

PREDIKSI PENGGANTIAN MINYAK PELUMAS MOTOR *DIESEL* GENERATOR SET BERDASARKAN LAJU PERUBAHAN VISKOSITAS DAN TOTAL BASE NUMBER DENGAN PENDEKATAN LINIERITAS

Mohammad Galbi¹⁾ dan Ishak A²⁾

Program Studi Teknik Mesin, UPN "Veteran" Jakarta

Email : galbi_m@yahoo.com¹⁾

Abstract

Diesel engine as the prime mover or as an auxiliary motor is still very dominant use on the ship. Diesel engines can operate with the same four-stroke cycle gasoline engine with: intake, compression, combustion and exhaust. One advantage of the diesel engine is the fuel consumption is better than gasoline engines due to lower pumping loss and high compression ratio. Conversely, there are drawbacks, such as vibration and noise during operation and large this state will increase along with the deterioration of the quality of lubricants. To detect the condition of lubricants can be done by measuring the viscosity and total base number (TBN) .. Nevertheless, every machine has different characteristics from each other, so as to know the condition of engine lubricant is casuistry anyway. In this case, replacement of engine lubricant boat with linearity approach is on a machine that has a high reliability aimed at determining the condition of engine lubricant according to the hours of operation.

Keywords : Diesel engines, lubricants, viscosity, TBN.

PENDAHULUAN

Mesin diesel merupakan mesin penggerak yang cukup banyak digunakan disamping mesin bensin walaupun getarannya lebih besar tetapi oleh karena rasio kompresi yang tinggi membuat mesin diesel lebih efisien dari mesin bensin. Dalam hal ini kondisi komponen-komponen yang ada di ruang bakar seperti piston dan cylinder liner harus terlumasi dengan baik.

Mesin diesel disebut juga sebagai mesin pemicu kompresi dimana, bahan bakar dinyalakan oleh suhu tinggi gas yang dikompresi maka keausan komponen-komponen di ruang bakar akan dapat menurunkan kinerjanya. Dalam hal ini peranan pelumas sangat menentukan. Faktor eksternal juga dapat mempengaruhi, seperti adanya partikel asing yang masuk ke dalam ruang bakar, seperti debu. Untuk itu kondisi komponen-komponen tersebut perlu dipelihara dengan metode perawatan yang tepat, sehingga kinerjanya tetap optimal. Salah satu konsep pemeliharaan pada mesin diesel yang cukup efektif adalah pemeliharaan prediktif (predictive maintenance) melalui pemantauan kondisi pelumasnya. Kondisi pelumas dapat menjadi indicator untuk menganalisis kondisi mesin saat itu, sehingga

dapat membantu mendapatkan akar permasalahan penyebab kerusakan.

Kondisi pelumas pada mesin penggerak utama kapal sangat berpengaruh terhadap unjuk kerjanya. Seiring dengan waktu pengoperasiannya lama kelamaan kondisi minyak pelumas semakin memburuk sementara penggantian minyak pelumas yang didasarkan pada acuan berkala akan menimbulkan persoalan tersendiri karena beban mesin sangatlah variatif, dimana untuk beban yang rata-rata rendah akan menyebabkan penggantian terlalu awal sedangkan bila beban mesin diatas rata-rata menyebabkan penggantian pelumas sudah terlambat yang akan berimplikasi pada system secara keseluruhan yang ditunjukkan oleh tingkat getaran juga akan semakin tinggi, hal ini disebabkan karena beberapa hal yang diantaranya yaitu kelelahan bahan, keausan, dan deformasi, sehingga kejadian-kejadian tersebut dapat menaikkan besar celah antara bagian-bagian yang rapat dan keretakan material.

Dua permukaan benda yang bergerak secara relatif berhubungan erat dengan friction, lubrication, dan wear. Dengan demikian perlu adanya metode perawatan yang benar dan pengaturan kerja suatu mesin atau sistem. Pada dasarnya ada tiga metode yang dilakukan untuk melakukan perawatan, yaitu predictive

maintenance, preventive maintenance, dan proactive maintenance. Apabila ketiga metode perawatan tersebut dilakukan secara benar maka kerusakan yang terjadi pada suatu system dapat diminimalisasi. Tetapi, hasil yang dicapai pada metode perawatan ini tidak dapat dirasakan dalam waktu singkat melainkan dapat dirasakan pada jangka waktu yang panjang, karena metode ini dilakukan secara berkala.

Ada dua hal yang menyebabkan suatu peralatan menjadi rusak. Kerusakan peralatan tersebut bisa disebabkan karena kesalahan perawatan dan karena adanya faktor Iuar. Kerusakan karena kesalahan perawatan dapat dibagi menjadi beberapa hal yaitu, karena buruknya pelumasan, kesalahan pada saat servis atau perbaikan, adanya waktu untuk merespon segala kerusakan yang lambat, tidak efektifnya perawatan preventif termasuk penggantian pelumas pada periode yang tidak tepat, dan karena tidak rutinnya perawatan yang dilakukan.

