



TUGAS AKHIR - VM180629

**ANALISA KEADAAN GAS ENGINE TIPE GV222TIC
DAN PENENTUAN KELAYAKAN UMUR MINYAK
PELUMAS BERDASARKAN VISKOSITAS
KINEMATIK, TOTAL ACID NUMBER, TOTAL BASE
NUMBER DAN OXIDANT.**

RIZAL AZHARI

NRP 102116 0000 0124

Dosen Pembimbing

Dedy Zulhidayat Noor, S.T.,M.T.,Ph.D

NIP 19751206 200501 1 002

PROGRAM STUDI DIPLOMA

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

INDUSTRI FAKULTAS VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA 2020



TUGAS AKHIR - VM180629

**ANALISA KEADAAN GAS ENGINE TIPE GV222TIC
DAN PENENTUAN KELAYAKAN UMUR MINYAK
PELUMAS BERDASARKAN VISKOSITAS
KINEMATIK, TOTAL ACID NUMBER, TOTAL BASE
NUMBER DAN OXIDANT.**

**RIZAL AZHARI
NRP 102116 0000 0124**

**Dosen Pembimbing
Dedy Zulhidayat Noor, S.T., M.T., Ph.D.
NIP 19751206 200501 1 002**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
INDUSTRI FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020**



FINAL PROJECT - VM180629

**ANALYSIS OF GAS ENGINE TYPE GV222TIC
AND DETERMINATION OF AGE OF LUBRIC OIL
BASED ON KINEMATIC VISCOSITY, TOTAL ACID
NUMBER, TOTAL BASE NUMBER AND OXIDANT**

**RIZAL AZHARI
NRP 102116 0000 0124**

**Advisor
Dedy Zulhidayat Noor, S.T., M.T., Ph.D.
NIP 19751206 200501 1 002**

**DIPLOMA PROGRAMME
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL MECHANICAL
ENGINEERING VOCATIONAL FACULTY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE TECHNOLOGY
SURABAYA 2020**

PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rizal Azhari
NRP : 10211600000124
Program Studi : Diploma III Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin Industri
Fakultas : Vokasi

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir (TA) yang saya tulis ini benar-benar tulisan saya, dan bukan merupakan hasil plagiasi. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan TA ini hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi – ITS.

Surabaya, Februari 2020
Yang membuat pernyataan,



Rizal Azhari
10211600000124

**ANALISA KEADAAN GAS ENGINE TIPE GV222TIC
DAN PENENTUAN KELAYAKAN UMUR MINYAK
PELUMAS BERDASARKAN VISKOSITAS
KINEMATIK, TOTAL ACID NUMBER, TOTAL BASE
NUMBER DAN OXIDANT.**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Program Studi Diploma III
Departemen Teknik Mesin Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

Oleh :

Rizal Azhari

NRP. 10211600000124

Menyetujui,

Dosen Pembimbing



Dedy Zulhidayat Noor, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 19751206-200501 1 002

SURABAYA, FEBRUARI 2020

**ANALISA KEADAAN GAS ENGINE TIPE GV222TIC
DAN PENENTUAN KELAYAKAN UMUR MINYAK
PELUMAS BERDASARKAN VISKOSITAS
KINEMATIK, TOTAL ACID NUMBER, TOTAL BASE
NUMBER DAN OXIDANT.**

Nama Mahasiswa : Rizal Azhari
NRP : 102116 0000 0124
Departemen : Teknik Mesin Industri FV ITS
**Dosen Pembimbing : Dedy Zulhidayat Noor, S.T.,
M.T.,Ph.D.**

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan keadaan *Gas Engine* dilihat dari parameter minyak pelumas (TAN, TBN, Viskositas dan *Oxidant*) serta dapat menentukan kelayakan umur pakai pada minyak pelumas dilihat dari parameter minyak pelumas (TAN, TBN, Viskositas dan *Oxidant*), penelitian ini dilakukan pada PT Perta Daya Gas. Metode penelitian yang digunakan adalah analisis deskriptif yaitu dianalisis secara sederhana menggunakan excel lalu dideskripsikan. Sampel minyak pelumas diambil pada 6 *Gas Engine*. Hasil Dari analisis yang dilakukan, hasil peringkat keadaan Gas Engine pada 6 *Gas Engine* di dapatkan *Gas Engine* K-105 berada di peringkat terakhir yang dimana *Gas Engine* tersebut harus dilakukan perawatan lebih karena adanya anomali data dan 2 kali maintenance pada tahun 2016-2018. Selain itu berdasarkan kelayakan umur pakai, *Running Hours* Oli 358,89 jam adalah waktu yang layak dalam menjalankan operasi di *gas engine* yang berpedoman pada

parameter minyak pelumas setiap *Gas Engine* dan juga keadaan *gas engine* terburuk dan *gas engine* terbaik.

Kata kunci: Gas Engine, Perawatan, Oil Analysis, Viskositas, TAN, TBN, Oxidant, Kelayakan Umur Pakai

**ANALYSIS OF GAS ENGINE TYPE GV222TIC AND
DETERMINATION OF AGE OF LUBRIC OIL BASED
ON KINEMATIC VISCOSITY, TOTAL ACID
NUMBER, TOTAL BASE NUMBER AND OXIDANT**

Name : Rizal Azhari
Student ID : 102116 0000 0124
Department : Industrial Mechanical Engineering FV
TS
Advisor : Dedy Zulhidayat Noor, S.T., M.T.,
Ph.D.

ABSTRACT

This study aims to determine the condition of the Gas Engine seen from the parameters of the lubricating oil (TAN, TBN, Viscosity, and Oxidant) and can determine the feasibility of the service life of the lubricating oil seen from the parameters of the lubricating oil (TAN, TBN, Viscosity, and Oxidant), this research was conducted at PT Perta Daya Gas. The research method used is the descriptive analysis that is analyzed simply using Excel and then described. Lubricating oil samples were taken at 6 Gas Engines. Results From the analysis conducted, the results of the ranking of Gas Engine conditions at the 6 Gas Engines obtained by the K-105 Gas Engine were ranked last where the Gas Engine had to be treated more due to data anomalies and 2 maintenance times in 2016-2018. In addition based on the feasibility of service life, Running Hours Oil 358.89 hours is a reasonable time to run operations on 6 gas engines that are guided by the

parameters of each engine oil and the worst gas engine conditions and the best engine gas.

Keywords: Gas Engine, Maintenance, Oil Analysis, Viscosity, TAN, TBN, Oxidant, Life Worthiness

KATA PENGANTAR

AlhamdulillahRobbil'Alamin, Segala Puji dan syukur dipanjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, serta inayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Analisa Keadaan Gas Engine Tipe GV222TIC dan Penentuan Kelayakan Umur Minyak Pelumas Berdasarkan Viskositas Kinematik, Total Acid Number, Total Base Number dan Oxidant" dapat terselesaikan. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya Teknik pada program diploma Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penelitian ini tidak akan dapat selesai tanpa bantuan dari semua pihak. Peneliti ucapkan terima kasih untuk itu. Terima kasih:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas keadaan ini.
2. Keluarga saya yang selalu memberi dukungan terhadap kelancaran pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Deddy Zulhidayat Noor, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing atas saran dan kritik dalam penelitian ini.
4. Seluruh bapak dan ibu dosen Teknik Mesin Industri FV ITS dan seluruh ITS dalam bimbingannya.
5. Bapak Tutut Sandewan, M. Ari Mukhlason, Mas Harry Iskandar dan seluruh pihak PT. Perta Daya Gas atas masukan dan bimbingannya dalam penelitian ini.
6. Mohammad Fahmi Al Alam selaku partner dalam penelitian Tugas Akhir ini.

7. Semua teman – teman yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang bersedia membantu dalam mengerjakan Tugas Akhir penulis.

Penelitian ini tentunya tidaklah sempurna. Terdapat banyak hal yang bisa dikembangkan baik dalam proses penelitian maupun dalam penulisan laporan. Oleh karena itu, kritik dan saran dari semua pihak sangat dibutuhkan agar penelitian ini lebih baik. Akhir kata penulis berdoa agar segala bantuan yang diberikan mendapat balasan dan rahmat dari Allah SWT. Dan semoga hasil dari laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat sebagaimana yang diharapkan. Amin

Surabaya, Februari 2020

Penulis

Rizal Azhari

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN TIDAK PLAGIASI	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gas Engine	5
2.2 Maintenance	7
2.3 Fluida Newtonian dan Non Newtonian	10
2.4 Pelumasan.....	12
2.5 Zat Aditif Oli.....	18
2.6 Standarisasi Oli.....	21
2.7 Tribology (Oil Analysis).....	22
2.8 Pengaruh Running Hours Terhadap Viskositas Oli	33
2.9 Pengaruh Running Hours Terhadap Nilai TAN	34
2.10 Pengaruh Running Hours Terhadap Nilai TBN	34
2.11 Pengaruh Oksidasi Terhadap Nilai Viskositas	34

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	35
3.2 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Analisis.....	37
3.3 Kerangka Analisis	37
3.4 Bahan dan Alat Uji Sampling oli.....	37

BAB IV PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil <i>Oil Used Analysis</i>	45
4.2 Analisa Anomali Data.....	56
4.3 <i>Standard of Oil Used Analysis Inspection</i>	58
4.4 Hasil Analisa Keadaan Setiap <i>Gas Engine</i> (K-101,K-102,K-103,K-104,K-105,K-106).....	59
4.5 Perhitungan Kelayakan Oli Berdasarkan TBN.....	60
4.6 Perhitungan Gas Engine K-105 di Semua Parameter.....	63
4.7 Perhitungan Gas Engine K-106 di Semua Parameter.....	67
4.8 Penyebab Pergantian Siklus Oli dan Solusi Permasalahan.....	71

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	73
5.2 Saran.....	73

DAFTAR PUSTAKA.....xvi

LAMPIRAN.....xvii

BIODATA PENULIS.....xxvii

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gas Engine Compressor (PT PERTA DAYA GAS).....	5
Gambar 2.2 Gas Engine Tipe GV222TIC (PT PERTA DAYA GAS)	6
Gambar 2.3 Siklus Pelumasan Gas Engine Tipe GV222TIC (PT PERTA DAYA GAS).....	7
Gambar 2.4 Variasi linear dari tegangan geser terhadap laju regangan geser untuk beberapa jenis fluida.....	11
Gambar 2.5 Alat dan Bahan Perhitungan Viskositas.....	25
Gambar 2.6 Menentukan Densitas Zat Cair.....	26
Gambar 2.7 Menandai Silinder Ukur.....	26
Gambar 2.8 Mencatat Waktu yang Diperlukan Bola untuk Jatuh Dari Tanda Atas ke Tanda Bawah	27
Gambar 2.9 Menghitung Kecepatan Bola	28
Gambar 2.10 Menghitung Kecepatan Zat Cair.....	28
Gambar 3.1 Flowchart diagram.....	36
Gambar 3.2 Tangki Oli NG Lube SAE 40.....	38
Gambar 3.3 Pengambilan Sampel Oli Dari Tangki.....	38
Gambar 3.4 Viscometer.....	39
Gambar 3.5 PAT940 SMART TITRATOR	40
Gambar 3.6 FTIR <i>Machine</i>	41
Gambar 3.7 Wadah Sample Oli	41
Gambar 3.8 Oli Baru dan Oli Bekas	42
Gambar 3.9 Label Sample Oli	42
Gambar 3.10 Wadah Sampel Oli Berlabel.....	43
Gambar 3.11 Spet Injeksi	43

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Gas Engine K-101 pada Running Hours Oli 500 Jam.....	46
Tabel 4.2 Gas Engine K-101 pada Running Hours Oli 250 Jam.....	46
Tabel 4.3 Gas Engine K-102 pada Running Hours Oli 500 Jam.....	47
Tabel 4.4 Gas Engine K-102 pada Running Hours Oli 250 Jam.....	48
Tabel 4.5 Gas Engine K-103 pada Running Hours Oli 500 Jam.....	49
Tabel 4.6 Gas Engine K-103 pada Running Hours Oli 250 Jam.....	50
Tabel 4.7 Gas Engine K-104 pada Running Hours Oli 500 Jam.....	51
Tabel 4.8 Gas Engine K-104 pada Running Hours Oli 250 Jam.....	52
Tabel 4.9 Gas Engine K-105 pada Running Hours Oli 500 Jam.....	53
Tabel 4.10 Gas Engine K-105 pada Running Hours Oli 250 Jam.....	54
Tabel 4.11 Gas Engine K-106 pada Running Hours Oli 500 Jam.....	55
Tabel 4.12 Gas Engine K-106 pada Running Hours Oli 250 Jam.....	56
Tabel 4.13 Anomali Data Pada K-105 di Nomor 4 Dan Nomor 5	57
Tabel 4.14 Anomali Data Pada K-105 di Nomor 6 Dan Nomor 7	57
Tabel 4.15 Spesifikasi Oli Baru Dari Pertamina Lubricants	59

