

KAJI EKSPERIMENTAL KEAUSAN KOMPONEN MESIN DIESEL BERBAHAN BAKAR BIODIESEL DAN SOLAR

Muhamad As'adi

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik UPN "Veteran" Jakarta
Jl. R.S. Fatmawati Pondok Labu Jakarta Selatan – 12450
Telp./HP. 021 7656971 Ext. 195

Abstract

Used cooking oils (palm oils) is a waste material produced after the frying process in restaurants, catering industry, and household waste that has low economic value. Now biodiesel from used cooking oil is already produced in Europe, America and Japan. Biodiesel from used cooking oils in Austria is known as the AME (Altfett Methyl Ester), while in Germany besides AME, it is also named Ecodiesel or Frittendiesel, while in Japan it is known as the e-oil. Biodiesel (methyl ester) is renewable fuel which has a boiling point and higher viscosity than diesel oil. It causes the biodiesel tends to stick to the cylinder walls, pistons and then be carried by the movement of the piston rings into the oil bath lubrication. One of the characteristics of biodiesel is having a good lubricity properties that will reduce the wearing out elements of the engine. This research analyzes the effect of the use of biodiesel from used cooking oil toward the wearing out elements occurs in a cylinder liner components of diesel engine by using the method of the used oil analysis. The results showed that the use of biodiesel from used cooking oil will reduce the wearing out that happens in cylinder liner components of diesel engine.

Keywords: *Used cooking oil (palm oil), biodiesel, weariness, used oil analysis*

PENDAHULUAN

Minyak goreng bekas (jelantah) adalah bahan limbah yang dihasilkan oleh sisa penggorengan restoran-restoran, industri catering, dan limbah rumah tangga yang cukup melimpah dan murah harganya. Perkembangan biodiesel dari minyak jelantah semakin pesat dengan dilarangnya pemakaian minyak jelantah untuk campuran pakan ternak, karena bersifat karsinogenik. Sampai saat ini biodiesel dari minyak jelantah sudah di produksi di mana-mana baik di Eropa, Amerika dan Jepang. Biodiesel dari minyak jelantah di Austria dikenal dengan nama AME (*Altfett Methyl Ester*), sedang di Jerman selain dikenal dengan AME juga mendapat nama *Frittendiesel* atau *Ecodiesel*, sedang di Jepang dikenal dengan *e-oil*. Sementara itu di Indonesia, pemanfaatan minyak jelantah masih sangat kontroversi. Sampai saat ini sebagian besar minyak jelantah dari perusahaan besar banyak yang dijual

ke pedagang untuk didaur ulang dan ada yang dipakai untuk menggoreng dagangan makanan. Bila ditinjau dari komposisi kimianya minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa karsinogenik, yang terjadi selama proses penggorengan. Jadi jelas bahwa pemakaian minyak jelantah untuk dikonsumsi secara berkelanjutan dapat merugikan kesehatan manusia dan sebagai akibatnya dapat mengurangi kecerdasan otak generasi berikutnya, serta dapat sebagai pemicu munculnya penyakit kanker kolon, pembesaran hati, ginjal, dan gangguan jantung. Untuk menghindari hal tersebut dan meningkatkan nilai tambahnya maka minyak jelantah dapat diolah menjadi Biodiesel melalui proses trans-esterifikasi. Kelebihan Biodiesel dibanding dengan solar selain ramah lingkungan adalah menghasilkan emisi gas buang yang lebih rendah (CO, hidrokarbon, partikel dan opasitas), pembakaran yang lebih efisien, sifat pelumasan lebih baik, dan meningkatkan ketidaktergantungan suplai bahan bakar karena dapat

diproduksi secara lokal.

Berdasarkan hasil uji sifat-sifat kunci biodiesel berbahan baku minyak jelantah mempunyai viskositas yang lebih tinggi dari minyak solar. Hal ini mengakibatkan biodiesel cenderung menempel pada dinding silinder dan piston. Salah satu karakteristik biodiesel adalah mempunyai sifat lubrinitas yang baik sehingga akan mengurangi keausan yang terjadi pada bagian-bagian mesin. Penelitian ini akan mengkaji seberapa besar pengaruh penggunaan biodiesel dari minyak jelantah terhadap keausan yang terjadi pada komponen dinding silinder mesin diesel dengan menggunakan metode analisa minyak pelumas habis pakai (*used oil analysis*)

Tri Tjahyono, dalam artikelnya berjudul Analisis Keausan pada Dinding Mesin Diesel menyatakan bahwa keausan pada dinding silinder mesin diesel dipengaruhi oleh gerakan bolak-balik piston pada ruang bakar, akibat gerakan tersebut maka terjadi gesekan antara cincin piston dengan silinder yang menyebabkan terjadinya keausan.

M As'adi, Rizqon F, Prawoto (2006) dalam penelitian Efek Penggunaan Biodiesel 100 % Terhadap Pengenceran Minyak Pelumas dan Deposit pada Sistem Saluran Bahan Bakar, mengemukakan bahwa biodiesel dari minyak jelantah B-100% dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti solar tanpa menimbulkan pengaruh yang signifikan. Secara umum kandungan soot, fuel dilution, dan opasitasnya lebih baik dibanding dengan solar, tetapi konsumsi bahan bakarnya lebih besar 7 % dibanding solar.

