiesel Application for Transportation. Di dalam: Proceedings of the International Biodiesel Workshop, Enchancing Biodiesel Development and Use. Medan Oktober 2-4, 2001. Jakarta: Ministry of Agriculture RI.

Kinast, J.A., K.S. Tyson, 2003. Production of Biodiesel from Multiple Feedstocks and Properties of Biodiesel and Biodiesel/Diesel Blends. NREL US Departement of Energy Laborattory.

Legowo Evita, Gafar A, Sijabat O, La Pupung P, dan Z Arfan, 2001. *Experience in Palm Biodiesel Application for Ttransportation.* Proceedings of the International Biodiesel Workshop, Enchancing Biodiesel Development and Use. Medan Oktober 2-4, 2001. Jakarta: Ministry of Agriculture RI

Legowo, E., L. Aziz., P.L Puppung, C. Anwar, 2006. Pengalaman Lemigas dalam Proses Pembuatan Biodiesel. *M & E.* 4:21-31.

Mittelbach, M., C.Remschmidt, 2004. Biodiesel. Viena Austria: Boersedruck Ges.m.b.H.

Sahirman, 2006. Perbaikan Kualitas Minyak Nabati sebagai Bahan Baku Biodiesel (Studi Kasus Minyak Nyamplung *Calophyllum inophyllum*) Journal Universitas Djuanda 1:11-18. Bogor.

Sudradjat, R., I. Jaya, D. Setiawan, 2005. *Optimalisasi Proses Estrans pada Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar (Jatropha curcas L.). J. Penelit. Has. Hut.* 23:239-337.

Sudradjat, R., Sahirman, D. Setiawan 2007. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Biji Nyamplung Journal Penelitian Hasil hutan 25: 41-56 Bogor.

Peterson, C. L., J. C. Thomson, J. S. Taberski, D.L. Reece, G. Fleischman, 1999. Long-Range On-Road Test With Twenty-Percent Rapeseed Biodiesel. *Applied Eng. In Agric.* 15 (2):91-101.

Reksowardoyo, I.K., Kusuma R.P.B., Mahendra I.M., Brojonegoro T.P., Soerawidjaja T. H., Syaharuddin I., Arismunandar W., 2006. The effect biodiesel fuel from physis nut (*Jatropha Curcas*) on an direct injection (DI) diesel engine. Chemical Engineering Departement. IPB Indonesia.

Soerawidjaja, T.H., T. Adrisman, U.W. Siagian, T. Prakoso, I.K. Reksowardojo, K.S. Permana, 2005. Studi Kebijakan Penggunaan Biodiesel di Indonesia. Di dalam: P Hariyadi, N. Andarwulan, L. Nuraida, Y. Sukmawati. editor. Kajian Kebijakan dan Kumpulan Artikel Penelitian Biodiesel. Kementrian Ristek dan Teknologi RI – MAKSI IPB Bogor.

Schindlbauer, H., 1998. Standardization and Analysis of Biodiesel: What Spesifications are Important Di dalam: Proceeding of the 1998 PORIM International Biofuel and Lubricant Conference Kuala Lumpur, 4-5 Mei 1998.

Tyson K,S. 2004. Energy Efficiency and Rrenewable Energy. U.S. Departement of Energy. http://www.osti.gov/bridge [24 Mei 2006].