Tabel 4.16 Spesifikasi Batasan Oli Dari Pertamina Lubricants.....	59
Tabel 4.17 Hasil Analisa Keadaan <i>Gas Engine</i> Berpedoman dari Oli Baru Pertamina Lubricants	60
Tabel 4.18 Kondisi Gas Engine dengan Nilai Parameter Terburuk pada Running Hours Oli 500 jam.....	61
Tabel 4.19 Kondisi Gas Engine dengan Nilai Parameter Terburuk pada Running Hours Oli 500 jam.....	62
Tabel 4.20 Interpolasi TBN K-105.....	62
Tabel 4.21 Interpolasi TAN K-105.....	64
Tabel 4.22 Interpolasi Visco 100°C K-105.....	64
Tabel 4.23 Interpolasi Visco 40°C K-105.....	65
Tabel 4.24 Interpolasi Oxidant K-105	66
Tabel 4.25 Hasil Interpolasi Gas Engine K-105	66
Tabel 4.26 Interpolasi TAN K-106.....	67
Tabel 4.27 Interpolasi TBN K-106.....	67
Tabel 4.28 Interpolasi Visco 100°C K-106.....	68
Tabel 4.29 Interpolasi Visco 40°C K-106.....	69
Tabel 4.30 Interpolasi Oxidant K-106.....	70
Tabel 4.31 Hasil Interpolasi Gas Engine K-106.....	70

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Maintenance adalah suatu kegiatan untuk merawat atau memelihara dan menjaga Mesin/peralatan dalam kondisi yang terbaik supaya dapat digunakan untuk melakukan produksi sesuai dengan perencanaan. Maintenance merupakan salah satu cara efektif untuk meningkatkan keandalan suatu sistem (Moubray,2001).Upaya *maintenance* penting dilakukan agar meyakinkan bahwa aset fisik yang dimiliki dapat terus berlanjut memenuhi apa yang diinginkan oleh pengguna terhadap fungsi yang dijalankan oleh aset tersebut (Setyana,2007). Semakin rutin dilakukan maintenance pada peralatan yang dimiliki,maka keberlangsungan alat tersebut akan terjaga.Terdapat berbagai metode maintenance yang diterapkan oleh perusahaan.Diantaranya adalah *Preventive Maintenance,Predictive Maintenance,Breakdown Maintenance*

Salah satu perusahaan yang menerapkan metode predictive maintenance adalah PT. Perta Daya Gas.PT. Perta Daya Gas yang merupakan perusahaan *joint venture* yang dibentuk dan didirikan oleh PT. Pertamina Gas (Pertagas) dan PT. Indonesia Power (IP).Perusahaan ini didirikan untuk mewujudkan fasilitas *Compressed Natural Gas (CNG) Plant* Tambak Lorok dengan skema *Built, Operate & Own (BOO)*. *CNG Plant* Tambak Lorok ini merupakan fasilitas kompresi dan penyimpanan gas alam dalam bentuk CNG dengan kapasitas 17 BBTU per hari untuk memenuhi kebutuhan primer Pusat Listrik Tenaga Gas & Uap (PLTGU) Tambak Lorok pada saat beban puncak. Pada penelitian ini predictive maintenance yang difokuskan adalah oil analysis untuk menganalisa kesehatan oli, kontaminasi oli, dan keausan

mesin.

Dalam menentukan masa penggantian oli, saat ini masih berpedoman pada waktu operasi semisal (250-500 jam) padahal ada beberapa faktor lain yang dapat dijadikan acuan dalam menentukan kelayakan pakai suatu oli. Ada beberapa faktor tersebut adalah nilai Viskositas Kinematik, nilai total asam (*Total Acid Number* - TAN), nilai total basa (*Total Base Number* - TBN) dan *Oxidant*. Viskositas merupakan nilai kekentalan suatu pelumas, TAN merupakan nilai total asam minyak pelumas, TBN merupakan nilai total basa minyak pelumas, dan *oxidant* merupakan nilai oksidasi minyak pelumas. Semakin lama minyak pelumas dipakai maka semakin naik nilai total asamnya sedangkan untuk nilai viskositas dan nilai total basa semakin lama minyak pelumas dipakai maka semakin turun nilai kekentalan dan nilai total basanya.

Untuk itu, pada kegiatan tugas akhir ini akan dilakukan analisa mengenai keadaan gas engine tipe GV222TIC (K-101, K-102, K-103, K-104, K-105, K-106) dan menentukan kelayakan umur minyak pelumas berdasarkan viskositas kinematik, *total acid number*, *total base number* dan *oxidant* pada Gas Engine Compression di PT Perta Daya Gas.

1.2. Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah keadaan mesin dilihat dari parameter minyak pelumas (TAN, TBN, Viskositas dan Oxidant) ?
2. Bagaimanakah kelayakan umur pakai pada minyak pelumas dilihat dari parameter minyak pelumas (TAN, TBN, Viskositas dan Oxidant)?

1.3. Batasan Masalah

Pembahasan penelitian tugas akhir ini dibatasi pada :

1. Minyak pelumas yang digunakan adalah NG Lube

- Long Life SAE 40 (45L)
2. Tipe Gas Engine yang digunakan adalah Gas Engine Tipe GV222TIC (K-101,K-102,K-103,K-104,K-105,K-106)
 3. Gas engine bekerja rata-rata selama 18 jam sehari
 4. Menggunakan bahan bakar gas alam
 5. Data yang didapat dari Perta Daya Gas dan Pertamina Lubricant
 6. Parameter minyak pelumas yang digunakan (TAN,TBN,Viskositas dan Oxidant)
 7. Kerusakan – kerusakan yang terjadi ditiadakan

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat menentukan keadaan mesin dilihat dari parameter minyak pelumas (TAN,TBN,Viskositas dan Oxidant)
2. Dapat menentukan kelayakan umur pakai pada minyak pelumas dilihat dari parameter minyak pelumas (TAN,TBN,Viskositas dan Oxidant)

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini, yaitu :

1. Menambah pengetahuan bagi penulis dan pembaca makalah ini tentang *oil analysis*
2. Sebagai penerapan teori yang telah dipelajari selama perkuliahan terutama yang berkaitan dengan mata kuliah teknik dan manajemen perawatan yaitu pelumasan
3. Mengetahui kondisi sebenarnya dari keadaan sehingga jika mulai terjadi keabnormalan keadaan, dapat dilakukan tindakan perbaikan secepatnya.

4. Membantu perusahaan dalam menganalisa mesin mana yang sehat dan mesin mana yang butuh perawatan lebih.

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah penulis dan pembaca, maka penulisan ini menggunakan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan tentang Latar belakang penulisan, Rumusan Masalah, Tujuan penelitian, Batasan Masalah, Manfaat Penelitian, Metode Penulisan dan Sistematika Penulisan.

BAB II TEORI DASAR

Pada Bab ini berisikan tentang teori – teori perawatan dan berbagai referensi baik dari buku,internet, maupun dari penelitian terdahulu yang kemudian digunakan sebagai dasar dalam melaksanakan penelitian maupun dalam penyusunan tugas akhir.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai prosedur metode untuk melakukan pengujian yang meliputi studi literature, identifikasi masalah, pengambilan data, survey lapangan dan flow chart metodologi penyusunan tugas akhir.

BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA DATA

Membahas tentang hasil penelitian mengenai pengaruh *running hours* oli Viskositas, Total Acid Number dan Total Base Number serta menjelaskan hasil analisa oli tersebut.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisikan kesimpulan dari penyusunan tugas akhir dan saran untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gas Engine

Mesin gas adalah mesin pembakaran internal yang beroperasi dengan bahan bakar gas, seperti gas batubara, gas produsen, biogas, gas landfill, atau gas alam. Di Inggris Raya, istilah ini tidak ambigu. Di Amerika Serikat, karena meluasnya penggunaan "gas" sebagai singkatan untuk bensin (bensin), mesin seperti itu mungkin juga disebut mesin berbahan bakar gas atau mesin gas alam atau percikan yang dinyalakan.

Secara umum, istilah mesin gas mengacu pada mesin industri tugas berat yang mampu berjalan terus-menerus pada beban penuh selama periode mendekati fraksi tinggi 8.760 jam per tahun dengan rata-rata 18 jam per hari, tidak seperti mesin mobil bensin, yang ringan, putaran tinggi dan biasanya berjalan untuk tidak lebih dari 4.000 jam seumur hidupnya. Daya tipikal berkisar dari 10 kW (13 hp) hingga 4 MW (5.364 hp).^[1]



Gambar 2.1 Gas Engine Compressor (PT PERTA DAYA GAS)

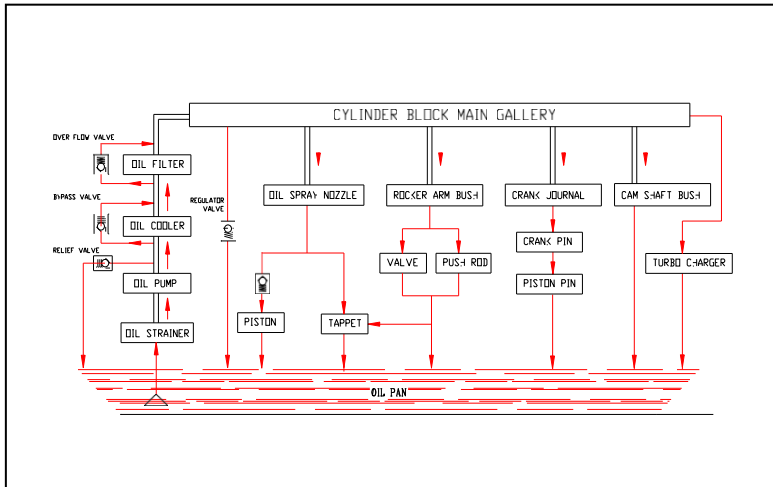


**Gambar 2.2 Gas Engine Tipe GV222TIC (PT PERTA
DAYA GAS)**

2.1.1 Sistem Pelumasan Mesin

- Mesin dilengkapi dengan pelumasan feed paksa. Tekanan dihasilkan oleh pompa roda gigi yang roda gigi penggerakannya bertautan langsung dengan roda gigi crankshaft di ujung roda gila.
- Pompa oli menarik oli dari bak oli dan mengirimkannya melalui filter oli dan oil cooler ke galeri distributor utama dan dari sana ke bearing utama, bantalan ujung besar dan bantalan poros bubungan serta ke bantalan ujung kecil dan lengan ayun.
- Turbocharger juga terhubung ke sistem pelumas mesin. Silinder dinding dan timing gear dilumasi percikan.
- Setiap silinder memiliki jet oli yang disediakan untuk mendinginkan bagian bawah piston.
- Oli pelumas dibersihkan dalam filter oli aliran penuh.

- Tergantung pada tingkat pengiriman yang disepakati dan desain mesin, pelumasan sirkuit oli dapat dilengkapi dengan monitor tekanan oli (peringatan dini dan cut off) yang berfungsi mematikan mesin jika tiba-tiba kehilangan tekanan.



Gambar 2.3 Siklus Pelumasan Gas Engine Tipe GV222TIC (PT PERTA DAYA GAS)

2.2 Maintenance

Maintenance adalah suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima. Di dalam praktek-praktek maintenance masa lalu dan saat ini baik di sektor swasta dan pemerintahan mengartikan maintenance itu adalah suatu tindakan pemeliharaan mesin atau peralatan pabrik dengan memperbaharui usia pakai dan kegagalan atau kerusakan mesin. Merupakan segala kegiatan yang bertujuan untuk menjaga peralatan dalam kondisi

terbaik. Proses maintenance meliputi pengetesan, pengukuran, penggantian, menyesuaikan, dan perbaikan.

Menurut Assauri (2008), perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas atau peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian atau penggantian yang diperlukan agar supaya terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan.^[2]

2.2.1 Tujuan Maintenance

Menurut Assauri (2008), tujuan melakukan maintenance adalah sebagai berikut:

1. Kemampuan produksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.
2. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi tidak terganggu.
3. Untuk membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan yang di luar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan selama waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijaksanaan perusahaan mengenai investasi tersebut.
4. Untuk mencapai tingkat biaya pemeliharaan serendah mungkin, dengan melaksanakan kegiatan maintenance secara efektif dan efisien keseluruhannya.
5. Menghindari kegiatan yang dapat membahayakan keselamatan para pekerja.
6. Mengadakan suatu kerja sama yang erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dari suatu perusahaan dalam rangka untuk mencapai tujuan utama perusahaan, yaitu tingkat keuntungan atau *return of*

investment yang sebaik mungkin dan total biaya yang rendah.

2.2.2 Jenis-Jenis Maintenance

Dibagi menjadi 3 jenis maintenance yang dapat dilakukan, yaitu:

- Preventive Maintenance
- Predictive Maintenance
- Breakdown Maintenance

2.2.2.1 Preventive Maintenance

Preventive Maintenance merupakan suatu kegiatan pemeliharaan yang sudah terjadwal dan terencana. Kegiatan ini dilakukan untuk mengantisipasi masalah yang dapat mengakibatkan kerusakan pada mesin dan menjaganya selalu tetap dalam kondisi normal selama dalam pengoperasian. Contoh kegiatan ini adalah melakukan pengecekan terhadap pendeteksi indikator tekanan dan temperatur apakah telah sesuai hasilnya untuk kondisi normal suatu alat atau mesin, pengecekan kondisi pelumasan pada alat atau mesin dll.