Ananta Andy A.S, dalam artikelnya Biodiesel dari Minyak Jelantah mengemukakan bahwa dalam rangka mencari energi alternatif yang ekologis, ternyata minyak jelantah dapat diandalkan. Pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan bakar motor diesel merupakan suatu cara penanganan minyak jelantah yang menghasilkan nilai ekonomis serta menciptakan bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar solar yang bersifat etis, ekonomis, dan sekaligus ekologis.

Supranto dkk, dalam penelitian Minyak Jelantah untuk Energi Biodiesel mengemukakan bahwa kelebihan biodiesel adalah reaksi pembentukan energi yang dihasilkan akan lebih sempurna dibanding solar, sehingga tidak mengeluarkan asap hitam yang berupa karbon atau CO₂. Kelemahannya adalah dapat menyebabkan motor diesel mengalami lengketan pada komponen yang terbuat dari karet.

Teori Keausan

Keausan dapat didefinisikan sebagai rusaknya permukaan padatan, umumnya melibatkan

kehilangan material yang progresif akibat adanya gesekan (friksi) antar permukaan padatan. Keausan bukan merupakan sifat dasar material melainkan merupakan respon material terhadap sistem luar (kontak permukaan). Keausan merupakan hal yang lazim terjadi dalam setiap material yang mengalami gesekan dengan material lain. Keausan dapat dikelompokkan menjadi (1) Keausan Adhesive (*adhesive wear*). Terjadi apabila kontak permukaan dari dua material atau lebih mengakibatkan perlekatan satu sama lainnya (adhesive) serta deformasi plastis dan pada akhirnya terjadi pelepasan/pengoyakan salah satu material. (2) Keausan Abrasive (*abrasive wear*). Terjadi apabila suatu partikel keras (*asperity*) dari material tertentu meluncur pada permukaan lain yang lebih lunak, sehingga terjadi penetrasi atau pemotongan material yang lebih lunak. (3) Keausan Lelah (*fatig wear*). Keausan ini terjadi akibat adanya interaksi permukaan yang mengalami pembebanan berulang, sehingga mengalami retak mikro, yang pada akhirnya akan terjadi pengelupasan material. (4) Keausan Korosi (*corosive wear*). Proses kerusakan dimulai karena adanya perubahan kimiawi material dipermukaan karena adanya faktor lingkungan. Akibat kontak dg lingkungan ini mengakibatkan pembentukan lapisan pada permukaan dengan sifat yang berbeda dengan material induk, sehingga material akan mengarah terjadinya perpatahan interface antara lapisan permukaan dengan material induk dan pada akhirnya seluruh lapisan permukaan akan tercabut. (5) Keausan Erosi (*erosion wear*). Proses erosi disebabkan oleh gas dan cairan yg membawa partikel padatan yang membentur permukaan material.

Pelumasan

Kemajuan teknologi industri *automotive* saat ini sangat pesat hal ini ditandai dengan berbagai macam munculnya mesin-mesin kendaraan bermotor dengan konstruksi yang canggih, bobot lebih ringan, lebih irit bahan bakarnya serta mempunyai daya yang besar. Mengingat cara kerjanya dan konstruksinya, tidak mungkin bisa dihindari adanya bagian-bagian yang saling bergesekan, seperti di kepala silinder terdapat unit katup, *rocker arm* dan *push rod*, di tengah silinder blok terdapat piston, poros nok dan dudukan *push rod* serta di bagian bawah silinder blok terdapat poros engkol, semuanya komponen mesin tersebut memerlukan pelumasan sebagai media perantara agar bagian-bagian tersebut tidak bergesekan secara langsung dengan cara membentuk lapisan oil film.

Pelumasan mesin pada prinsipnya bertujuan untuk menghindarkan terjadinya keausan. Oleh

karena itu, minyak pelumas yang digunakan harus sesuai dengan jumlah atau kebutuhan, jenis mesin, dan beban yang harus didukung oleh minyak pelumas itu sendiri. Agar mesin tetap mempunyai kemampuan yang tinggi dan awet, maka diperlukan pelumasan yang mampu mendistribusikan minyak pelumas ke bagian-bagian mesin yang cukup jauh secara baik dan terus menerus selama mesin dihidupkan.