Sedangkan untuk kerusakan yang disebabkan karena faktor luar bisa terjadi akibat adanya kesalahan operator, tidak sempumanya *set-up* pada suatu mesin, adanya lingkungan yang buruk, pemilihan material yang tidak baik, . karena adanya sabotase, kesalahan pada desain mesin, lingkungan yang buruk, pelatihan yang kurang berhasil, dan buruknya pemeliharaan mesin.

Pada dasarnya pelaksanaan metode perawatan semuanya tergantung pada pertimbangan banyaknya biaya yang dikeluarkan. Oleh sebab itu untuk mencapai kesempumaan tidak akan sedikit biaya yang dikeluarkan.

Metode pengujian yang dilakukan adalah metode SOS (Scheduled Oil Sampling) dimana pengujian ini dilakukan dengan melalui beberapa tahap. Penggunaan metode S.O.S ini dimaksudkan untuk membantu sebagai manajemen perawatan alat untuk mesin generator set pada kapal dalam memprediksi penggantian oli sekaligus sebagai alat deteksi adanya kerusakan secara dini, menghindari perbaikan yang tidak periu, mencegah kerusakan kecil menjadi besar, dan bisa dilakukan untuk mengetahui kemampuan pelumas.

Untuk itu perlu menentukan kondisi minyak pelumas mesin hubungannya dengan peningkatan viskositas dan penurunan TBN,

yaitu menentukan menentukan korelasi antara jam operasi dengan kenaikan viskositas dan penurunan TBN pelumas sehingga pengantiannya benar-benar sesuai dengan kondisi yang sebenarnya agar kinerja motor bantu tetap terjaga dan sekaligus sebagai alat control terhadap kondisi mesin.

SISTEM PELUMASAN

Sistem pelumasan merupakan salah satu sistem utama pada mesin, yaitu suatu rangkaian alat-alat mulai dari tempat penyimpanan minyak pelumas, pompa oli (oil pump), pipa-pipa saluran minyak, dan pengaturan tekanan minyak pelumas agar sampai kepada bagian-bagian yang memerlukan pelumasan.

Sistem pelumasan ini memiliki beberapa fungsi dan tujuan, antara lain: Mengurangi gesekan serta mencegah keausan dan panas, dengan cara yaitu oli membentuk suatu lapisan tipis (oil film) untuk mencegah kontak langsung permukaan logam dengan logam, ebagai media pendingin, yaitu menyerap panas dari bagian-bagian yang mendapat pelumasan dan kemudian membawa serta memindahkannya pada sistem pendingin, ebagai bahan pembersih, yaitu mengeluarkan kotoran pada bagian-bagian mesin, Mencegah karat pada bagian-bagian mesin, Mencegah terjadinya kebocoran gas hasil pembakaran, Sebagai perantara oksidasi (Schulz, Erich, 2009)

KARAKTERISTIK MINYAK PELUMAS

Viscositas atau kekentalan suatu minyak pelumas adalah pengukuran dari mengalirnya bahan cair dari minyak pelumas, dihitung dalam ukuran standard. Makin besar perlawanannya untuk mengalir, berarti makin tinggi viscosity-nya, begitu juga sebaliknya.

Viscosity Index: Tinggi rendahnya indeks ini menunjukkan ketahanan kekentalan minyak pelumas terhadap perubahan suhu. Makin tinggi angka indeks minyak pelumas, makin kecil perubahan *viscosity*-nya pada penurunan atau kenaikan suhu. Nilai viscosity index ini dibagi dalam 3 golongan, yaitu:

HVI (*High Viscosity Index*) bernilai diatas 80, MVI (*Medium Viscosity Index*) berninali 40 sampai dengan 80 dan LVI (*Low Viscosity Index*) dibawah 40.

Total Base Number (TBN): Menunjukkan tinggi rendahnya ketahanan minyak pelumas terhadap pengaruh pengasaman, biasanya pada

minyak pelumas baru (*fresh oil*). Setelah minyak pelumas tersebut dipakai dalam jangka waktu tertentu, maka nilai TBN ini akan menurun. Untuk mesin bensin atau diesel, penurunan TBN ini tidak boleh sedemikian rupa hingga kurang dari 1, lebih baik diganti dengan minyak pelumas baru, karena ketahanan dari minyak pelumas tersebut sudah tidak ada.

Flash Point: Flash point (titik nyala) merupakan suhu terendah pada waktu minyak pelumas menyala seketika. Pengukuran titik nyala ini menggunakan alat-alat yang standard, tetapi metodenya berlainan tergantung dari produk yang diukur titik nyalanya.

Pour Point: Merupakan suhu terendah dimana suatu cairan mulai tidak bisa mengalir dan kemudian menjadi beku. Pour point perlu diketahui untuk minyak pelumas yang dalam pemakaiannya mencapai suhu yang dingin atau bekerja pada lingkungan udara yang dingin.

Carbon Residue: Merupakan jenis persentasi karbon yang mengendap apabila oli diuapkan pada suatu tes khusus.