2.2.2.2 Predictive Maintenance

Predictive Maintenance merupakan perawatan yang bersifat prediksi, dalam hal ini merupakan evaluasi dari perawatan berkala (Preventive Maintenance). Pendeteksian ini dapat dievaluasi dari indikator-indikator yang terpasang pada instalasi suatu alat dan juga dapat melakukan pengecekan vibrasi dan *alignment* untuk menambah data dan tindakan perbaikan selanjutnya atau bisa juga melakukan sampling oli pada mesin. *Predictive Maintenance* ini akan memprediksi kapan akan terjadinya kerusakan pada komponen tertentu pada mesin dengan cara melakukan analisa trend perilaku

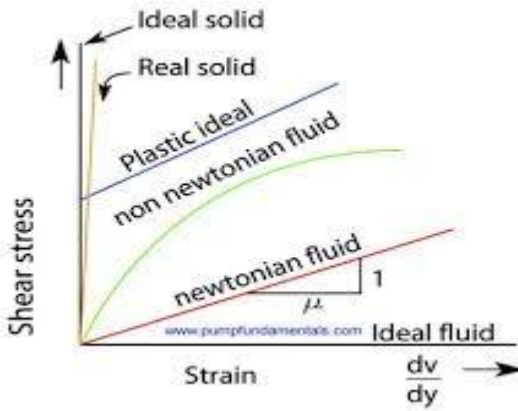
mesin kerja. Berbeda dengan *Periodic maintenance* yang dilakukan berdasarkan waktu (Time Based), *Predictive Maintenance* lebih menitikberatkan pada Kondisi Mesin (*Condition Based*).

2.2.2.3 Breakdown Maintenance

Breakdown maintenance merupakan suatu kegiatan perbaikan yang dilakukan tanpa adanya rencana terlebih dahulu. Di mana kerusakan terjadi secara mendadak pada alat atau mesin yang sedang beroperasi, sehingga mengharuskan perbaikan secara menyeluruh ataupun menggantinya.

2.3 Fluida Newtonian dan Non Newtonian

Sebuah fluida Newtonian didefinisikan sebagai fluida yang tegangan gesernya berbanding lurus secara linier dengan gradien kecepatan pada arah tegak lurus dengan bidang geser. Definisi ini memiliki arti bahwa fluida newtonian akan mengalir terus tanpa dipengaruhi gaya-gaya yang bekerja pada fluida. Sebagai contoh, air adalah fluida Newtonian karena air memiliki properti fluida sekalipun pada keadaan diaduk. Sebaliknya, bila fluida non-Newtonian diaduk, akan tersisa suatu "lubang". Lubang ini akan terisi seiring dengan berjalannya waktu. Sifat seperti ini dapat teramati pada material-material seperti puding. Peristiwa lain yang terjadi saat fluida non-Newtonian diaduk adalah penurunan viskositas yang menyebabkan fluida tampak "lebih tipis" (dapat dilihat pada cat). Ada banyak tipe fluida non-Newtonian yang kesemuanya memiliki properti tertentu yang berubah pada keadaan tertentu. Hal ini diilustrasikan dengan jelas pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Variasi linear dari tegangan geser terhadap laju regangan geser untuk beberapa jenis fluida

Konstanta yang menghubungkan tegangan geser dan gradien kecepatan secara linier dikenal dengan istilah viskositas. Persamaan yang menggambarkan perlakuan fluida Newtonian adalah:

$$\tau = \mu \frac{dv}{dx}$$

dimana: τ = tegangan geser yang dihasilkan oleh fluida

μ = viskositas fluida-sebuah konstanta proporsionalitas

$\frac{dv}{dx}$ = gradien kecepatan yang tegak lurus dengan arah geseran

2.3.1 Persamaan Pada Fluida Newtonian

Viskositas pada fluida Newtonian secara definisi hanya bergantung pada temperatur dan tekanan dan tidak bergantung pada gaya-gaya yang bekerja pada fluida. Jika fluida bersifat

inkompresibel maka viskositas bernilai tetap di seluruh bagian fluida.

Fluida Newtonian (istilah yang diperoleh dari nama Isaac Newton) adalah suatu fluida yang memiliki kurva tegangan/regangan yang linier. Contoh umum dari fluida yang memiliki karakteristik ini adalah air. Keunikan dari fluida newtonian adalah fluida ini akan terus mengalir sekalipun terdapat gaya yang bekerja pada fluida. Hal ini disebabkan karena viskositas dari suatu fluida newtonian tidak berubah ketika terdapat gaya yang bekerja pada fluida tersebut. Viskositas dari suatu fluida newtonian hanya bergantung pada temperatur dan tekanan. Viskositas sendiri merupakan suatu konstanta yang menghubungkan besar tegangan geser dan gradien kecepatan pada persamaan

Perbedaan karakteristik akan dijumpai pada fluida non-newtonian. Pada fluida jenis ini, viskositas fluida akan berubah bila terdapat gaya yang bekerja pada fluida (seperti pengadukan).

2.4 Pelumasan

Pelumas dapat didefinisikan sebagai suatu zat yang disisipkan di antara permukaan yang bergerak secara relatif agar dapat mengurangi gesekan antar permukaan tersebut. pelumas dapat berupa cairan ataupun padatan. Sehingga pelumasan atau *lubrication* merupakan cara yang dilakukan untuk mengurangi gesekan yang terjadi antara dua permukaan yang saling bergesekan dengan cara memberi pelumas.

Beberapa fungsi pelumas yang dapat diketahui yaitu:

1. Mengendalikan Keausan

Mengendalikan Keausan yang terjadi pada sistem pelumasan disebabkan oleh 3 (tiga) hal, yaitu abrasi, korosi, dan kontak antara logam dengan logam. Keausan

abrasi biasanya disebabkan oleh partikel padat yang masuk ke lokasi pelumas itu berada. Bentuk keausan abrasi adalah goresan (*scratching*). Keausan yang diakibatkan karena korosi umumnya disebabkan oleh produk oksidasi pelumas. Pemrosesan yang lebih sempurna dengan menambahkan aditif penghinder oksidasi dapat mengurangi terjadinya kerusakan pelumas. Keausan juga disebabkan oleh terjadinya kontak antara logam dan logam yang merupakan hasil rusaknya selaput pelumas. Singkatnya, sesuatu yang menyebabkan permukaan logam yang dilumasi saling mendekat sehingga terjadi kontak antara satu permukaan dengan permukaan lainnya menyebabkan timbulnya keausan.

2. Mengendalikan Suhu

Dalam mengendalikan suhu, sistem temperatur pelumas secara langsung menyesuaikan dan bereaksi pada suhu komponen yang memanaskan akibat bekerja satu sama lain. Ketika terjadi hubungan antara logam dengan logam, banyak panas yang diserap, sehingga pelumas berperan sangat penting membantu proses penyerapan panas dengan cara mentransfer permukaan yang mempunyai suhu tinggi dan memindahkannya ke media lain yang suhunya lebih rendah. Tugas ini memerlukan sirkulasi pelumas dalam jumlah banyak dan konstan.

3. Pembersih Kotoran

Pelumas disebut sebagai pembersih atau pembilas kotoran yang masuk di dalam sistem karena adanya partikel padat yang terperangkap di antara permukaan logam yang dilumasi. Hal ini benar-benar terjadi pada jenis mesin internal combustion, di mana aditif detergen dan dispersan digunakan untuk melumatkan lumpur dan

membawanya dari karter ke saringan yang dirancang untuk menepis partikel padat yang dapat menimbulkan keausan.

5. Sebagai peredam getaran

Sebagai peredam getaran dan suara bising hasil benturan piston, batang piston dan poros engkol. Pelumas untuk melapisi antara bagian tersebut dan meredam benturan yang terjadi sehingga suara mesin lebih halus.

1. Sebagai anti karat

Sebagai anti karat, pelumas melapisi bagian logam sehingga menghindari kontak langsung dengan udara atau air.

2. Memindahkan Tenaga

Salah satu peningkatan fungsi pelumas modern adalah media hidrolis. Peralatan otomatis pada kendaraan merupakan salah satu contoh meningkatnya kompleksitas persyaratan pelayanan pelumas. Pelumas ini menunjukkan penggunaan terbesar fluida pemindah tenaga (*power-transmission fluids*), menjadi suatu kebutuhan yang utama untuk menggunakan pelumas yang baik, dan sifat-sifat hidrolis merupakan hal yang juga harus dipertimbangkan.

2.4.1 Jenis – Jenis Minyak Pelumas

Menurut bahan dasar pembuatnya, minyak pelumas digolongkan menjadi dua jenis, yaitu:

1. Oli Mineral

Oli Mineral merupakan minyak pelumas dengan basis base oil tanpa adanya zat aditif tambahan, sehingga sifat-sifatnya masih kurang efektif untuk pelumasan. Oli mineral memiliki keterbatasan yakni kurangnya ketahanan terhadap temperatur kerja tinggi. *Aromatic oil* memang

memiliki ketahanan terhadap temperatur tinggi, akan tetapi tingkat kekentalannya terlalu besar sehingga tidak mudah digunakan sebagai pelumas mesin. Solusi dari kelemahan tersebut adalah dibuatnya oli melalui proses sintesa sehingga didapatkan oli dengan spesifikasi terbaik sesuai dengan yang dibutuhkan. Pelumas jenis ini biasa kita kenal sebagai oli sintetis.

Beberapa keunggulan oli mineral antara lain :

- a. Memiliki kekentalan yang sangat stabil pada temperature rendah dan tinggi.
- b. Tidak menyebabkan slip pada kopling.
- c. Tidak mudah teroksidasi dan terdegradasi oleh radiasi panas dari mesin.
- d. Menjaga kebersihan mesin, serta mencegah terbentuknya deposit pada piston.
- e. Melindungi secara optimal mesin dari korosi dan menjaga komponen mesin dari keausan.

2. Oli Semi Sintesis

Perpaduan antara oli mineral dengan oli sintetis biasa disebut dengan oli semi-sintetis. Dengan campuran maksimal sebanyak 30% oli sintetis, diharapkan akan didapatkan pelumas dengan kualitas tidak jauh berbeda dengan oli murni sintetis, namun dengan harga yang lebih terjangkau.

3. Oli Sintesis

Oli Sintesis adalah pelumas dengan bahan dasar base oil dan tambahan zat-zat aditif untuk memperbaiki sifat-sifat dari minyak pelumas tersebut. Zat aditif ini bermacam-macam jenisnya, misal untuk meningkatkan viskositas minyak pelumas, menambah kandungan deterjen, meningkatkan harga TBN dan sebagainya. Karena itu jika diinginkan menambah zat aditif pada

minyak pelumas maka harus diperhatikan dulu karakteristik minyak pelumas tersebut, misal kekentalan minyak kurang, maka dapat ditambahkan aditif untuk kekentalan, tapi yang perlu diperhatikan penambahan aditif ini tidak dapat memperbaiki kualitas minyak pelumas seperti pada kondisi baru.

Beberapa keunggulan oli mineral antara lain :

- a. Umur pemakaiannya lebih lama karena meningkatkan stabilitas *thermal* (VI tinggi) dan tahan oksidasi.
- b. Oli yang digunakan lebih sedikit, pemakaian filter awet, mengurangi pengeluaran.
- c. Mengurangi konsumsi oli karena volatilitasnya lebih rendah dan densitas lebih tinggi.
- d. Mempunyai spesifikasi yang dibutuhkan pemakai.
- e. Pengoperasiannya lebih aman karena flash pointnya lebih tinggi. Sehingga ongkos perawatan lebih rendah, penggantian spare part lebih sedikit.

2.4.2 Karakteristik Minyak Pelumas

Pelumasan mana yang cocok digunakan, perlu diketahui karakteristik minyak pelumas tersebut yang merupakan gambaran dari sifat-sifat minyak pelumas. Diantara sifat-sifat minyak pelumas yang penting diketahui adalah:

1. Viskositas

Semua jenis oli tersebut memiliki sifat kekentalan, yang diukur berdasar atas angka kekentalan kinematisnya, kekentalan kinematis pelumas diuji menggunakan metode uji dengan standar viskositas kinematis dinyatakan dalam centi stoke (cST).

Berdasarkan pada nilai viskositas kinematis tersebut dikelompokkan pada grade-grade tertentu dalam viskositas grade. Viskositas grade adalah angka yang menunjukkan tingkat kekentalan pelumas terhadap beberapa standard kekentalan oil yang dikeluarkan beberapa badan sebagai pedoman standar kekentalan pelumas.

2.Indek Viskositas (*viscosity Index*)

Merupakan ukuran dari laju perubahan kekentalan minyak pelumas terhadap perubahan temperatur. Indeks viskositas dinyatakan dengan angka 0 sampai 100 angka yang lebih kecil berarti minyak pelumas tersebut akan lebih cepat perubahan viskositasnya apabila temperaturnya berubah.

3.Titik Tuang (*Pour point*)

Titik Tuang Adalah temperatur tertinggi dimana minyak pelumas mulai membeku apabila temperaturnya diturunkan. Minyak pelumas yang digunakan pada temperatur rendah harus memiliki titik tuang yang rendah.