Secara umum fungsi dari minyak pelumas pada mesin adalah sebagai berikut: (1) Mengurangi terjadinya gesekan. Sengaja digunakan istilah mengurangi gesekan karena tidaklah mungkin menghindari sama sekali terjadinya gesekan antara permukaan bagian-bagian yang saling bergerak dan dengan kemajuan teknologi telah banyak upaya yang dilakukan untuk mengusahakan agar gesekan yang terjadi seminimal mungkin. Upaya tersebut antara lain dilakukan dengan pemilihan bahan dasar yang bermutu, metode pengolahan logam yang baik maupun dengan penambahan bahan kimia pada minyak pelumas untuk meningkatkan sifat-sifat tertentu yang diperlukan untuk pelumasan, dan penggunaan bahan bakar yang baik. Secara teknik apabila dua buah logam yang diantaranya diberikan minyak pelumas maka kedua permukaan logam tersebut akan membentuk lapisan film. Lapisan ini akan mencegah kontak langsung kedua logam tersebut baik pada kondisi mesin diam maupun pada putaran mesin tinggi. (2) Mengurangi terjadinya keausan yang berlebihan. Terjadinya gesekan yang terus menerus dengan frekuensi tinggi dan putaran tinggi jelas kiranya keausan akan terjadi pada bagian permukaan bagian yang saling bergesekan. Untuk itu harus diupayakan minyak pelumas dengan kualitas tertentu untuk mengatasinya salah satu syaratnya bahwa bahan minyak pelumas tersebut dapat membentuk lapisan film yang selalu menempel kuat pada kedua permukaan logam sehingga akan mengurangi gesekan langsung dan keausan. (3) Sebagai pendingin, membawa dan membuang panas. Bagian yang selalu bergesekan akan menimbulkan panas, karena frekuensi yang tinggi maka jika tanpa pendinginan tentu akan terjadi panas yang berlebihan pada bagian-bagian tersebut yang dapat menimbulkan kerusakan. Di sini minyak pelumas harus dapat melaksanakan fungsi sebagai pendinginan dengan jalan menyerap panas yang terjadi, membawa dan memindahkannya ke sistem pendinginan yang tersedia. (4) Untuk menjaga agar permukaan tersebut bersih dari kotoran-kotoran. Adanya kerak karbon sebagai hasil dari pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna atau hasil dari sebagian

terbakarnya minyak pelumas maka akan membentuk kotoran yang menempel pada permukaan bagian mesin dan hal ini tentu akan mempengaruhi laju bagian-bagian mesin yang bergerak. Debu-debu atau partikel pasir yang kecil dari luar mesin dapat saja masuk dan bercampur dengan minyak pelumas. Kotoran dari debu ini akan merugikan terhadap logam sehingga mudah terjadi keausan atau korosi logam oleh karena itu, kotoran-kotoran yang bercampur minyak pelumas harus dibersihkan dengan minyak pelumas yang mengandung deterjen dan dispersan dan juga kotoran-kotoran logam tersebut dalam sirkulasinya akan dibersihkan dengan menggunakan saringan minyak pelumas (5) Mencegah terjadinya korosi. Adanya proses oksidasi minyak pelumas dan masuknya sebagai hasil pembakaran bahan bakar ke dalam karter menyebabkan timbulnya asam-asam organik dan asan kuat serta sejumlah air. Asam-asam ini dan air sangat merugikan yaitu dapat menyebabkan adanya korosi dari logam-logam yang dilaluinya oleh karena itu, pada minyak pelumas diberikan bahan tambah anti karat dengan demikian korosi logam akan dapat dihindarkan. Selain fungsi utama diatas masih terdapat fungsi lainnya yang tergantung dari sistem pelumasan yang bekerja misalnya pada sistem hidrominyak pelumask diperlukan minyak pelumas yang tahan terhadap tekanan yang tinggi dan mampu menahan pembentukan deposit.

Proses terjadinya keausan

Proses pembakaran pada motor diesel terjadi akibat pemampatan udara di dalam silinder sehingga menaikkan suhu udara tekan dalam ruang bakar, kemudian disemprotkan bahan bakar solar ke dalam silinder yang telah berisi udara-panas. Setelah bahan bakar bersentuhan dengan udara-panas maka terjadilah proses pembakaran. Proses pembakaran bahan bakar ini menimbulkan temperatur dan tekanan di dalam silinder menjadi sangat tinggi dan gas pembakaran mampu mendorong piston dengan tenaga yang besar sehingga terjadi gesekan pada dinding silinder oleh cincin pada piston. Pemasangan cincin piston pada silinder harus selalu menekan dinding silinder dengan gaya pegasnya. Hal ini menambah besarnya gaya gesek cincin terhadap dinding silinder. Peningkatan temperatur yang terjadi pada ruang bakar menyebabkan terjadinya pemuaian material cincin-piston dan lebih lanjut mengadakan tekanan ke dinding silinder. Hal ini juga menyumbang besarnya gaya gesek terhadap dinding silinder. Kekasaran permukaan bidang kontak antara dinding piston dengan silinder dan dengan adanya gaya gesek yang besar, menyebabkan keausan pada

dinding silinder semakin mudah. Material silinder memiliki sifat getas, lunak dan tidak tahan panas akan mudah keausan dinding silinder. Pemilihan bahan silinder sangat diawasi karena silinder memegang peranan penting lancarnya gerakan piston. Secara umum material silinder terbuat dari bahan besi cor kelabu yang mengandung unsur besi (Fe = 92,95%), silikon (Si = 2,339%), karbon (C=3,108%) dan mangan (Mn = 0,938%) yang merupakan unsur utama pada besi tuang kelabu. Keausan pada blok silinder bukan terjadi setiap saat maksudnya hanya pada posisi-posisi tertentu piston dan blok silinder bergesekan, dan menimbulkan keausan yang signifikan. Keausan yang paling banyak pada dinding silinder oleh cincin torak terjadi di antaranya langkah torak atau ½ langkah torak. Karena besar sudut antara *connecting rod* dan sumbu silinder juga mempengaruhi. Apabila sudut yang dibentuk oleh *connecting rod* dengan sumbu silinder kecil maka keausan yang terjadi pada dinding silinder akan kecil, apabila sudut yang dibentuk besar maka keausan pada dinding silinder besar pula.