Density: Menyatakan berat jenis oli pelumas pada kondisi dan temperatur tertentu.

Emulsification dan Demulsibility: Sifat pemisahan oli dengan air. Sifat ini perlu diperhatikan terhadap oli yang kemungkinan bersentuhan dengan air.

Selain ciri-ciri fisik yang penting seperti telah dijelaskan sebelumnya, minyak pelumas juga memiliki sifat-sifat penting, yaitu:

Sifat kebasaaan (*alkalinity*): Untuk menetralsir asam-asam yang terbentuk karena pengaruh dari luar (gas buang) dan asam-asam yang terbentuk karena terjadinya oksidasi.

Sifat *detergency* dan *dispersancy*: Sifat *detergency*, untuk membersihkan saluran-saluran maupun bagian-bagian dari mesin yang dilalui minyak pelumas, sehingga tidak terjadi penyumbatan.

Sifat *dispersancy*: untuk menjadikan kotoran-kotoran yang dibawa oleh minyak pelumas tidak menjadi mengendap, yang lama-kelamaan dapat menjadi semacam lumpur (*sludge*). Dengan sifat *dispersancy* ini, kotoran-kotoran tadi dipecah menjadi partikel-partikel yang cukup halus serta diikat sedemikian rupa sehingga partikel-partikel tadi tetap mengembang di dalam minyak pelumas dan dapat dibawa di dalam peredarannya melalui sistem penyaringan. Partikel yang bisa tersaring oleh filter, akan tertahan dan dapat dibuang

sewaktu diadakan pembersihan atau penggantian filter elemennya.

Sifat tahan terhadap oksidasi: Untuk mencegah minyak pelumas cepat beroksidasi dengan uap air yang pasti ada di dalam karter, yang pada waktu suhu mesin menjadi dingin akan berubah menjadi embun dan bercampur dengan minyak pelumas. Oksidasi ini akan mengakibatkan minyak pelumas menjadi lebih kental dari yang diharapkan, serta dengan adanya air dan belerang sisa pembakaran maka akan bereaksi menjadi H_2SO_4 yang sifatnya sangat korosif.

Additive: Kualitas pelumas yang baik tidak hanya didapatkan dengan cara proses pengolahan maupun pemurnian (purifikasi), tetapi perlu ditambahkan bahan-bahan kimia tertentu yang lebih dikenal dengan aditif. Aditif yang ditambahkan ke dalam minyak pelumas bertujuan untuk memperbaiki kualitas minyak pelumas. Penambahan aditif dalam minyak pelumas ini berbeda-beda, disesuaikan dengan kondisi, temperatur, dan kerja dari mesin itu sendiri. Oleh karena itu jenis-jenis minyak pelumas berbeda-beda dapat kita temukan di pasaran. Penambahan aditif ke dalam minyak pelumas bukan perkara mudah karena minyak pelumas akan bereaksi dengan aditif tersebut, dan juga aditif tersebut akan mempengaruhi aditif lainnya. Oleh karena itu, formulasi penambahan aditif terus dilakukan untuk mendapatkan minyak pelumas kualitas tinggi. Berikut ini adalah jenis-jenis aditif yang biasa digunakan:

Deterjen: Merupakan aditif dalam bentuk ikatan kimia yang memberikan kemampuan mengurangi timbulnya deposit dari ruang bakar maupun dari bagian mesin lainnya. Minyak pelumas yang diberi aditif ini bekerja untuk mesin yang beroperasi pada temperatur tinggi. Jenis deterjen yang digunakan adalah sulfonat, fosfonat, dan fenat.

Dispersan: Aditif yang bekerja pada temperatur rendah yang berfungsi untuk menghalangi terbentuknya lumpur atau deposit di dalam ruang mesin. Aditif ini cocok digunakan pada mesin-mesin mobil kendaraan pribadi yang sering berhenti dan berjalan.

Antioksidan: Karena lingkungan kerja, minyak pelumas sering berhubungan (kontak) dengan udara luar pada temperatur dan kondisi kerja tinggi. Minyak pelumas juga kontak dengan logam atau bahan kimia yang bersifat

sebagai katalisator oksidasi. Karena hal di atas, minyak pelumas akan mengalami sederetan reaksi oksidasi yang dapat menurunkan viskositas minyak pelumas.

Untuk itu, antioksidan diberikan untuk mengurangi peroksida. Bahan-bahan kimia yang digunakan adalah sulfida, fosfit, disulfida, selenida dan zink ditiofosfat.

Pelindung Korosi: Berfungsi untuk melindungi bahan-bahan non logam yang mudah terkena korosi dalam mesin, terutama bantalan yang perlu tahan terhadap kontaminasi asam dari minyak pelumas. Kontaminasi ini terjadi sebagai hasil oksidasi minyak pelumas dan hasil pembakaran bahan bakar yang merembes melalui cincin piston

Spesifikasi Oli: Semakin banyaknya pilihan oli saat ini, tidak semestinya membuat bingung. Ada beberapa hal yang mungkin bisa dijadikan Acuan; antara lain, kenali karakter kendaraan anda (spesifikasi mesin serta lingkungan dimana mayoritas anda berkendara (suhu, kelembaban udara, debu, dsbnya.).