4.Titik Nyala (*Flash Point*)

Titik Nyala Adalah temperatur terendah dimana uap minyak pelumas akan terbakar apabila diberi sumber panas. Pembakaran akan berhenti apabila sumber panasnya dihilangkan. Minyak pelumas harus memiliki titik tuang yang rendah.

5.Titik Bakar (*Flash Point*)

Titik Bakar Adalah temperatur terendah dimana uap minyak pelumas akan terbakar dengan sendirinya dan terus terbakar walaupun tidak diberi sumber panas dari luar.

2.5 Zat Aditif Oli

Zat Aditif adalah senyawa kimia yang apabila ditambahkan ke dalam oli akan menaikkan unjuk kerja oli seperti yang diharapkan. Aditif ini dapat menentukan mutu oli yang akan digunakan karena dapat merubah sifat kimia maupun sifat fisik dari oli.

2.5.1 Karakteristik Zat Aditif

Ada beberapa karakteristik yang menjadi kriteria untuk dipilih tidaknya suatu zat aditif ditambahkan dalam oli, diantaranya :

1. Kelarutannya dalam base oil

Kelarutan dalam base oil adalah sifat yang utama yang harus dimiliki oleh zat aditif agar dihasilkan oli yang homogen.

2. Tidak larut dalam air

Aditif harus tidak larut dalam air, karena antara base oil dan air adalah dua larutan yang saling melarutkan (*immiscible*). Dengan tidak larutnya aditif dalam air, maka apabila oli tercampur dengan air maka komponen-komponen oli masih dapat dipertahankan.

3. Volatilitas

Kondisi operasi mesin yang akan dilumasi menuntut agar setiap komponen dalam oli tidak mudah menguap, baik karena panas maupun karena waktu.

4. Stabilitas

Aditif harus tetap stabil selama penyimpanan, selama *blending* maupun selama pelayanan di dalam mesin.

5. Compatibility

Aditif yang digunakan dalam satu jenis pelumas harus saling tidak bereaksi, karena hal ini akan mempengaruhi bahkan merusak unjuk kerja yang diharapkan.

6. Warna

Warna adalah indikator pertama yang dipakai pada pengujian *appearance*, sehingga warna aditif harus jernih dan stabil.

7. Fleksibilitas

Aditif yang multifungsi lebih diutamakan karena akan memiliki daya aplikasi sangat luas. Saat ini, aditif jenis inilah yang terus dikembangkan oleh pabrik pembuat zat aditif.

8. Bau

Aditif diharapkan tidak menimbulkan bau yang merangsang. Apabila terpaksa digunakan juga, maka bau aditif ini harus dihilangkan dengan menambahkan bahan penghilang bau tersebut.

2.5.2 Klasifikasi Zat Aditif Oli

Pembagian Aditif Pelumas Berdasarkan Fungsi dan Kinerja di bagi menjadi tiga jenis diantaranya :

1. Aditif Utama

a. Anti foam

Berfungsi untuk meminimalkan oli diakibatkan kinerja mesin terutama di poros engkol dan efek pemberian aditif *detergent*. Sehingga menghambat kinerja pelumasan mesin.

b. Anti *Oxidant*

Berfungsi menghentikan atau memperlambat reaksi kimia antara molekul hidrocarbon dalam pelumas dan oksigen dari udara. Oksidasi merupakan mekanisme utama yang bertanggung jawab pada kerusakan pelumas, berupa pembentukan endapan, *sludge*, and *corrosive wear* dan lain sebagainya mengakibatkan mengentalnya oli secara berlebihan

yang dapat mengakibatkan tertimbunnya oli yang mengental (*sludge*).

c. *Anti Wear*

Berfungsi mencegah panas yang berlebihan pada oli yang ditimbulkan dari gesekan antar logam pada mesin, sehingga oli tetap berfungsi sebagai pembawa dan penyebar panas mesin.

d. *Anti Corrosion*

Mencegah korosi dan karat akibat reaksi asam dan oksidasi udara dengan cara melapisi logam meskipun mesin dalam keadaan tidak bekerja.

e. *Detergent*

Sebagai pembersih dan penetralisir zat-zat yang berbahaya, membentuk lapisan pelindung pada permukaan logam, mencegah endapan, mengurangi timbulnya deposit, mengendalikan korosi serta membersihkan karbon sisa pembakaran agar karbon tidak menempel di komponen mesin.

f. *Dispersant*

Mengendalikan timbulnya lumpur yang terbentuk dari suhu rendah pada mesin bensin. Lumpur tersebut terbentuk dari campuran karbon, kumpulan hasil pembakaran, bahan bakar yang tidak terbakar dan air. *Dispersant* juga berfungsi sebagai pelindung agar jelaga (*sludge*) tidak menggumpal, dan mengendalikan peningkatan viskositas, menetralkan sisa pembakaran yang dapat mengakibatkan mengentalnya oli secara berlebihan.

2. *Viscosity Index Improver*

Aditif ini berfungsi menstabilkan kekentalan oli pada saat suhu mesin mulai tinggi, sehingga pelumas

tidak gampang encer pada suhu tinggi. oli yang mamakai aditif ini sering disebut oli multigrade.

3. *Oil Flow Improver*

Aditif ini berfungsi memperlancar aliran pelumas, terutama pada saat mesin start pagi hari. Sehingga mesin tidak mengalami kesulitan pada saat start.

2.6 Standarisasi Oli

2.6.1 SAE (*Society of Automotive Engineers*).

Definisi SAE menurut SAE Internasional adalah singkatan dari *Society of Automotive Engineer* sebagai identifikasi dari kekentalan oli. SAE sendiri adalah suatu asosiasi yang mengatur standarisasi di berbagai bidang seperti bidang rancang desain teknik dan manufaktur.

SAE ini adalah range tingkat kekentalan suatu pelumas seperti contoh: SAE 10W-40 ini menandakan produk ini range kinerja kekentalan pada keadaan dingin sampai panas adalah 10 sampai 40. Ada juga yang hanya menunjukkan satu range atau grade saja contoh SAE 20. Ada juga yang menggunakan range 2bh seperti SAE 20W-50 disebut oli multigrade. Huruf “W” pada 10W adalah singkatan Winter yang menunjukkan tingkat kekentalan 10 bahkan pada saat winter. Ada juga produk yang tanpa ada simbol W, Misalnya SAE 20-50, maka produk SAE 20W-50 lebih baik dari SAE 20-50 dilihat dari range kekentalan range suhu yang berbeda. semakin besar angka SAE berarti semakin kental produk tsb. Seperti SAE 10W-40 lebih encer dari SAE 20W-40AE 10W-40 ini menandakan produk ini range kinerja kekentalan pada keadaan dingin sampai panas adalah 10 sampai 40. Ada juga yang hanya menunjukkan satu range atau grade saja contoh SAE 20. kalo yang menggunakan range 2bh seperti SAE 20W-50 disebut oli multigrade. Ada juga produk yang tanpa

ada simbol “W”, misalnya SAE 20-50, maka produk SAE 20W-50 lebih baik dari SAE 20-50 dilihat dari range kekentalan range suhu yg berbeda. semakin besar angka SAE berarti semakin kental produk tsb. Seperti SAE 10W-40 lebih encer dari SAE 20W-40.

2.6.2 API (*American Petroleum Institute*)

API (*American Petroleum Institute*) adalah suatu grade yang didapat dari lembaga independent yang menentukan sejauh mana kualitas produk pelumas tersebut tentunya dengan seleksi yang ketat. Contoh : API SL. ini menunjukkan produk tersebut ditujukan untuk mesin berbahan bakar bensin karena huruf S pada SL, singkatan dari spark (Busi) sedangkan untuk mesin diesel ditunjukkan dengan huruf C (*compression*) seperti API CG dll. Sedangkan Huruf L pada SL menunjukkan kualitas produk tsb. semakin mendekati huruf Z maka semakin baik produk tsb. Contoh produk API SL lebih baik secara kualitas dari produk API SF. Sampai saat ini grade tertinggi pada pelumas di dunia adalah API SM. Dan perkembangan teknologi akan terus memicu peningkatan kualitas grade API tersebut. Tapi API bukan satu2nya lembaga yang mengeluarkan grade tersebut. Ada juga ILSAC (*International Lubricants Standarization & Approval Commitee*) seperti contoh ILSAC GF-2. Dan sampai saat ini yang tertinggi adalah ILSAC GF-4. Dan masih banyak lagi seperti JASO (*Japan Automotive Standard Association*), ACEA (*Association Des Constructeurs Europeens d' Automobiles*), DIN (*Deutsche Industrie Norm*).

2.7 Tribology (Oil Analysis)

Tribology adalah ilmu dan teknologi dari permukaan material yang berinteraksi satu sama lain dalam gerakan

relatif, atau ilmu yang terkait dengan gesekan, keausan dan pelumasan. Dua teknik utama yang digunakan untuk pemeliharaan prediktif : pelumas analisis minyak dan analisis partikel keausan. ^[3]

Fokus pelaksanaannya adalah mengamati dan menganalisa minyak pelumas. Untuk kondisi harian, analisa minyak pelumas dapat dimonitor dari kondisi seperti: laju aliran minyak pelumas, suhu, tekanan dan sebagainya. Sedangkan secara periodik adalah hasil analisa dari laboratorium seperti: viskositas, TAN, TBN, kadar air, titik nyala, titik beku, warna, sediment dan lain-lain. Dari hasil analisa, maka dapat ditentukan kapan penggantian atau treatment minyak pelumas dilakukan.

Standard-standard yang dipakai adalah:

- a. Ketentuan pabrik pembuat.
- b. Data sejarah atau riwayat mesin yang sejenis
- c. Data komisioning test pada awal operasi

Dalam metode oil analysis, terdapat beberapa hal yang perlu dianalisis antara lain :

1. Viskositas

Viskositas adalah ukuran yang menyatakan kekentalan suatu cairan atau fluida. Kekentalan merupakan sifat cairan yang berhubungan erat dengan hambatan untuk mengalir. Viskositas dapat didefinisikan sebagai kemampuan fluida untuk mengalir. Kekentalan adalah sifat dari suatu zat cair fluida disebabkan adanya gesekan antara molekul-molekul zat cair dengan gaya kohesi pada zat cair tersebut, gesekan-gesekan inilah yang menghambat aliran zat cair. Setiap zat cair mempunyai karakteristik yang khas, berbeda satu zat cair dengan zat cair yang lain. Oli mobil sebagai salah satu

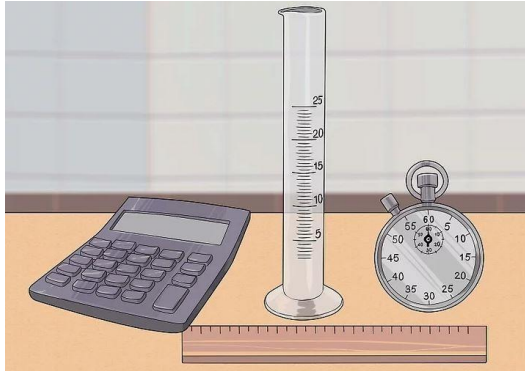
contoh zat cair dapat kita lihat lebih kental daripada minyak kelapa.

Kekentalan atau viskositas dapat dibayangkan sebagai peristiwa gesekan antara satu bagian dan bagian yang lain dalam fluida. Dalam fluida yang kental kita perlu gaya untuk menggeser satu bagian fluida terhadap yang lain. Alat yang digunakan untuk mengukur kekentalan suatu zat cair adalah viskosimeter. Ada beberapa penyebab nilai viskositas turun yaitu lama penggunaan (running hours) dan suhu (temperature). Semakin lama penggunaan oli maka nilai viskositas lama-kelamaan akan turun dan semakin tinggi suhu yang digunakan maka nilai viskositas lama-kelamaan akan turun.

1.1 Mengukur Viskositas secara Manual

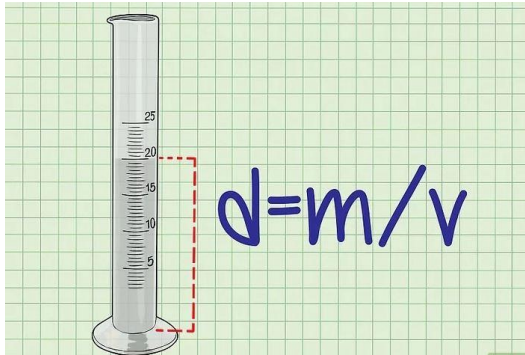
Adapun cara untuk menghitung viskositas cairan adalah:

- Siapkan alat dan bahan yang dibutuhkan adalah bola, labu ukur, penggaris, stopwatch, zat cair yang akan diukur viskositasnya, neraca, dan kalkulator. Bola yang digunakan bisa kelereng kecil atau bola baja. Pastikan diameternya tidak lebih besar dari separuh diameter silinder ukur supaya bisa dijatuhkan dengan mudah ke dalam silinder. Silinder ukur dalam wadah plastik yang memiliki tanda ukur pada dinding silinder, sehingga bisa digunakan untuk mengukur volume.