Prinsip Dasar Analisa Pelumas

Analisa pelumas dimulai dengan pengambilan sampel. Validitas dari sebuah analisa pelumas sangat tergantung pada prosedur pengambilan sampel, yaitu sebagai berikut: (1) Pemilihan titik sampling sebaiknya dilakukan di sekitar permukaan logam/komponen dimana terjadi pelumasan dan sebelum filtrasi. Misalnya di saluran drain dari setiap bearing. Titik sampling yang diinginkan adalah daerah dimana banyak terjadi aliran turbulensi sehingga diharapkan akan memberikan konsentrasi partikel, air atau kontaminasi lain yang mewakili, (2) Penentuan kondisi sampel dilakukan sebaiknya ketika mesin sedang berjalan pada beban, kecepatan dan siklus yang normal. Sebelum pengambilan sampel hendaknya di *flushing* dulu untuk menghilangkan endapan, agar sampel yang diperoleh dapat mewakili kondisi sesungguhnya, (3) Meminimalisasi kontaminasi, dalam analisa oli yang perlu diperhatikan adalah kontaminasi dari sekitarnya (atmosfir, tangan dan alat sampling). Kontaminasi diusahakan seminimal mungkin. Botol sampel yang akan digunakan sebaiknya mempunyai klasifikasi *cleanliness* yang tinggi, (4) Penjadwalan pengambilan sampel, perawatan prediktif terhadap suatu peralatan dilakukan secara rutin untuk setiap interval waktu tertentu. Periode yang ditentukan tergantung jenis peralatan dan kondisi operasi. Laporan dari perawatan rutin alat dapat digunakan untuk menentukan frekuensi sampling pelumas, dan (5) Pengelolaan pengambilan sampling harus dilakukan koordinasi

yang baik antara *engineer (oil analyst)*, teknisi sampling, dan operator mesin.

Monitoring pelumas secara berkala adalah serangkaian test di laboratorium yang meliputi analisa sifat fisika kimia, analisa keausan logam dan analisa kondisi pelumas sebagai berikut: (1) Analisa sifat fisika kimia, yang dimaksud sifat fisika kimia adalah sifat yang menunjukkan ukuran kualitas dasar pelumas seperti viskositas, TAN, TBN, kandungan air, kandungan bahan bakar, titik nyala dan seterusnya. Untuk menunjukkan performa dari pelumas, maka harus dilakukan pengukuran terhadap sifat-sifat tersebut terhadap pelumas bekas dan pelumas baru. Penyimpangan nilai dari pelumas bekas tidak boleh melebihi nilai ambang batasnya, (2) Analisa keausan logam digunakan untuk mengetahui kondisi "kesehatan" dari mesin. Metode yang digunakan adalah AAS (*Atomic Absorbtion Spectrofotometer*), ICP (*Inductive Couple Plasma*) dan analisa feografi, dan (3) Analisa kondisi oli dilakukan dengan menggunakan infra merah. Test ini digunakan untuk mendeteksi perubahan kimia yang terjadi pada *base oil* dan aditif. Selain itu juga dapat menentukan dan mengukur produk-produk oksidasi, nitrasi, dan sulfatasi.

Tabel 1. dibawah ini menunjukkan parameter-parameter analisa sifat fisika kimia yang digunakan untuk mengevaluasi kerusakan dan unjuk kerja pelumas. Untuk mengevaluasinya, setiap hasil dibandingkan dengan hasil analisa pelumas baru. Perubahan dari pelumas diperbolehkan jika tidak melampaui *warning level* (ambang batas).

Tabel 1. Metode analisa sifat fisika kimia

Parameter Analisa	Metode Analisa	Nilai Batas
Viskositas, cSt	ASTM D-445	Perubahan 20 %
TBN, mg KOH/gr sampel	ASTM D-2986	Perubahan 20 %
Kandungan air, % volume	ASTM D-95	0,05
Kelarutan bahan bakar, %	FTIR	6
Kelarutan Glikol, %	FTIR	0,3

Pada Tabel 2. dibawah ini menunjukkan metode analisa keausan logam. Analisa ini diperlukan untuk mengevaluasi kondisi komponen mesin (piston, liner, ring, bearing). Jika keausan beberapa logam melebihi batas maka diperlukan tindak lanjut berupa pengecekan dan penggantian komponen yang aus.