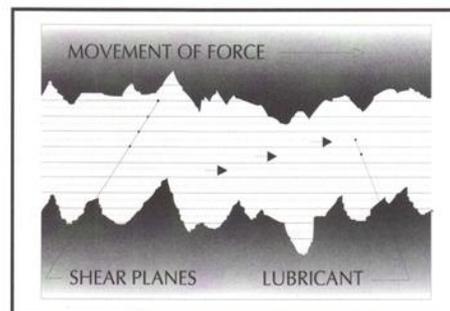
Tingkat kekentalan oli yang juga disebut “*VISKOSITY-GRADE*” adalah ukuran kekentalan dan kemampuan pelumas untuk mengalir pada temperatur tertentu menjadi prioritas terpenting dalam memilih Oli. Kode pengenal Oli adalah berupa huruf SAE yang merupakan singkatan dari Society of Automotive Engineers. Selanjutnya angka yang mengikuti dibelakangnya, menunjukkan tingkat kekentalan oli tersebut. SAE 40 atau SAE 15W-50, semakin besar angka yang mengikuti Kode oli menandakan semakin kentalnya oli tersebut. Sedangkan huruf W yang terdapat dibelakang angka awal, merupakan singkatan dari Winter. SAE 15W-50, berarti oli tersebut memiliki tingkat kekentalan SAE 10 untuk kondisi suhu dingin dan SAE 50 pada kondisi suhu panas. Dengan kondisi seperti ini, oli akan memberikan perlindungan optimal saat mesin start pada kondisi ekstrim sekalipun. Sementara itu dalam kondisi panas normal, idealnya oli akan bekerja pada kisaran angka kekentalan 40-50 menurut standar SAE.

Mutu dari oli sendiri ditunjukkan oleh kode API (*American Petroleum Institute*) dengan diikuti oleh tingkatan huruf dibelakangnya. API: SL, kode S (*Spark*) menandakan pelumas mesin untuk bensin. Kode huruf kedua menunjukkan nilai mutu oli, semakin mendekati huruf Z mutu oli semakin

baik dalam melapisi komponen dengan lapisan film dan semakin sesuai dengan kebutuhan mesin modern (*Booser, E. Richard, Ph.D, 2008*)

PERAN PELUMAS

Pergerakan antara dua permukaan lebih licin (*slippery*) karena kehadiran pelumas diantaranya. Intensitas gesekan antar dua permukaan sebagai fungsi dari koefisien gesek. Dimana koefisien gesek dapat dibuat seminimal mungkin. Kinerja dari pelumas ditentukan oleh kondisi lapisan pelumasan *Hydrodynamic & Hydrostatic*.



Gambar 1. Dua permukaan logam saling kontak dibatasi oleh pelumas

Pemisahan permukaan terjadi sepenuhnya *Elastohydrodynamic (EHD)* Film tipis terjadi karena beban yang tinggi *Boundary Layer* Film tipis kritis, mendekati batas kerusakan. Untuk itu, maka peran pelumas adalah: Mengurangi Gaya Gesek (*Friction*). Memisahkan dua permukaan yang saling kontak, membentuk viscous shear plane, Mengurangi Keausan (*Wear*), Mencegah puncak-puncak permukaan saling bergesekan. Akibatnya keausan material dapat dikurangi, dan umur komponen dapat lebih panjang. Sebagai *Shock Absorber*. Mengurangi bunyi dan getaran, selain gerakan lebih licin, Mengurangi dan Menyerap Panas (mengurangi suhu kerja mesin: Menyerap dan melepas efek panas ke reservoir/lingkungan, Mengurangi Korosi Lapisan pelumas dapat mencegah masuknya uap air, sehingga oksidasi permukaan material, dgn demikian korosi dapat dihindari, Mencegah Kontak Permukaan dari Kotoran, Additive terkandung dalam pelumas dapat mengikat kotoran (partikel logam dan silikon) untuk tetap dalam media pelumas, sehingga menghindari kontak dengan permukaan material, Mencegah masuknya partikel dari luar masuk/pasir dan menempel ke permukaan. (*Majumdar, S.R., 2001*)

Tabel 1. Perubahan sifat kimia/fisika pada pelumas.