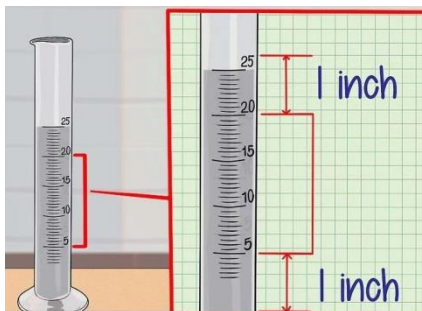
Gambar 2.5 Alat dan Bahan Perhitungan Viskositas

- Hitung densitas bola yang Anda gunakan. Densitas bola dan zat cair dibutuhkan untuk menghitung viskositas. Rumus densitas adalah $d=m/v$, d adalah densitas, m adalah massa objek, dan v adalah volume objek. Ukur massa bola dengan meletakkannya pada neraca. Catat massa bola dalam satuan (g). Tentukan volume bola dengan rumus $V= (4/3) \times \pi \times r^3$, V adalah volume, π adalah konstanta 3,14, dan r adalah jari-jari bola. Anda bisa menghitung jari-jari bola dengan mengukur keliling bola lalu membaginya dengan 2π .
- Tentukan densitas zat cair yang Anda ukur. Dengan menggunakan rumus densitas yang sama, selanjutnya Anda akan menghitung densitas zat cair yang diukur. Untuk menghitung volume zat cair, ukur saja zat cair yang Anda tuangkan ke dalam silinder ukur dengan menggunakan tanda ukur yang ada pada dinding silinder. Catat volumenya dalam satuan mililiter (mL)



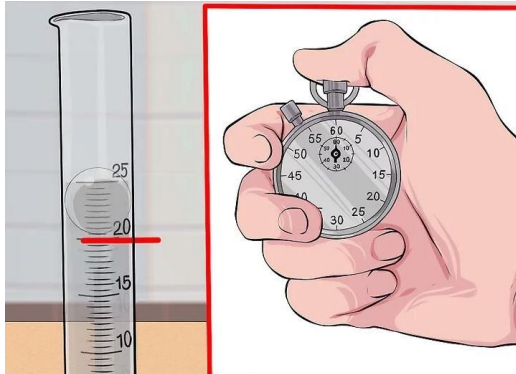
Gambar 2.6 Menentukan Densitas Zat Cair

- Isi silinder ukur dengan zat cair yang akan diukur viskositasnya, lalu tandai posisi pada puncak dan dasar silinder. Tuangkan zat cair Anda secara perlahan ke dalam silinder ukur sampai dengan sekitar setengah atau tiga perempatnya. Tandai bagian atas silinder sekitar 2,5 cm dari puncak zat cair. Buat tanda kedua sekitar 2,5 cm dari dasar silinder ukur. Ukur jarak antara tanda atas dan bawah. Letakkan dasar penggaris pada tanda dasar dan catat jaraknya ke tanda atas.



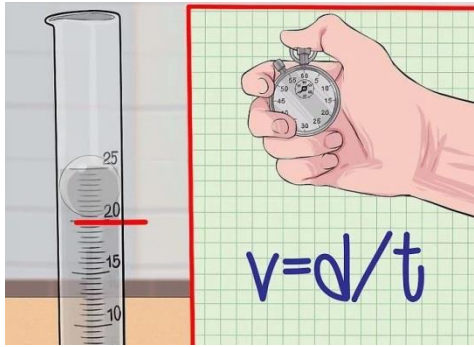
Gambar 2.7 Menandai Silinder ukur

- Catat waktu yang dibutuhkan bola untuk jatuh dari tanda atas ke tanda bawah. Jatuhkan bola ke dalam zat cair dan mulai stopwatch ketika dasar bola mencapai tanda di bagian atas silinder. Ketika bola tanda yang dibuat di dasar silinder, hentikan stopwatch Anda.



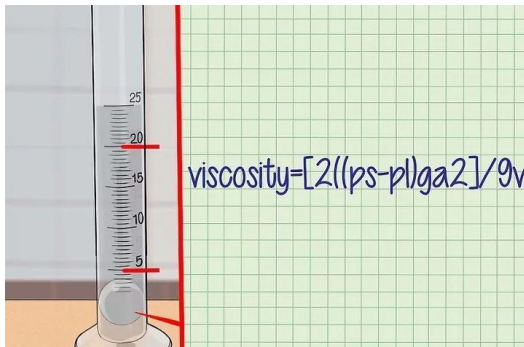
Gambar 2.8 Mencatat Waktu yang Diperlukan Bola untuk Jatuh Dari Tanda Atas ke Tanda Bawah

- Hitung kecepatan bola. Kecepatan adalah ukuran jarak yang ditempuh dalam waktu tertentu. Rumus kecepatan adalah $v=d/t$, v adalah kecepatan, d adalah jarak yang diukur, dan t adalah waktu yang dibutuhkan.



Gambar 2.9 Menghitung Kecepatan Bola

- Hitung kecepatan zat cair. Masukkan informasi yang sudah didapatkan ke dalam rumus viskositas: $\text{viskositas} = [2(\rho_s - \rho_l)ga^2]/9v$ (pa.s / N.s/m²), ρ_s adalah densitas bola (kg/m³), ρ_l adalah densitas zat cair (kg/m³), g adalah percepatan gravitas (a adalah nilai tetapan 9., m/s²), a adalah jari-jari bola (m) , dan v adalah kecepatan bola (m/s).



Gambar 2.10 Menghitung Kecepatan Zat Cair

2. TAN

Total Acid Number (TAN) atau Keasaman minyak adalah ukuran jumlah bahan asam atau asam-seperti dalam sampel minyak. *Total Acid Number* menunjukkan kondisi

oksidasi dari oil. Jika nilai TAN meningkat, menunjukkan *deterioration* (kerusakan) dan penurunan performance dari oil.

3. TBN

Total Base Number (TBN) adalah ukuran jumlah kadar basa (alkali) yang menetralkan kadar asam pada pelumas di engine oil. Hal ini sangat relevan dengan internal mesin pembakaran karena produk sampingan asam pembakaran yang dihasilkan saat bensin dan solar yang dibakar.^[4]

Dalam upaya untuk melawan efek korosif dari asam pada bagian-bagian mesin, maka ditambahkan additive kedalam pelumas yang bersifat basa. Additive khusus tersebut bertindak untuk menetralkan asam di mesin. Aditif yang biasa digunakan adalah kalsium sulfonat. Ada juga yang menggunakan magnesium sulfonat, fenol, dan salisilat.

4. Oksidasi

Oksidasi adalah reaksi berantai yang melanda sebuah oli sehingga sifat-sifat oli menjadi berubah. Perubahan tersebut antara lain: kekentalan, keasaman, warna, dan pada kasus terpaerah adalah munculnya deposit atau lumpur atau varnish. Penggunaan aditif antioksidan dapat mengurangi terjadinya proses oksidasi.

5. Nitrase

Nitrasi hasil dari pembakaran bahan bakar di mesin. Produk yang terbentuk adalah sangat asam, dan mereka dapat meninggalkan deposito di daerah pembakaran. Nitrase akan mempercepat oksidasi minyak. Analisis

inframerah digunakan untuk mendeteksi dan mengukur produk nitrase

6. Sulfonation

Sulphur yang terkandung di dalam fuel pada proses pembakaran akan teroksidasi dan membentuk gas SO_2 (sulphur dioksida), dan sebagian akan berubah menjadi gas SO_3 (sulphur trioksida) bila temperatur pembakaran turun secara cepat saat langkah ekspansi (power). Gas SO_3 ini mempunyai sifat dapat menurunkan titik embun dari uap air biarpun temperatur uap air masih tinggi sekali, dan selanjutnya gas SO_3 akan bereaksi dengan embun (moisture) dan membentuk asam sulfat (H_2SO_4) yang sangat korosif. Hubungan antara kandungan sulphur dalam fuel dengan nilai basa atau alkali (TBN). Nilai TBN menurun tajam bila kandungan sulphur semakin tinggi. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengetahui kandungan sulphur ketika pemilihan fuel yang layak digunakan.

3. Water Content

Air mempunyai kemampuan untuk melarutkan banyak zat-zat organik. Air sering terkandung dalam minyak mentah atau crude oil sebagai fasa cair bersama dengan minyak atau gas yang terlarut didalamnya. Air (H_2O) merupakan suatu senyawa yang tidak diinginkan keberadaannya dalam oli karena dapat menyebabkan: korosi pada permukaan logam, peningkatan oksidasi, menurunkan nilai viskositas.

4. Boron

Boron paling sering ditemukan sebagai kontaminan dari serangan air pendingin, beberapa gear dan oli mesin menggunakan boron untuk memberikan sifat anti aus dan deterjen. Ketika ditemukan sebagai aditif, umumnya ditemukan kurang dari 300 ppm.

5. Sodium

Sodium biasanya dianggap sebagai kontaminan, namun, natrium juga ditemukan sebagai aditif insidental sebagai hasil dari aditif garam logam. Dalam beberapa pelumas AW dan EP, natrium dapat ditemukan setinggi 100 ppm.

6. Tembaga

Tembaga biasanya ditemukan sebagai logam aus, namun beberapa pelumas memiliki paket anti aus berbasis tembaga. Pelumas ini umumnya memiliki tembaga kurang dari 300 ppm.

7. Zat Aditif

Aditif pelumas secara efektif memberikan karakter kemampuan yang dihasilkan dengan jelas tergantung dari komposisi chemical oil additive, design, penanganan dan lingkungan dimana mesin tersebut dilumasi. Jumlah faktor aditif pada jenis pelumas diharapkan diberikan pada banyak aplikasi berdasarkan minimal koefisien gesekan, *maximum film strength*, *physical stability* pada temperatur operasi dan *pressures*, *chemical stability* melawan *oxidation dan thermal decomposition*.

2.7.1 Cara Menggunakan Metode Oil Analysis

Berbagai teknologi dapat digunakan sebagai alat untuk melaksanakan program perawatan prediktif seperti :

1. Sampling

Peralatan Evaluasi Observing, merekam, dan tren peralatan operasi bersama dengan kondisi lingkungan, termasuk pembacaan suhu peralatan, yang diperlukan pada saat yang sama sebagai sampel pelumas diperoleh. Informasi ini digunakan dalam mengatasi masalah atau mendeteksi-akar penyebab anomali ditemukan.

2. Testing

Peralatan spesifik pengujian ditugaskan selama tahap pemeriksaan untuk memasok data yang dibutuhkan secara efektif guna melaporkan kesehatan pelumas dan peralatan. Pengujian ini harus dilakukan tanpa penundaan. Pemasangan alat-alat sensor pada bagian-bagian tertentu untuk dapat memantau kondisi peralatan sangat diperlukan. Pemantauan itu meliputi : vibrasi, temperatur, tekanan, laju aliran, korosi dan lain sebagainya.

3. Failure Data

Sampel data yang melaporkan kondisi abnormal atau alarm atau yang telah melampaui target membutuhkan pengujian lebih detail. Ini akan membantu menentukan penyebab akar anomali.

4. Data Entry

Data yang dicatat harus dipasang ke dalam sistem yang memungkinkan untuk tren dan referensi di masa mendatang sebagai *record*, bersama dengan peluang laporan generasi.

5. Baseline Data Review

Setelah semua tes yang dilakukan, data yang sistematis. Menggabungkan semua data untuk diperiksa sistem dengan pengalaman, maka akar penyebab kegagalan potensial dapat diketahui. Laporan yang dihasilkan harus mengandung semua hasil tes, bersama dengan daftar rekomendasi. Laporan ini harus mencakup frekuensi pengujian dan perbaikan yang diperlukan untuk membawa kondisi sekarang dari pelumas hingga kondisi operasi yang sesuai target diterima.

Beberapa manfaat dari melakukan program oil analysis adalah :

- Identifikasi keausan pada komponen mesin yang tidak terdeteksi dengan analisa vibrasi
- Identifikasi kebocoran pada sistem pelumasan
- Identifikasi adanya kontaminasi dalam minyak pelumas
- Memastikan apakah minyak pelumas masih layak

2.8 Pengaruh Running Hours Terhadap Viskositas Oli

Dengan beroperasinya mesin gas menyebabkan terjadinya gesekan secara terus menerus didalam mesin. Hal ini mengakibatkan molekul minyak pelumas menjadi terkikis. Sehingga viskositas akan semakin menurun dengan bertambahnya waktu operasi mesin, dengan tercampurnya bahan bakar ke dalam bak oli juga mengakibatkan viskositas oli menurun, sehingga ketika nilai viskositasnya kurang dari 50% dari viskositas oli baru maka oli tersebut waktunya diganti. (Booser, 1997)

2.9 Pengaruh Running Hours Terhadap Nilai TAN

Nilai Total Acid Number mengindikasikan berat dalam mg Potassium hydroxide (KOH) yang diperlukan untuk menetralkan asam yang terkandung dalam 1 gram oil pengujian, dan dinyatakan sebagai mgKOH atau g. Semakin lama waktu operasi mesin maka semakin tinggi nilai *Total Acid Number* (TAN) dalam oli tersebut.