Tabel 2. Metode analisa keausan logam

Jenis logam	Metode Analisa	Nilai batas, ppm
Aluminium	ICP	20
Chromium	ICP	20
Cooper	ICP	50

Iron	ICP	100
Lead	ICP	50
Silikon	ICP	20

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen pada 2 (dua) mesin uji yang identik, yang dibebani generator 6 kW. Mesin uji tersebut menggunakan bahan bakar yang berbeda yaitu solar dan biodiesel berbasis dasar minyak jelantah, serta menggunakan minyak pelumas mesin yang sama yaitu Mesran SAE 40. Kedua mesin uji tersebut diuji selama 100 jam, dan tiap-tiap 10 jam diambil sampel minyak pelumasnya untuk kemudian dianalisis dengan menggunakan *used oil analysis* di laboratorium (khususnya yang berhubungan dengan keausan logam)

Deskripsi mesin uji

Mesin yang diuji adalah 2 (dua) buah Genset identik, Merk Dong Feng dengan spesifikasi sebagai berikut:

Type	: Single cylinder, horizontal, water-cooled
Seri	: R175AN
Diameter (Bore)	: 75 mm
Langkah (Stroke)	: 80 mm
Keluaran (Output)	: 4.4 kW/2600 rpm (6 PS/2600 rpm)
Perbandingan kompresi	: 1 : 21 - 23
Tekanan ef. rata-rata	: 576 kPa (5.88 kgf/cm ²)
Kecep.piston rata-rata	: 6.93 m/s
Konsumsi b.b. spesifik	: 282.9 g/kW.h
Konsumsi oli spesifik	: 3.67 g/kW.h
Konsumsi air pendingin	: 13.6 g/kW.h
Tekanan injeksi	: 14.2 ± 0.5 MPa
Kapasitas tangki b.b	: 4 L
Kapasitas air pendingin	: 6 L
Kapasitas minyak pelumas	: 1.4 L

Generator Merk Dong Dong dengan spesifikasi:

Type	: ST-3
Daya (P)	: 3 kW
Arus (I)	: 13.6/27.1 A
Putaran (n)	: 1500 rpm
cos φ	: 1.0

Bahan bakar dan minyak pelumas yang digunakan Biodiesel 100 % (B-100) berbasis dasar minyak goreng bekas, solar yang dijual dipasaran, dan minyak pelumas Mesran B SAE-40.

Prosedur pengujian

Tahapan pengujian merupakan tahapan pengambilan data untuk dianalisis. Sedangkan prosedurnya sesuai dengan disain penelitian yang telah disepakati pada tahap awal sebelum penelitian dimulai, yang terdiri atas (1) penyetelan mesin uji, (2) kalibrasi, dan pemasangan alat ukur, yang meliputi alat ukur suhu minyak pelumas, suhu pendingin, dan suhu gas buang. Alat ukur suhu ini menggunakan termocouple yang dihubungkan dengan pulse meter autonich yang dipasang pada panel kontrol. Di dalam panel kontrol juga dipasang tombol pembebanan 1 kW, 2 kW, dan 3 kW, serta tombol penghisap gas buang, (3) pengadaan bahan bakar biodiesel 100% yang berasal dari minyak jelantah. Perlu diinformasikan bahwa biodiesel tersebut dibuat di Reaktor Engineering Center BPPT, (4) pengadaan bahan bakar solar yang ada dipasaran, (5) pengadaan minyak pelumas, dalam hal ini digunakan minyak pelumas SAE B 40 produk Pertamina, (6) pengukuran kandungan logam minyak pelumas baru (*new oil*), dan (7) uji durability selama 100 jam, dan pengambilan sampel minyak pelumas dilakukan setiap 10 jam, kemudian dilakukan analisis keausan logam.

PEMBAHASAN

Kelarutan bahan bakar dapat mengakibatkan penurunan viskositas dari minyak pelumas sehingga lapisan film minyak pelumas menjadi tidak stabil dan akan pecah, hal ini akan mengakibatkan terjadinya gesekan langsung antar permukaan logam komponen mesin yang bekerja. Dengan demikian akan mengakibatkan peningkatan kandungan keausan logam dalam minyak pelumas. Sebaliknya jika terjadi peningkatan viskositas karena adanya oksidasi dan polimerisasi maka kerja mesin menjadi semakin berat dan minyak pelumas tidak bisa masuk ke bagian komponen yang jarak permukaannya terlalu rapat sehingga lapisan film tidak terbentuk secara baik. Hal ini juga akan mengakibatkan peningkatan keausan. Kandungan logam pada minyak pelumas dapat dilihat pada tabel dibawah;

Tabel 3. Kandungan Logam Pada Minyak Pelumas (Solar)

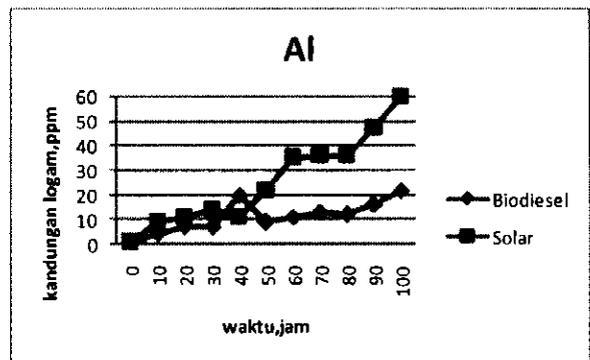
No.	Kandungan Logam	New Oil	Sampel Solar										Nilai Batas
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
1	Aluminium, ppm	<1	9	11	14	20	22	35	36	36	47	60	Max.20
2	Chromium, ppm	<1	4	6	8	9	13	17	17	18	23	72	Max.20
3	Cooper, ppm	<1	9	6	7	8	9	10	10	11	12	13	Max.50
4	Iron, ppm	1	134	141	154	157	208	258	271	304	364	426	Max.100
5	Lead, ppm	0	4	5	5	4	3	4	7	4	4	5	Max.50
6	Silicon, ppm	10	23	26	13	29	36	37	38	37	48	54	Max.20
7	Sodium, ppm	<1	33	34	38	38	38	38	35	36	37	37	-