SIFAT KIMIA/FISIKA	PERAN/KONDISI	PERUBAHAN (TIDAK DIINGINKAN)
VISKOSITAS	<i>Kekentalan, paling penting untuk menentukan unjuk kerja mesin</i>	MENINGKAT
VISKOSITAS INDEKS	<i>Mempertahankan perubahan viskositas terhadap temperature</i>	MENURUN
TBN/TAN	Kandungan basa/asam, kondisi additive	MENURUN
FTIR	Kondisi pelumas dasar & additive, kontaminasi	MENINGKAT
KANDUNGAN AIR	Pembakaran, kontaminasi	MENINGKAT
PARTIKEL	Pembakaran, pelumas & additive: oksidasi, kontaminasi dan wear	MENINGKAT
FLASHPOINT	Pembakaran, kontaminasi, degradasi	MENURUN
TITIK TUANG (POUR POINT)	Temperatur terendah dimana suatu fluida mulai mengalir, jika fluida tersebut didinginkan pada kondisi tertentu.	MENINGKAT/MENURUN
FTIR	oksidasi, degradasi aditif, kontaminasi, <i>nitration, sulphatation</i>	MENINGKAT
CONTAMINANT	Si, Sodium, B dan lain lain	MENINGKAT
ADDITIVE METAL	Ca, Ba, Zn, P	MENURUN
SPECIFIC GRAVITY	Perbandingan berat sebuah volume dari pelumas terhadap berat air dengan volume yang sama.	MENINGKAT

Tabel 2. Limits Untuk Diesel Engine Oil

PARAMETER	CRITICAL
VISCOSITY 100 °C	Perubahan 25%
TBN	50 % of original value
Fuel Dilution	3%
FTIR: Glycol Oxidation Soot	Positif +25% Abs/cm > 3,0%
Kandungan Air	>0,25%
Contaminant Levels: Silicon Sodium Boron	>20 ppm >30 ppm >20 ppm

(Mobley, R. Keith, 2011)

Tabel 3. Keausan Komponen

KEAUSAN	KOMPONEN MESIN
Besi (Iron, Fe)	Piston, silinder, crank, camshaft, valve, rocker, ring, bearing, gear, shaft dll
Krom (Chromium, Cr)	Dinding silinder, ring piston, <i>cooling system</i>
Tembaga (Copper, Cu)	Crankshaft, bearing, bushing, camshaft bearing, gear support, oil cooler
Timbal (Lead, Pb)	Bearing, <i>fuel additive</i>
Aluminium (Aluminium, Al)	Piston, bearing, crankcase & gear housing
Perak (Silver, Ag)	Bearing
Silikon (Silicon, Si)	Kotoran
Sodium (Na)	Kebocoran <i>coolant</i>

(Oil Analyzers Inc., Oil Analysis Services, Winter St., 2001)

KORELASI JAM OPERASI DENGAN KENAIKAN VISKOSITAS DAN PENURUNAN TBN

Korelasi antara dua variable diekspresikan oleh koefisien korelasi yang ditentukan berdasarkan pada deviasi koordinat dua variable dari nilai mean masing-masing variabelnya, yaitu:

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}} \dots\dots\dots (1)$$

Dan akar kuadratnya adalah

$$R^2 = \left(\frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}} \right)^2 \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

x = Deviasi koordinat X dari nilai meannya (\bar{X}), $x = (X - \bar{X})$

y = Deviasi koordinat Y dari nilai meannya (\bar{Y}), $y = (Y - \bar{Y})$

Nilai korelasi r adalah berada diantara $+1$ dan -1 , dimana $+1$ menunjukkan korelasi berbanding lurus sempurna dan -1 berbanding terbalik sempurna sementara 0 menunjukkan tidak ada hubungan korelasi. Harga r yang mendekati harga 0 menunjukkan lemahnya korelasi antar dua variable dan secara umum harga yang dapat diterima adalah antara 0.7 sampai dengan $+1$ atau -0.7 sampai dengan -1 . Atau harga $R^2 \geq 0.5$

Regresi linier.

Terdapat dua cara perolehan nilai percobaan yang berhubungan dengan jam operasi dan kenaikan viskositas atau penurunan TBN yaitu viskositas sebagai variable bebas dan jam operasi sebagai variable tak bebas atau sebaliknya dan demikian pula untuk TBN.

Teknik yang digunakan adalah persamaan garis lurus $y=mx+c$ dimana untuk nilai jumlah deviasi koordinat yang berharga kecil akan menghasilkan garis lurus yang mendekati. Sehingga,

$$b = \bar{Y} - m\bar{X} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

b = Titik potong pada ordinat (intersept)

m = Kemiringan (slope)

maka,

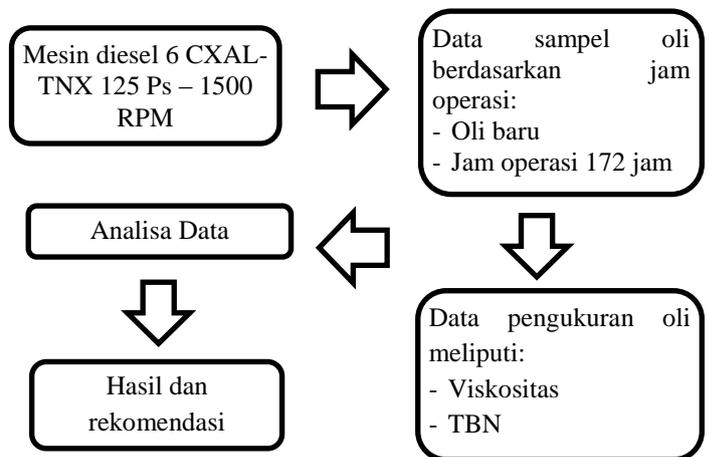
$$m = \frac{\sum xy}{\sum x^2} \dots\dots\dots (4)$$