2.10 Pengaruh Running Hours Terhadap Nilai TBN

Proses menghasilkan asam akan terus untuk berlangsung pada penggunaan mesin, sedangkan kemampuan oli mesin untuk menetralkan asam terbatas. Kadar TBN lama kelamaan akan menurun seiring meningkatnya waktu operasi dari mesin tersebut. Hal ini adalah salah satu alasan oli mesin perlu dibuang dan diganti dengan yang baru.

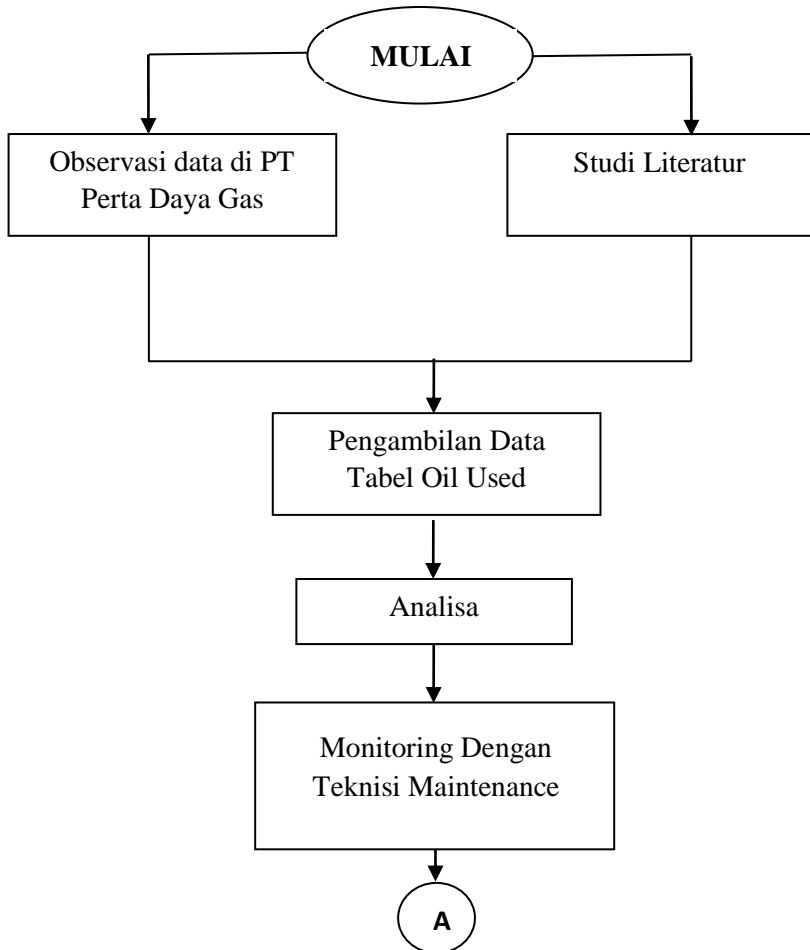
2.11 Pengaruh Oksidasi Terhadap Nilai Viskositas

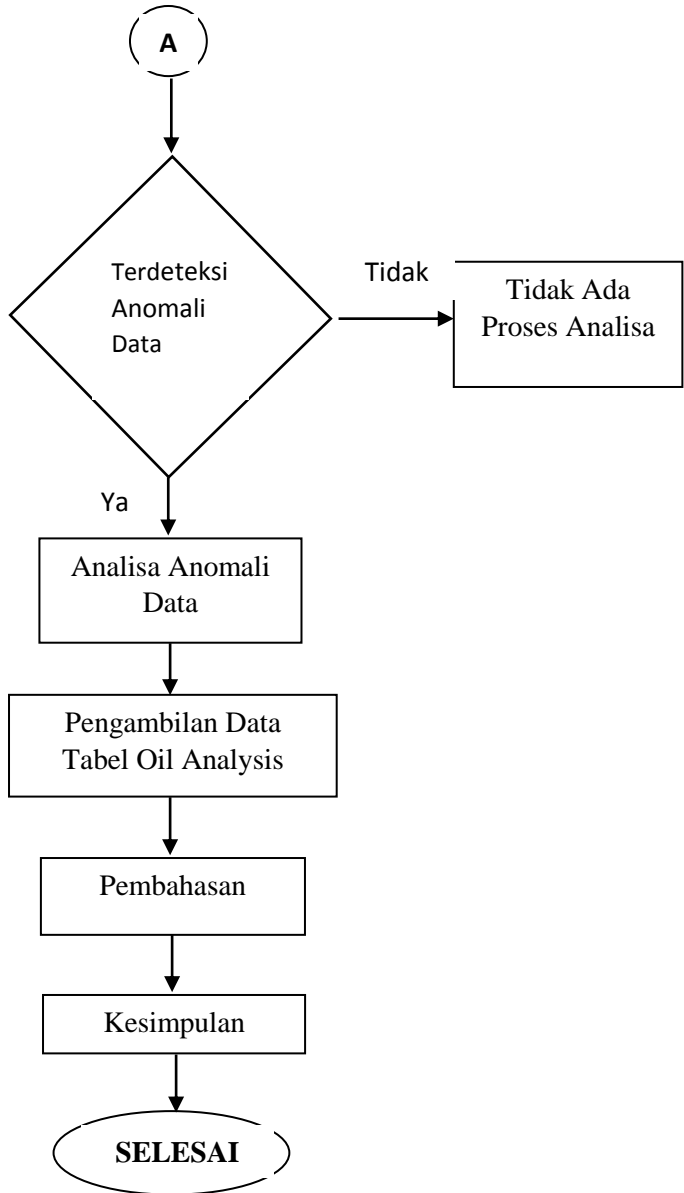
Disebutkan bahwa oksidasi terjadi karena reaksi oli dengan oksigen. Ini menyebabkan kekentalan oli meningkat dan terjadi pembentukan karat, sludge dan endapan. Aditif akan berkurang dan oli jadi rusak. Ketika oli mulai teroksidasi, oli juga makin asam. Karat dan korosi juga akan terjadi. Semakin tinggi nilai oksidasi maka akan tinggi juga nilai viskositas

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

Pengerjaan Tugas Akhir ini dilaksanakan dengan mengikuti diagram alir pengerjaan sebagai berikut:





Gambar 3.1 Flowchart Diagram

3.2 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Analisa

Waktu penelitian dilakukan ini dilakukan pada semester genap tahun ajaran 2019/2020 yaitu dalam pada bulan Oktober hingga November. Tempat pelaksanaan analisa ini dilakukan di PT Perta Daya Gas (Pelabuhan Tanjung Emas), Semarang, Jawa Tengah.

3.3 Kerangka Analisis

Kerangka analisis merupakan langkah-langkah yang dilakukan secara berurutan dari awal hingga akhir analisis, yang meliputi :

1. Studi literatur

Studi literature dilakukan untuk mendapatkan informasi dari literatur untuk menunjang untuk pelaksanaan pengujian.

2. Survey *Gas Engine*

Survey *Gas Engine* dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai kondisi terkini mesin gas engine dan parameter-parameter yang ada.

Beberapa aspek yang disurvei adalah level oli, level air, *air cleaner indicator*, suhu mesin, dan lain sebagainya

3. Pengambilan sampel oli mesin gas

Pengambilan sampel digunakan untuk pengujian viskositas kinematic, TAN, TBN, dan *Oxidant*. Sampel oli yang diuji adalah oli dengan waktu operasi 250 jam dan 500 jam

4. Pengujian *sample* oli di laboratorium Pertamina Lubricant.

5. Mengambil data hasil pengujian *sample* oli.

6. Menganalisa data *sample* oli dari Pertamina Lubricant.

Data hasil penelitian dihitung menggunakan rumus interpolasi, lalu dianalisis secara deskriptif dan menggunakan excel sederhana.

3.4 Bahan dan Alat Uji Sampling oli

Pada metode uji Oil sampling ini digunakan beberapa bahan dan alat pendukung untuk menguji minyak pelumas, antara lain:

1. Oli NG Lube LL (*Long Life*) SAE 40

Pelumas mesin gas yang bermutu tinggi cocok digunakan untuk mesin-mesin jenis compression ignition dan spark ignited yang menggunakan bahan bakar gas alam.



Gambar 3.2 Tangki Oli NG Lube SAE 40



Gambar 3.3 Pengambilan Sampel Oli Dari Tangki

2. Viscometer

Digunakan untuk mengukur kekentalan minyak pelumas. Mengukur dan mengetahui nilai kekentalan minyak pelumas sangatlah penting dalam memastikan kondisi sistem pelumasan. Nilai kekentalan merupakan parameter yang sangat penting dari pelumas. Minyak pelumas dengan nilai kekentalan yang tepat dapat menghasilkan lapisan film pelumas yang kuat pada bantalan, meminimalkan resiko gesekan dan kebocoran.



Gambar 3.4 Viscometer

3. Smart Titrator (TAN Analyzer & TBN Analyzer)

Digunakan untuk analisis dan mengukur nilai Total Acid Number (TAN) dan Total Base Number (TBN) dari sampel oli.



Gambar 3.5 PAT940 SMART TITRATOR

4. FTIR *Machine*

Digunakan untuk mengukur *oxidant* dari minyak pelumas. Merupakan teknik yang digunakan untuk mendapatkan spektrum inframerah dari penyerapan atau emisi zat padat, cair atau gas. Spektrometer FTIR secara bersamaan mengumpulkan data resolusi spektral tinggi pada rentang spektral yang luas. Ini memberikan keuntungan yang signifikan dibandingkan spektrometer dispersif, yang mengukur intensitas pada rentang panjang gelombang yang sempit pada suatu waktu.



Gambar 3.6 FTIR *Machine*

4. Wadah Sampel Oli

Digunakan untuk menaruh sampel oli



Gambar 3.7 Wadah Sampel Oli



Gambar 3.8 Oli Baru dan Oli Bekas

5. Label Sampel Oli

Digunakan untuk melabelkan sampel oli

OIL CLINIC		INDUSTRIAL EQUIPMENT OIL CONDITION MONITORING		PERTAMINA LUBRICANTS	
1. CUSTOMER NAME	PT. PERTA DAYA GAS				
2. AREA NAME	ONG PLANT TAMBAK LOROK				
3. EQUIPMENT DESCRIPTION:	<input type="checkbox"/> GAS COMPRESSOR (K101 / K102 / K103 / K104 / K105 / K106 / K107 / K108 / K109 / K110) <input type="checkbox"/> GAS ENGINE GENERATOR (GEGENAR / GEGENOR) <input type="checkbox"/> AIR COMPRESSOR (CORA / C200 / C300)				
4. COMPONENT	<input type="checkbox"/> GAS ENGINE <input type="checkbox"/> GAS RECIPROCATING COMPRESSOR <input type="checkbox"/> AIR SCREW COMPRESSOR				
5. EQUIPMENT OPERATING TEMPERATURE	_____ °C				
6. LUBRICANT	<input type="checkbox"/> NO LUBE 40 LI <input type="checkbox"/> CL LUBE 40 LI				
7. OIL SERVICE HOURS (HOURS)	_____		EQUIPMENT SERVICE (RUNNING) HOURS _____		
8. TOPPING BARREL OF	_____ LITERS				
9. DATE SAMPLED:	PERIOD SAMPLED _____				

Gambar 3.9 Label Sampel Oli



Gambar 3.10 Wadah Sampel Oli Berlabel

6 Spet Injeksi

Digunakan untuk mengambil sampel oli dari *gas engine*



Gambar 3.11 Spet Injeksi

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai data-data hasil *Oil Analysis* pada *Gas Engine Compresor PT Perta Daya Gas*. Hasil tersebut berupa hasil *oil used analysis*, analisa anomali data, standard of oil used analysis inspection, hasil analisa keadaan setiap gas engine (K-101, K-102, K-103, K-104, K-105, dan K-106), penentuan kelayakan oli berdasarkan parameter oli yang ada, penyebab pergantian siklus pergantian oli dan solusi permasalahan gas engine yang keadaanya kurang sesuai PT. Perta Daya Gas Semarang memiliki 10 unit *Gas Engine Compresor* dan 2 unit *Gas Engine Generator* yang menggunakan gas alam sebagai bahan bakarnya.