Tabel 4. Kandungan Logam Pada Minyak Pelumas (Biodiesel)

No.	Kandungan Logam	New Oil	Sampel Biodiesel										Nilai Batas
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
1	Aluminium, ppm	<1	4	7	7	11	9	11	13	12	16	22	Max.20
2	Chromium, ppm	<1	3	4	5	7	12	16	19	22	26	32	Max.20
3	Cooper, ppm	<1	5	5	5	6	6	8	7	8	8	8	Max.50
4	Iron, ppm	1	82	91	97	112	151	173	193	220	249	283	Max.100
5	Lead, ppm	0	3	3	5	4	3	6	5	4	3	2	Max.50
6	Silicon, ppm	10	8	11	10	12	14	24	23	28	28	31	Max.20
7	Sodium, ppm	<1	19	21	24	22	31	40	45	43	48	46	-

Kandungan Aluminium

Tabel 3 dan tabel 4. menunjukkan kandungan aluminium pada minyak pelumas berbahan bakar biodiesel dan solar, secara umum komponen mesin yang materialnya dari aluminium adalah *piston* dan *bearing*. Pada pengoperasian mesin selama 40 jam kandungan aluminium dalam minyak pelumas untuk kedua jenis bahan bakar masih dalam batas yang diijinkan yaitu 20 ppm, pada pengoperasian 50 sampai 100 jam kandungan aluminium pada minyak pelumas mesin berbahan bakar solar mencapai 60 ppm, apabila dibandingkan dengan batas maksimumnya peningkatan kandungan aluminium mencapai 200 %. Sedangkan kandungan aluminium pada minyak pelumas mesin berbahan bakar biodiesel tertinggi dicapai pada pengoperasian selama 100 jam yaitu 22 ppm, apabila dibandingkan dengan batas maksimumnya peningkatannya mencapai hanya 10 %. Perbedaan ini sangat dimungkinkan karena pada minyak pelumas mesin berbahan bakar solar nilai viskositasnya bertambah dan disamping itu bilangan *soot* nya juga bertambah. Bilangan *soot* ini mempunyai sifat *abrasive* sehingga dapat menimbulkan keausan yang lebih tinggi dibandingkan dengan minyak pelumas mesin berbahan bakar biodiesel. Gambar 1. menunjukkan kecenderungan kenaikan kandungan aluminium pada minyak pelumas mesin berbahan bakar biodiesel dan solar.

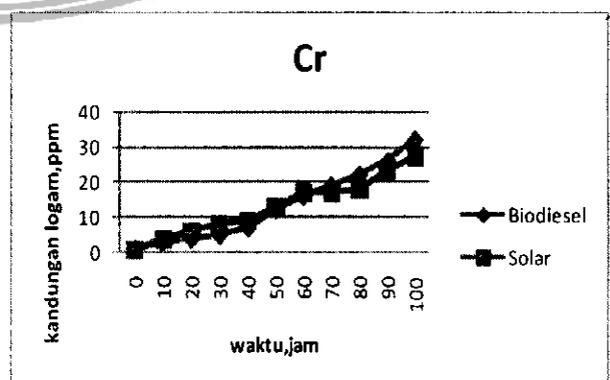


Gambar 1.

Grafik kandungan aluminium pada minyak pelumas mesin diesel Berbahan bakar biodiesel dan solar.

Kandungan Chromium

Pada pengoperasian mesin sampai 70 jam, kandungan chromium pada kedua mesin baik yang berbahan bakar biodiesel maupun solar masih dalam batas yang diijinkan yaitu 20 ppm, tetapi pada pengoperasian sampai 80 sampai 100 jam kandungan chromium pada mesin berbahan bakar biodiesel sudah melebihi batas maksimumnya yaitu (22–32) ppm. Pada pengoperasian 70 jam mesin berbahan bakar solar kandungan chromiumnya masih dalam batas yang diijinkan, baru pada pengoperasian 90 sampai 100 jam kandungan chromiumnya melebihi batas maksimumnya yaitu (23–27) ppm. Apabila dibandingkan kandungan chromium dan batas maksimum pada mesin berbahan bakar biodiesel dan solar pada pengoperasian 100 jam adalah 60 % dan 35 %. Kandungan chromium pada minyak pelumas berasal dari adanya keausan silinder liner dan ring piston.



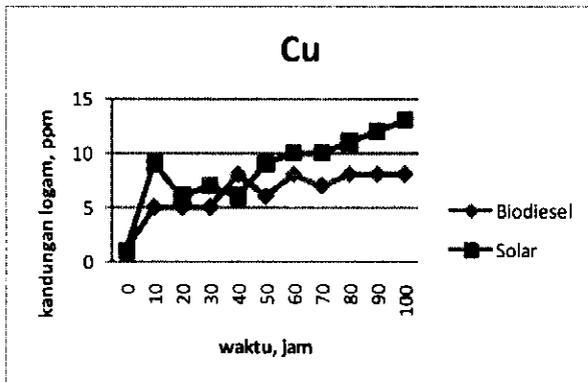
Gambar 2.