(JOHN BIRD, 2003)

METODE PENELITIAN

Pengumpulan Data, pada tahapan ini akan dilakukan penentuan kapal sekaligus mencatat data yang dibutuhkan. Data yang dipakai yaitu data pengukuran getaran pada kapal *tug boat* .:

Sampel oli yang diambil kemudian diuji yang meliputi pengujian viskositas (kekentalan), TBN (total base number) dan alat-alat yang digunakan dalam pengukuran oli adalah: Shaver (pengaduk), ADD (*Auto Digital Diluter*), alat yang mencampur oli dengan pelarut. Pelarut yang digunakan adalah cyclen dengan perbandingan 1 cc oli dan 4 cc pelarut, ICP (inductively Couple Plasma) tipe 5300 dengan standar ASTM D-5185-05. Alat ini digunakan untuk mengetahui keausan logam, Auto titrimeter. Alat ini untuk mengetahui kondisi ke basaan oli (TBN) sesuai standar ASTM D-4739-08, Viscometer automated AV1. Alat ini untuk menguji viskositas oli sesuai dengan standar D-445-66. Analisis yang dilakukan yaitu dengan membuat tabel data hasil pengukuran dari kedua data viskositas dan TBN sesuai dengan kualitas pelumas yang diwakilinya sehingga dapat ditentukan hubungan keduanya dengan jam operasi.



Gambar 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Pengujian yang dilakukan oleh ABK Kapal pada Motor bantu 6 CXAL-TNX 125 Ps periode operasi Januari 2013 seperti pada tabel 4.

Tabel 4. Pemeriksaan periodik Kenaikan Viskositas dan penurunan TBN per Desember 2012.

Operation times, h	Kinematic viscosity at 100°C, cSt	TBN, mg-KOH/g
0	14	9.7
48	14.3	8.9
96	14.8	8.3
144	15.4	7.2
172	16.5	6.5

LUBE OIL TEST - 2012
Yanmar Diesel engine 6CXAL-TNX 125 Ps - 1500 R.P.M
TB. MAIDEN LUCKY

Tabel 5.

Revised 12/31/12

REPAIR POINT	PAGE	OPERATION	DAILY	50 Hours	100 Hours	250 Hours	500 Hours	2000 Hours
		ENGINE:						
SP1	15	Check oil level	*					
SP2	15	Change engine oil		1)	1)	*		
SP3	15	Change lube oil filters		1)	1)	*		
SP4	15	Check (replace) air cleaner	2)4)			*	*	
SP5	15	Check belt condition	2)			*	*	
SP6	16	Check valve clearances	2)			*	*	*
SP7	17	Check crankshaft vibration damper				*	*	

PERHITUNGAN KORELASI.

Korelasi jam operasi dengan kenaikan viskositas:

Mean Koordinat X, $x = (0+48+96+144+172)/5 = 92$

Mean Koordinat Y, $y = (14+14.3+14.8+15.4+16.5)/5 = 15$

Deviasi koordinat X, $x = (X - \bar{X})$

Deviasi koordinat Y dari nilai meannya (\bar{Y}), $y = (Y - \bar{Y})$

Tabel 6. Perhitungan parameter jam operasi dan kenaikan viskositas

N	$x = (X - \bar{X})$	$y = (Y - \bar{Y})$	x^2	y^2	Xy
1	-92	-1	8464	1	92
2	-44	-0.7	1936	0.49	30.8
3	4	-0.2	16	0.04	-0.8
4	52	0.4	2704	0.16	20.8
5	80	1.5	6400	2.25	120
Σ	0	1.78E-15	19520	3.94	262.8

Dari rumus (1), (2), (3) dan (4), diperoleh

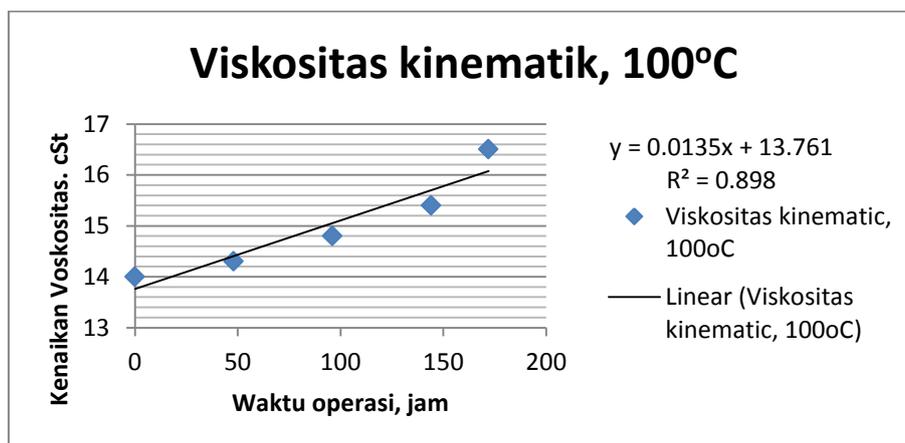
$$r = \frac{262.8}{\sqrt{19520 \times 3.94}} = 0.947627$$