4.1 Hasil *oil used analysis*

Pengambilan data *oil used analysis* digunakan untuk memonitoring kondisi suatu pelumasan mesin atau peralatan guna mengetahui apakah keadaan mesin itu masih layak untuk digunakan atau *part* itu harus diperbaiki ataupun diganti. Berikut adalah hasil *predictive maintenance* dengan mengambil data *oil used analysis* dari *Gas Engine* di PT. Perta Daya Gas. Data hasil test uji karakteristik dapat ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

4.1.1. Hasil Oil Used Analysis pada mesin K-101

Tabel 4.1 Gas Engine K-101 pada Running Hours Oli 500 Jam

OIL SAMPLE 500 JAM						
K-101						
NO	Running Hours Mesin	TAN < 1.82 MgKOH /g	TBN > 2.8 MgKOH/g	Visco at 100 ⁰ C 11.84 - 17.76 cST	Visco at 40 ⁰ C 113.8 - 170.6 cST	Oxidation < 0.25 A/0.1 mm
1	4688	4.37	3.08	14.1	128.5	0.17
2	8182	2.04	3.01	14.36	130.2	0.11
3	8637	1.98	3.48	13.99	124.3	0.11
4	9137	1.87	4.16	13.84	123.6	0.11
5	9524	1.05	4.26	13.87	126.6	0.08
6	10153	2.25	2.82		141.3	0.22
7	10694	2.34	2.71	14.59	135.2	0.14
8	10987	2.02	3.26	14.35	131.7	0.11
9	11602	2.23	2.83	14.71	134.9	0.12

Tabel 4.2 Gas Engine K-101 pada Running Hours Oli 250 Jam

OIL SAMPLE 250 JAM						
K-101						
NO	Running Hours Mesin	TAN < 1.82 MgK OH/g	TBN > 2.8 MgKO H/g	Visco at 100 ⁰ C 11.84 - 17.76 cST	Visco at 40 ⁰ C 113.8 - 170.6 cST	Oxidation < 0.25 A/0.1 mm
1	13312	1.3	4.53		129.4	0.09
2	13442	1.31	4.83		126.5	0.06
3	13599	0.98	5	13.25	119.6	0.06
4	14105	2.33	3.19	14.87	139.6	0.22
5	14250	1.22	4.57	13.84	128.3	0.07
6	14563	2.13	4.14	14.27	133.1	0.1
7	15041	2.58	4.96	12.36	133.5	0.09

4.1.2. Hasil Oil Used Analysis pada mesin K-102

Tabel 4.3 Gas Engine K-102 pada Running Hours Oli 500 Jam

OIL SAMPLE 500 JAM						
K-102						
NO	Running Hours Mesin	TAN < 1.82 MgKO H/g	TBN > 2.8 MgKO H/g	Visco at 100 ⁰ C 11.84 - 17.76 cST	Visco at 40 ⁰ C 113.8 - 170.6 cST	Oxidation < 0.25 A/0.1 mm
1	4392	2.06	4.57	13.77	122.3	0.07
2	4622	2.57	3.26	14.19	127.2	0.08
3	5219	2.44	4.71	13.44	120.1	0.17
4	6122	3.95	4.36	13.92	126.3	0.13
5	6210	2.51	3.83	14.16	128.4	0.16
6	6944	2.45	3.13	13.6	126	0.18
7	9009	2.51	3.58	14.3	130.2	0.14
8	9564	2.62	2.48	14.477	134.8	0.18
9	9605	2.52	2.67	14.34	132.9	0.16
10	9889	2.48	3.21	14	125.9	0.13
11	10369	2.74	2.48	14.51	133.8	0.16
12	11048	3.81	1.49	15.48	148	0.28
13	11551	2.43	3.18	14.7	136.5	0.12

Tabel 4.4 Gas Engine K-102 pada Running Hours Oli 250 Jam

OIL SAMPLE 250 JAM						
K-102						
NO	Running Hours Mesin	TAN < 1.82 MgKO H/g	TBN > 2.8 MgKO H/g	Visco at 100 ^o C 11.84 - 17.76 cST	Visco at 40 ^o C 113.8 - 170.6 cST	Oxidation < 0.25 A/0.1 mm
1	12930	1.29	4.39		153.9	0.37
2	13762	2.36	4.59	14.03	129.9	0.07
3	14179	1.93	4.82	14.01	129.2	0.07

4.1.3. Hasil Oil Used Analysis pada mesin K-103

Tabel 4.5 Gas Engine K-103 pada Running Hours Oli 500 Jam

OIL SAMPLE 500 JAM						
K-103						
NO	Running Hours Mesin	TAN < 1.82 MgK OH/g	TBN > 2.8 MgK OH/g	Visco at 100 ^o C 11.84 - 17.76 cST	Visco at 40 ^o C 113.8 - 170.6 cST	Oxidation < 0.25 A/0.1 mm
1	5008	2.43	5.4	13.13	118.1	0.08
2	6996	3.39	5.09		129.8	0.16
3	9444	1.91	2.48	15.28	144.9	0.26
4	10031	3.12	2.51	15.49	147.9	0.27
5	10263	1.53	3.17	14.46	134.8	0.17
6	10279	1.42	3.05	14.09	127.1	0.12
7	10775	0.83	4.55	13.76	123.9	0.07
8	11004	1.6	3.5	14.25	131	0.1
9	11550	2.32	3.07	14.43	133	0.12
10	11744	2.62	2.03	16.05	156.8	0.28

Tabel 4.6 Gas Engine K-103 pada Running Hours Oli 250 Jam

OIL SAMPLE 250 JAM						
K-103						
NO	Running Hours Mesin	TAN < 1.82 MgK OH/g	TBN > 2.8 MgKO H/g	Visco at 100 ⁰ C 11.84 - 17.76 cST	Visco at 40 ⁰ C 113.8 - 170.6 cST	Oxidation < 0.25 A/0.1 mm
1	13292	1.83	4.79	13.73	127.3	0.05
2	13436	1.86	5.03	13.81	126.2	0.07
3	14123	1.86	4		137.3	0.2
4	14301	1.33	4.73	14.05	129.8	0.07
5	14743	2.92	3.66	14.57	135.8	0.12
6	15022	2.88	3.76	14.25	131.6	0.09
7	15275	2.86	4.18	14.14	130.6	0.09

4.1.4. Hasil Oil Used Analysis pada mesin K-104

Tabel 4.7 Gas Engine K-104 pada Running Hours Oli 500 Jam

OIL SAMPLE 500 JAM						
K-104						
NO	Running Hours Mesin	TAN < 1.82 MgKO H/g	TBN > 2.8 MgK OH/g	Visco at 100 ^o C 11.84 - 17.76 cST	Visco at 40 ^o C 113.8 - 170.6 cST	Oxidation < 0.25 A/0.1 mm
1	4361	2.21	4.51	13.83	122.9	0.07
2	6119	2.89	4.8		119.9	0.15
3	6237	3.85	4.33	13.67	122.4	0.12
4	6961	4.91	3.93	13.81	124.5	0.14
5	10052	2.62	2.36	14.36	131.4	0.15
6	10450	2.45	2.81	14.38	130.9	0.15
7	10811	2.47	2.81	14.5	131.4	0.14
8	11357	2.94	2.16	15.04	141.7	0.2
9	11731	2.58	2.89	14.87	138.4	0.16
10	12175	2.37	3.83	15.44	144.4	0.14
11	12684	2.27	3.32	14.81	135.4	0.12
12	13577	2.39	3.89	14.44	135	0.1

Tabel 4.8 Gas Engine K-104 pada Running Hours Oli 250 Jam

OIL SAMPLE 250 JAM						
K-104						
NO	Running Hours Mesin	TAN < 1.82 MgK OH/g	TBN > 2.8 MgK OH/g	Visco at 100 ⁰ C 11.84 - 17.76 cST	Visco at 40 ⁰ C 113.8 - 170.6 cST	Oxidation < 0.25 A/0.1 mm
1	14773	1.81	3.88		159.3	0.54
2	15684	2.52	3.32	14.62	140.7	0.13
3	15718	0.96	4.92	13.68	124.9	0.05
4	16102	3.12	3.95	14.29	133.6	0.1
5	16171	1.51	4.9	13.27	118.4	0.01
6	16553	1.91	4.19	14.47	135.4	0.11

4.1.5. Hasil Oil Used Analysis pada mesin K-105

Tabel 4.9 Gas Engine K-105 pada Running Hours Oli 500 Jam

OIL SAMPLE 500 JAM						
K-105						
NO	Running Hours Mesin	TAN < 1.82 MgKO H/g	TBN > 2.8 MgK OH/g	Visco at 100 ⁰ C 11.84 - 17.76 cST	Visco at 40 ⁰ C 113.8 - 170.6 cST	Oxidation < 0.25 A/0.1 mm
1	4197	2.34	4.04	14.28	129.2	0.1
2	4913	3.46	4.07	12	130.6	0.19
3	5049	3.92	3.55	15.04	141.2	0.29
4	6534	4.86	2.29	14.69	141.7	0.29
5	6697	3.89	3.01	14.09	127.7	0.16
6	7351	1.42	5.97	13.18	114.1	0.04
7	7511	7.86	2.7	16.3	158.3	0.44
8	9511	4.68	1.4	16.08	156.8	0.35
9	11028	1.79	3.73	14.31	130.6	0.11
10	11551	2.34	3.17	14.56	132.9	0.11

Tabel 4.10 Gas Engine K-105 pada Running Hours Oli 250 Jam

OIL SAMPLE 250 JAM						
K-105						
NO	Running Hours Mesin	TAN < 1.82 MgK OH/g	TBN > 2.8 MgK OH/g	Visco at 100 ⁰ C 11.84 - 17.76 cST	Visco at 40 ⁰ C 113.8 - 170.6 cST	Oxidation < 0.25 A/0.1 mm
1	12845	1.79	4.91	13.84	127.2	0.08
2	13298	2.38	3.03	14.61	136.2	0.14
3	13353	2.11	4.96	13.79	127.3	0.08
4	13800	3.12	4.03	13.48	122.2	0.11

4.1.6. Hasil Oil Used Analysis pada mesin K-106

K-106

Tabel 4.11 Gas Engine K-106 pada Running Hours Oli 500 Jam

OIL SAMPLE 500 JAM						
K-106						
NO	Running Hours Mesin	TAN < 1.82 MgK OH/g	TBN > 2.8 MgK OH/g	Visco at 100 ⁰ C 11.84 - 17.76 cST	Visco at 40 ⁰ C 113.8 - 170.6 cST	Oxidation < 0.25 A/0.1 mm
1	3768	1.36	5.19	13.61	119.9	0.03
2	3984	1.27	4.8	13.74	121.7	0.07
3	6492	4.23	3.41	14.09	127.7	0.13
4	6941	4.26	4.45	13.49	120.1	0.14
5	7018	1.32	5.8	12.97	113.6	0.04
6	8908	1.85	3.11	13.98	129.3	0.09
7	9561	1.8	3.38	13.92	125.8	0.1
8	9827	1.31	3.19	14.25	130.6	0.1
9	10368	2.5	2.58	14.68	136.6	0.18
10	11710	2.28	3.19	14.51	131.3	0.11
11	12000	1.64	3.78	14.22	130.2	0.08
12	12192	4.91	1.31	15.27	145.6	0.27

Tabel 4.12 Gas Engine K-106 pada Running Hours Oli 250 Jam

OIL SAMPLE 250 JAM						
K-106						
NO	Running Hours Mesin	TAN < 1.82 MgK OH/g	TBN > 2.8 MgK OH/g	Visco at 100 ⁰ C 11.84 - 17.76 cST	Visco at 40 ⁰ C 113.8 - 170.6 cST	Oxidation < 0.25 A/0.1 mm
1	13463	2.33	4.85	14.39	134.4	0.07
2	14106	2.27	3.91	14.56	135.8	0.11
3	14162	1.21	5.3	14.01	129	0.04
4	14360	1.03	4.59	13.92	128.5	0.08
5	14438	1.97	5.14	13.98	128.7	0.07

4.2 Analisa Anomali Data

Pada *Gas Engine* K-105 ketika *Oil Sample* 500 jam terdapat Anomali data di nomor 4 sampai dengan nomor 7.

Pada *Gas Engine* K-105 ketika *Oil Sample* 500 jam di nomor 4 dan nomor 5

Tabel 4.13 Anomali Data Pada K-105 di Nomor 4 Dan Nomor 5

OIL SAMPLE 500 JAM						
K-105						
NO	Running Hours Mesin	TAN < 1.82 MgKO H/g	TBN > 2.8 MgKO H/g	Visco at 100 ^o C 11.84 - 17.76 cST	Visco at 40 ^o C 113.8 - 170.6 cST	Oxidation < 0.25 A/0.1 mm
4	6534	4.86	2.29	14.69	141.7	0.29
5	6697	3.89	3.01	14.09	127.7	0.16

Dari Tabel tersebut dapat dilihat terjadi Anomali Data yang dimana Running Hours Mesin K-105 pada nomor 4 ke nomor 5 baru berjalan kurang dari 500 jam atau lebih tepatnya 163 jam terjadi penurunan dan kenaikan disetiap parameter oli. Terlihat pada parameter TAN yang mengalami penurunan dan parameter TBN yang mengalami kenaikan dikarenakan adanya penambahan oli pada *Gas Engine* tersebut yang bertujuan untuk menyeimbangkan kembali keadaan TAN dan TBN agar masih bisa dipakai kembali untuk produksi.

Sedangkan pada *Gas Engine* K-105 ketika Oil Sample 500 jam di nomor 6 dan nomor 7

Tabel 4.14 Anomali Data Pada K-105 di Nomor 6 Dan Nomor 7

OIL SAMPLE 500 JAM						
K-105						
NO	Running Hours Mesin	TAN < 1.82 MgKOH /g	TBN > 2.8 MgKO H/g	Visco at 100 ⁰ C 11.84 - 17.76 cST	Visco at 40 ⁰ C 113.8 - 170.6 cST	Oxidati on < 0.25 A/0.1 mm
6	7351	1.42	5.97	13.18	114.1	0.04
7	7511	7.86	2.7	16.3	158.3	0.44

Dari Tabel tersebut dapat dilihat terjadi Anomali Data yang dimana Running Hours Mesin K-105 pada nomor ke nomor 7 baru berjalan kurang dari 500 jam atau lebih tepatnya 160 jam terjadi kenaikan pada viskositas adapun salah satu yang menyebabkan kenaikan viskositas dikarenakan adanya kenaikan pada oxidant yang membuat viskositas juga ikut mengalami kenaikan.