Grafik kandungan chromium pada minyak pelumas mesin diesel Berbahan bakar biodiesel dan solar.

Kandungan Copper (tembaga)

Dari Tabel 3 dan tabel 4. dapat dilihat bahwa pada pengoperasian mesin 100 jam kandungan cooper (tembaga) pada minyak pelumas berbahan bakar biodiesel 8 ppm dan solar 13 ppm dan nilai

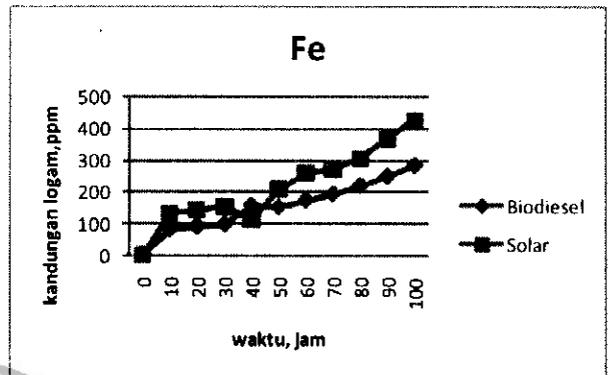
ini masih dalam batas yang diijinkan atau dibawah batas maksimumnya yaitu 50 ppm. Gambar 3. menunjukkan perbandingan kandungan tembaga pada minyak pelumas mesin berbahan bakar biodiesel dan solar yang tidak signifikan.



Gambar 3.

Grafik kandungan cooper (tembaga) pada minyak pelumas mesin diesel berbahan bakar biodiesel dan solar.

baik dari pada solar, sehingga akan mengurangi keausan yang terjadi. Disamping itu pada minyak pelumas mesin berbahan bakar solar nilai viskositas meningkat seiring dengan waktu pengoperasian mesin dan juga adanya partikel soot yang sifatnya abrasif dapat menyebabkan keausan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pada mesin berbahan bakar biodiesel.



Gambar 4.

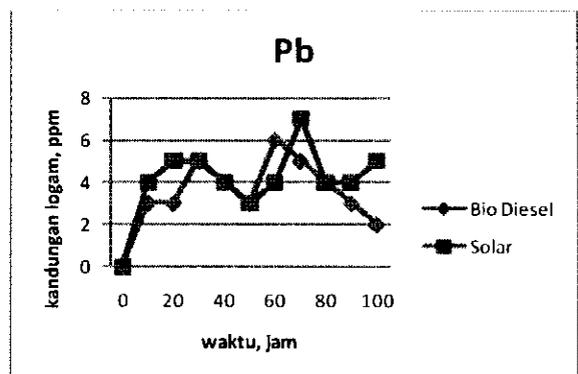
Grafik kandungan iron (besi) pada minyak pelumas mesin diesel berbahan bakar biodiesel dan solar.

Kandungan Iron (besi)

Iron atau besi adalah material utama dari komponen mesin yaitu *silinder liner*, *piston*, dan *crank shaft*. Kandungan besi yang terdapat pada minyak pelumas diakibatkan keausan pada komponen piston dan *crankshaft*. Dari tabel 3 dan tabel 4 dapat dilihat bahwa kandungan besi pada minyak pelumas mesin yang berbahan bakar biodiesel melewati batas maksimumnya pada pengoperasian 40 jam, yaitu 112 ppm dan terus meningkat sampai pada pengoperasian selama 100 jam kandungan besinya menjadi 283 ppm. Sementara pada minyak pelumas yang berbahan bakar solar kandungan besi melewati batas maksimumnya pada pengoperasian 10 jam yaitu 134 ppm, dan terus meningkat sampai pada pengoperasian 100 jam kandungan besinya mencapai 426 ppm. Apabila dibandingkan dengan batas maksimumnya kelebihan kandungan besi pada minyak pelumas mesin berbahan bakar biodiesel adalah mencapai 183%, sementara minyak pelumas yang berbahan bakar solar kelebihan kandungan besinya mencapai 326%. Besarnya kandungan besi pada minyak pelumas kedua mesin tersebut disebabkan tingkat kekasaran permukaan dari mesin yang digunakan cukup tinggi pada mesin yang baru dan besi merupakan komponen utamanya. Gambar 4. menunjukkan perbandingan kandungan besi pada minyak pelumas mesin berbahan bakar biodiesel dan solar. Dari grafik dapat dilihat bahwa kandungan besin pada minyak pelumas berbahan bakar biodiesel lebih rendah dari minyak pelumas berbahan bakar solar, hal ini disebabkan karena biodiesel mempunyai sifat pelumasan yang lebih

Kandungan Lead

Kandungan *lead* pada minyak pelumas disebabkan adanya keausan dari komponen yang materialnya lead yaitu piston dan bearing. Dari tabel 3 dan tabel 4 dapat dilihat bahwa kandungan *lead* untuk kedua mesin masih dalam batas yang diijinkan, untuk mesin berbahan bakar biodiesel kandungan *lead* tertinggi yaitu 6 ppm, sedangkan mesin berbahan bakar solar 7 ppm, sedangkan batas maksimumnya 50 ppm. Gambar 5. menunjukkan grafik perbandingan kandungan *lead* pada minyak pelumas dari mesin berbahan bakar biodiesel dan solar yang tidak signifikan, tetapi secara umum kandungan *lead* minyak pelumas berbahan bakar biodiesel tetap masih lebih kecil dibanding dengan mesin berbahan bakar solar.