$$R^2 = 0.947627^2 = 0.897997$$

$$m = \frac{262.8}{19520} = 0.013463$$

$$b = (15 - 0.013463 \times 92) = 13.76139$$

Jadi hubungan linieritas antara waktu operasi dan kenaikan viskositas adalah $y = 0.013463x + 13.76139$



Gambar 3.

Dari persamaan diatas maka prediksi kenaikan viskositas hingga mencapai ambang batas 25% dapat dijabarkan pada tabel 7.

Tabel 7. Prediksi kenaikan Viskositas hingga batas ambang

X	y	%
17.7037	14	0
54.74074	14.5	3.571429
91.77778	15	7.142857
128.8148	15.5	10.71429
165.8519	16	14.28571
202.8889	16.5	17.85714
239.9259	17	21.42857
276.963	17.5	25

Korelasi jam operasi dengan penurunan TBN:

Mean Koordinat X, $x = (0+48+96+144+172)/5 = 92$

Mean Koordinat Y, $y = (9.7+8.9+8.3+7.2+6.5)/5 = 8.12$

Deviasi koordinat X, $x = (X - \bar{X})$

Deviasi koordinat Y dari nilai meannya (\bar{Y}), $y = (Y - \bar{Y})$

Tabel 8. Perhitungan parameter jam operasi dan penurunan TBN

N	$x = (X - \bar{X})$	$y = (Y - \bar{Y})$	x^2	y^2	Xy
1	-92	1.58	8464	2.4964	-145.36
2	-44	0.78	1936	0.6084	-34.32
3	4	0.18	16	0.0324	0.72
4	52	-0.92	2704	0.8464	-47.84
5	80	-1.62	6400	2.6244	-129.6
Σ	0	-4.4E-15	19520	6.608	-356.4

Dari rumus (1), (2), (3) dan (4), diperoleh

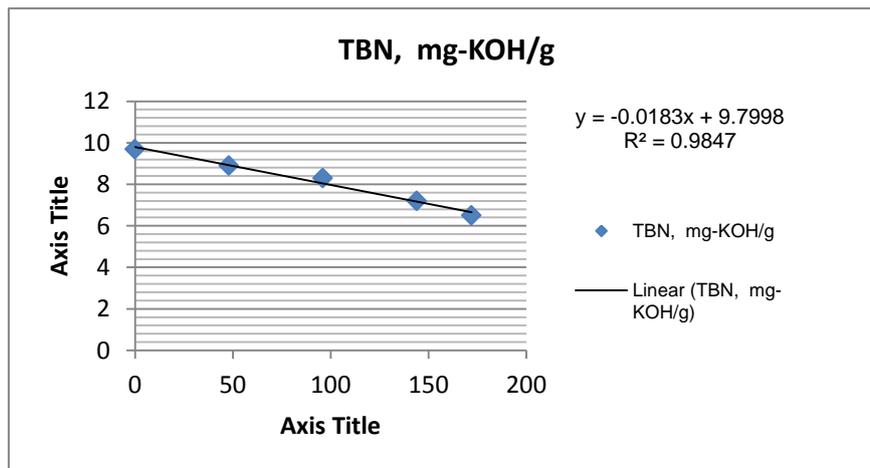
$$r = \frac{-356.4}{\sqrt{19520 \times 6.608}} = -0.99235$$

$$R^2 = 0.99235^2 = 0.984749$$

$$m = \frac{-356.4}{19520} = -0.01826$$

$$b = [8.12 - (-0.01826) \times 92] = 9.799754$$

Jadi hubungan linieritas antara waktu operasi dan penurunan TBN adalah $y = -0.01826x + 9.799752$



Dari persamaan diatas maka prediksi penurunan TBN hingga mencapai ambang batas 50 % dijabarkan pada tabel 9.

Tabel 9. Prediksi kenaikan Viskositas hingga batas ambang

x	y	%
5.453552	9.7	0
16.38251	9.5	2.061856
43.70492	9	7.216495
71.02732	8.5	12.37113
98.34973	8	17.52577
125.6721	7.5	22.68041
152.9945	7	27.83505
180.3169	6.5	32.98969
207.6393	6	38.14433
234.9617	5.5	43.29897

262.2842	5	48.45361
289.6066	4.5	53.60825

Angka 50% ditentukan berdasarkan interpolasi berikut ini:

$X = 270.4809$ dan $y = 4.85$

ANALISIS KORELASI.