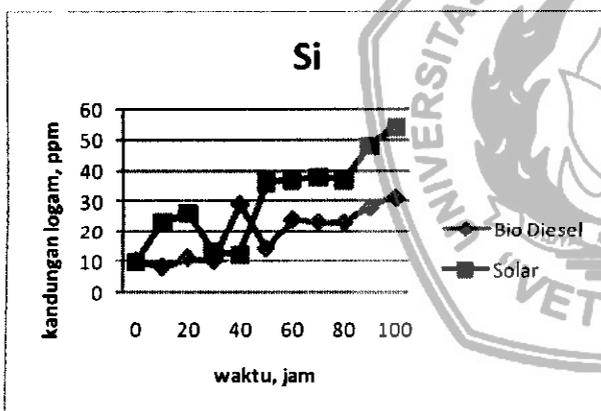


Gambar 5.

Grafik kandungan *lead* pada minyak pelumas mesin diesel berbahan bakar biodiesel dan solar.

Kandungan Silikon

Silikon merupakan bahan additif anti busa dan berasal dari debu udara luar, kontaminasi silikon pada minyak pelumas akan mengakibatkan keausan karena terjadi sliding contact antara permukaan. Dari tabel 3 dan tabel 4 dapat dilihat bahwa kandungan silikon pada minyak pelumas berbahan bakar biodiesel melewati batas maksimumnya pada pengoperasian 60 jam yaitu 24 ppm dan kandungan tertingginya pada pengoperasian 100 jam yaitu mencapai 31 ppm. Sementara pada minyak pelumas berbahan bakar solar kandungan silikon telah melewati batas maksimumnya pada pengoperasian selama 10 jam yaitu 23 ppm dan kandungan tertingginya pada pengoperasian 100 jam yaitu 54 ppm. Gambar 6. menunjukkan grafik perbandingan kandungan silikon pada mesin berbahan bakar biodiesel dan solar, dari grafik dapat dilihat bahwa secara keseluruhan kandungan silikon mesin berbahan bakar biodiesel lebih rendah dibanding dengan mesin berbahan bakar solar, hal ini menunjukkan bahwa biodiesel mempunyai sifat pelumasan yang baik dibanding dengan solar.



Gambar 6.

Grafik kandungan silikon pada minyak pelumas mesin diesel berbahan bakar biodiesel dan solar.

SIMPULAN

Kandungan keausan logam yang dominan adalah besi dan aluminium. Pada pengoperasian sampai 100 jam kelebihan kandungan aluminium mesin berbahan bakar solar bila dibandingkan dengan batas maksimumnya mencapai 200 %, sedangkan mesin berbahan bakar biodiesel hanya 10 %. Kelebihan kandungan besi mesin berbahan bakar solar bila dibandingkan dengan batas maksimumnya mencapai 326 %, sedangkan mesin berbahan bakar biodiesel hanya 183 % saja.

Biodiesel mempunyai sifat pelumasan yang lebih baik dari solar, hal ini dapat dilihat pada

kandungan logam yang terdapat di dalam minyak pelumas, secara keseluruhan kandungan logam di dalam minyak pelumas berbahan bakar biodiesel lebih kecil dibanding dengan minyak pelumas berbahan bakar solar.

Direkomendasikan untuk penggantian minyak pelumas dengan minyak pelumas baru (new oil), dan diadakan pengecekan tekanan kompresinya.

DAFTAR PUSTAKA

- As'adi M, Rizqon Fajar, Prawoto, 2006, *Efek Penggunaan Biodiesel 100% Terhadap Pengkeentalannya rendahan 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>.
- Agarwal A K, 2005, *Experimental Investigation of the effect of biodiesel utilization on lubricating oil tribology in diesel engines*, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers; Vol. 219, May 2005.
- Heywood John B, *Internal Combustion Engine Fundamentals*, McGraw-Hill Publishing Company.
- Prihandana Rama, Roy Hendroko, Makmuri Nuramin, 2006, *Menghasilkan Biodiesel Murah*, Agro Media Pustaka, 2006.
- Supranto dkk, 2006, *Minyak Jelantah Untuk Energi Biodiesel*, <http://www.republika.co.id>.
- Tjahjonko Tri, 2005, *Analisis Keausan Pada Dinding Silinder*, Media Mesin, Volume 6 No.2, edisi Juli 2005, hal. 78-83
- Wolszack J, et al, 2005, *The Impact of Bioesters on Lubricity of Diesel Fuels*, Journal of KONES Internal Combustion Engine, 12, 391398, 2005