Dari hasil perhitungan diatas dimana korelasi antara jam operasi dengan perubahan viskositas dan TBN menunjukkan hubungan yang sangat signifikan sebagaimana ditunjukkan oleh nilai SQR (Significant Square relation, R^2).

Berdasarkan tabel 2, dimana ambang batas perubahan viskositas sebesar 25% dan TBN 50% yang lebih dahulu dicapai oleh

perubahan TBN, maka penggantian oli harus dilakukan paling lambat pada jam operasi selama 270.4809 jam.

Efek dari tingginya viskositas dapat menciptakan kenaikan rugi daya dan menghassillkan lebih banyak gesekan yang pada gilirannya temperatur mesin ikut meningkat yang mempercepat proses oksidasi. Namun demikian hal ini belum begitu berpengaruh seiring dengan penggantian pelumas yang dilakukan berdasarkan pada batas ambang TBN kecuali peningkatan rugi daya. Walaupun demikian hal ini sangatlah bersifat kasusitas karena pada kasus yang lain dapat saja viskositas mencapai ambang batas lebih awal daripada TBN sehingga pengukuran keduanya, baik viskositas maupun TBN haruslah dilakukan secara bersamaan.

Efek penurunan TBN ini menyebabkan pelumas terus terkea senyawa asam yang telah berakibat pada pelumas berubah semakin asam. Hal ini terutama sudah terjadi pada crankcase. Upaya yang dapat dilakukan adalah dengan memberikan pelumas yang bersifat alkalin yang dapat mengurangi keasaman yang terjadi pada pelumas saat digunakan. Ini menunjukkan bahwa TBN sudah tidak efektif melakukan perlawanan terhadap setiap asam yang terbentuk selama proses pembakaran. TBN lebih tinggi berarti pelumas masih memiliki cadangan alkalinitas lebih memadai dalam hal untuk mengurangi efek korosif dari asam. Disamping itu TBN rendah juga telah mengurangi detergensis dari pelumas dan karena itu tekag menyebabkan kotoran dalam bak mesin.

Sebagai aturan umum (tabel 2), jika TBN diukur pada 2.0 mg KOH g-1 atau kurang, atau jika 50% dari TBN awal, pelumas dianggap tidak layak untuk perlindungan mesin dan ada risiko bahwa korosi dapat terjadi. Salah satu pemicu laju perubahan TBN adalah penggunaan bahan bakar berkadar sulfur tinggi menurunkan TBN pada tingkat yang lebih cepat karena meningkatnya pembentukan asam sulfat.

SIMPULAN

Dari analisa hasil perhitungan yang dilakukan, semua data yang dihasilkan dari data pengukuran tersebut masih dalam batasan yang diijinkan atau masih dalam keadaan nornal dan tidak muncul data tren yang melebihi dari batasan yang yang diijinkan sebagaimana tertera pada tabel 3. Dengan angka ambang viskositas baru akan dicapai pada jam operasi 276.963 jam.

Untuk menghindari keausan pada sejumlah komponen sebagaimana ditunjukkan oleh tabel 4, maka penggantian pelumas sesuai dengan hasil perhitungan harus didasarkan pada TBN. Guna menjamin kelancaran operasi kapal, maka pengukuran kualitas oli mesin juga harus dilakukan secara periodik.

DAFTAR PUSTAKA

- Bannister, Kenneth E., *Lubrication For Industry*, 200 Madison Avenue, New York, 1995
- Mobley, R. Keith, *An Introduction To Predictive Maintenance*, 2011
- Schulz, Erich J., *Diesel Equipment I*, 2009
- Majumdar, S.R., *Oil Hydraulic Principles and Maintenance*, Mc Graw Hill, Singapore, 2001
- Preventive Maintenance Product, *Preventive Maintenance Product And Services*, Caterpillar
- S.O.S, *Fluid Analysis Laboratory Guide*, Caterpillar, 2012
- Oil Analyzers Inc., *Oil Analysis Services*, Winter St., 2001
- CRC Press LCC, *"Tribologi Data Hand Book"*, 2004
- Higgins, Lindley R, *Maintenance Engineering Handbook*, 2007
- Mobley, R Keith, *Fluid Power Dynamics*, Butterworth-Heinemann, 2007
- Parker Hannifin Corporation, *Fluid Analysis Par-Test*, Hydraulic Filter Division, 2011

Minyak Pelumas dan Pengaruhnya Terhadap
Mesin Anda, Trakindo, 2012

Booser, E. Richard, Ph.D, CRC Handbook of
Lubrication (Theory and Practice of
Tribology), Volume I Application and
Maintenance, CRC Press. Inc., Florida,
2008

Kowa, Procedure Manual Edition 5,
Komatsu, Japan, 2011

Scheduled Oil Diesel Sampling, Fluids
Analysis Technology Laboratorium,
Cilandak-Jakarta Selatan , 2010

Engineering Mathematics, Fourth Edition
JOHN BIRD, BSc(Hons) CMath,
FIMA, CEng, MIEE, FCollP, FIIE,
2003