4.3 Standard of Oil Used Analysis Inspection

Dengan mengetahui kondisi yang terjadi di pelumasan *Gas Engine* tersebut kita bisa menganalisa anomali yang terjadi dan faktor apa yang menyebabkan terjadinya anomali pada material tersebut.

Setelah dilakukan pengambilan data uji minyak pelumas, maka akan terlihat beberapa hasil yang melebihi batas normal, kemudian dibandingkan dengan tabel tindakan *oil used analysis* standard ASTM (American Society for Testing and Materials). Setelah itu barulah kita membuat sebuah Hasil Analisa keadaan setiap *Gas Engine* (K-101,K-102,K-103,K-104,K-105,K-

106) agar dapat diketahui umur kelayakan oli ketika pada keadaan *Gas Engine* tersebut dan mampu menentukan tindakan yang tepat dalam pencegahan terjadinya keadaan terburuk dalam *Gas Engine* tersebut.

Tabel 4.15 Spesifikasi Oli Baru Dari Pertamina Lubricants

OLI BARU				
TAN < 1.82 MgKOH/g	TBN > 2.8 MgKOH/g	Visco at 100 ^o C 11.84 - 17.76 cST	Visco at 40 ^o C 113.8 - 170.6 cST	Oxidation < 0.25 A/0.1 mm
0.96	4.89	13.55	125	0

Tabel 4.16 Spesifikasi Batasan Oli Dari Pertamina Lubricants

PERTAMINA LUBRICANTS				
TAN < 1.82 MgKOH/g	TBN > 2.8 MgKOH/g	Visco at 100 ^o C 11.84 - 17.76 cST	Visco at 40 ^o C 113.8 - 170.6 cST	Oxidation < 0.25 A/0.1 mm
5.62 (MAX)	2.32 (MIN)	10.845 (MIN)	78.39 (MIN)	0.25 (MAX)
		18.075 (MAX)	162.81 (MAX)	

4.4 Hasil Analisa Keadaan Setiap *Gas Engine* (K-101,K-102,K-103,K-104,K-105,K-106)

Tabel 4.17 Hasil Analisa Keadaan *Gas Engine* Berpedoman dari Oli Baru Pertamina Lubricants

		500				
		AVERAGE				
MESIN	PERINGKAT AT	TAN < 1.82 MgKOH/g	TBN > 2.8 MgKOH /g	Visco at 100 ⁰ C 11.84 - 17.76 cST	Visco at 40 ⁰ C 113.8 - 170.6 cST	Oxidation < 0.25 A/0.1 mm
K-101	2	2.24	3.29	14.23	130.70	0.13
K-102	3	2.70	3.30	14.22	130.18	0.15
K-103	4	2.12	3.49	14.55	134.73	0.16
K-104	5	2.83	3.47	14.47	131.53	0.14
K-105	6	3.66	3.39	14.45	136.31	0.21
K-106	1	2.39	3.68	14.06	127.70	0.11

Dari tabel hasil analisa tersebut dapat dilihat keadaan setiap *Gas Engine* dari peringkat yang didapatkan oleh masing-masing *Gas Engine* . Semakin besar peringkat yang didapatkan maka semakin buruk keadaan *Gas Engine* tersebut begitu juga sebaliknya semakin kecil peringkat yang didapatkan maka semakin baik keadaan *Gas Engine* tersebut. Dalam table tersebut *Gas Engine* K-105 termasuk dalam keadaan yang terburuk sedangkan *Gas Engine* K-106 termasuk dalam keadaan yang terbaik.

4.5 Perhitungan Kelayakan Oli Berdasarkan TBN

Total Base Number dianggap tidak layak pakai jika nilainya kurang dari 2.32 (Pertamina Lubricants) seperti yang tertera pada sub bab 4.2 . Alasan yang menjadikan TBN sebagai dasar perhitungan kelayakan oli adalah banyaknya

penyimpangan yang terjadi pada TBN di *Running Hours* Oli 500 jam pada saat kondisi terburuk.

Tabel 4.18 Kondisi Gas Engine dengan Nilai Parameter Terburuk pada Running Hours Oli 500 jam

	500				
	MAX	MIN	MIN	MIN	MAX
MESIN	TAN < 1.82 MgKOH /g	TBN > 2.8 MgKOH /g	Visco at 100° C 11.84 - 17.76 cST	Visco at 40° C 113.8 - 170.6 cST	Oxidation < 0.25 A/0.1 mm
K-101	4.37	2.71	13.84	123.6	0.22
K-102	3.95	1.49	13.44	120.1	0.28
K-103	3.39	2.03	13.13	118.10	0.28
K-104	4.91	2.16	13.67	119.9	0.20
K-105	7.86	1.4	12	114.1	0.44
K-106	4.91	1.31	12.97	113.6	0.27

Tabel 4.19 Kondisi Gas Engine dengan Nilai Parameter Terburuk pada Running Hours Oli 250 jam

	250				
	MAX	MIN	MIN	MIN	MAX
MESIN	TAN < 1,82 MgKOH /g	TBN > 2,8 MgKOH /g	Visco at 100° C 11,84 – 17,76 cST	Visco at 40° C 113,8 – 170,6 cST	Oxidation < 0,25 A/0,1 mm
K-101	2,58	3,19	12,36	119,6	0,22
K-102	2,36	4,39	14,01	129,2	0,37
K-103	2,92	3,66	13,73	126,20	0,20
K-104	3,12	3,32	13,27	118,4	0,54
K-105	3,12	3,03	13,48	122,2	0,14
K-106	2,33	3,91	13,92	128,5	0,11

Besarnya waktu layak pakai (x) dapat dihitung dengan menggunakan interpolasi. Asumsi : (TBN) tidak layak pakai ketika nilai total base number $\leq 2,32$ (Pertamina Lubricants)

Tabel 4.20 Interpolasi TBN K-105

K-105		
No	Running Hours Oli	Nilai TBN
1	250 jam	3,03 MgKOH/g
2	?	2,32 MgKOH/g
3	500 jam	1,4 MgKOH/g

$$\frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1} = \frac{BN_2 - BN_1}{BN_3 - BN_1}$$

$$\frac{x - 250}{500 - 250} = \frac{2,32 - 3,03}{14 - 3,03}$$

$$\frac{x - 250}{250} = \frac{-0,71}{-1,63}$$

$$x - 250 = 250 (0,435)$$

$$x = 250 + 108,89$$

$$= 358.89 \text{ jam}$$

Dari hasil interpolasi TBN Gas Engine K-105 didapatkan kelayakan pakai TBN pada Running Hours Oli 358,89 jam. Alasan menggunakan Gas Engine K-105 dan Parameter TBN sebagai dasar dalam menentukan kelayakan pakai oli dikarenakan Gas Engine K-105 berada di peringkat terakhir dalam (Tabel 4.17) sehingga hasil perhitungan dari Gas Engine K-105 dapat dibuat sebagai acuan maksimal dalam operasi semua mesin. Sedangkan Parameter TBN dipilih sebagai salah satu acuan dalam menentukan keadaan Parameter lain dikarenakan pada Running Hours Oli 500 jam (Tabel 4.18) di semua mesin hanya parameter TBN yang mempunyai jumlah penyimpangan terbanyak dibandingkan dengan parameter lain dengan melihat pedoman batasan dari Pertamina Lubricants (Tabel 4.16). Sehingga umur kelayakan pakai oli pada Running Hours Oli 358,89 jam.

4.6 Perhitungan Gas Engine K-105 di Semua Parameter

TAN

Tabel 4.21 Interpolasi TAN K-105

K-105		
No	Running Hours Oli	Nilai TAN
1	250 jam	3,12 MgKOH/g
2	358,89 jam	?
3	500 jam	7,86 MgKOH/g

$$\frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1} = \frac{AN_2 - AN_1}{AN_3 - AN_1}$$

$$\frac{358,89 - 250}{500 - 250} = \frac{y - 3,12}{7,86 - 3,12}$$

$$\frac{108,89}{250} = \frac{y - 3,12}{4,74}$$

$$0,43 \times 4,74 = y - 3,12$$

$$y = 2,06 + 3,12$$

$$y = 5,18 \text{ MgKOH/g}$$

Viskositas 100°C

Tabel 4.22 Interpolasi Visco 100°C K-105

K-105		
No	Running Hours Oli	Nilai Visco at 100°C
1	250 jam	13,48 cST
2	358,89 jam	?
3	500 jam	12 cST

$$\frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1} = \frac{\text{Visco}_2 - \text{Visco}_1}{\text{Visco}_3 - \text{Visco}_1}$$

$$\frac{358,89 - 250}{500 - 250} = \frac{y - 13,48}{12 - 13,48}$$

$$\frac{108,89}{250} = \frac{y - 13,48}{-1,48}$$

$$0,43 \times (-1,48) = y - 13,48$$

$$y = (-0,63) + 13,48$$

$$y = 12,84 \text{ cST}$$

Viskositas 40°C

Tabel 4.23 Interpolasi Visco 40°C K-105

K-105		
No	Running Hours Oli	Nilai Visco at 40°C
1	250 jam	122,2 cST
2	358,89 jam	?
3	500 jam	114,1 cST

$$\frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1} = \frac{\text{Visco}_2 - \text{Visco}_1}{\text{Visco}_3 - \text{Visco}_1}$$

$$\frac{358,89 - 250}{500 - 250} = \frac{y - 122,2}{114,1 - 122,2}$$

$$\frac{108,89}{250} = \frac{y - 122,2}{-8,1}$$

$$0,43 \times (-8,1) = y - 122,2$$

$$y = (-3,48) + 122,2$$

$$y = 118,71 \text{ cST}$$

Oxidant

Tabel 4.24 Interpolasi Oxidant K-105

K-105		
No	Running Hours Oli	Nilai Oxidation
1	250 jam	0,14 A/0,1 mm
2	358,89 jam	?
3	500 jam	0,44 A/0,1 mm

$$\frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1} = \frac{Oxi_2 - Oxi_1}{Oxi_3 - Oxi_1}$$

$$\frac{358,89 - 250}{500 - 250} = \frac{y - 0,14}{0,44 - 0,14}$$

$$\frac{108,89}{250} = \frac{y - 0,14}{0,3}$$

$$0,43 \times (0,3) = y - 0,14$$

$$y = (0,12) + 0,14$$

$$y = 0,26 \text{ A/0,1 mm}$$

Sehingga hasil akhir perhitungan K-105 di semua parameter pada Running Hours Oli 358,89 jam adalah

Tabel 4.25 Hasil Interpolasi Gas Engine K-105

HASIL INTERPOLASI K-105 PADA RHO 358,89 JAM				
TAN < 1.82 MgKOH/g	TBN > 2.8 MgKOH/g	Visco at 100 ⁰ C 11.84 - 17.76 cST	Visco at 40 ⁰ C 113.8 - 170.6 cST	Oxidation < 0.25 A/0.1 mm
5,18	2,32	12,84	118,71	0,26

4.7 Perhitungan Gas Engine K-106 di Semua Parameter TAN

Tabel 4.26 Interpolasi TAN K-106

K-106		
No	Running Hours Oli	Nilai TAN
1	250 jam	2,33 MgKOH/g
2	358,89 jam	?
3	500 jam	4,91 MgKOH/g

$$\frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1} = \frac{AN_2 - AN_1}{AN_3 - AN_1}$$

$$\frac{358,89 - 250}{500 - 250} = \frac{y - 2,33}{4,91 - 2,33}$$

$$\frac{108,89}{250} = \frac{y - 2,33}{2,58}$$

$$0,43 \times 2,58 = y - 2,33$$

$$y = 1,10 + 2,33$$

$$y = 3,43 \text{ MgKOH/g}$$

TBN

Tabel 4.27 Interpolasi TBN K-106

K-106		
No	Running Hours Oli	Nilai TBN
1	250 jam	3,91 MgKOH/g
2	358,89 jam	?
3	500 jam	1,31 MgKOH/g

$$\frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1} = \frac{BN_2 - BN_1}{BN_3 - BN_1}$$

$$\frac{358,89 - 250}{500 - 250} = \frac{y - 3,91}{1,31 - 3,91}$$

$$\frac{108,89}{250} = \frac{y - 3,91}{-2,6}$$

$$0,43 \times (-2,6) = y - 3,91$$

$$y = (-1,11) + 3,91$$

$$y = 2,8 \text{ MgKOH/g}$$

Viskositas 100°C

Tabel 4.28 Interpolasi Visco 100°C K-106

K-106		
No	Running Hours Oli	Nilai Visco at 100°C
1	250 jam	13,92 cST
2	358,89 jam	?
3	500 jam	12,97 cST

$$\frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1} = \frac{\text{Visco}_2 - \text{Visco}_1}{\text{Visco}_3 - \text{Visco}_1}$$

$$\frac{358,89 - 250}{500 - 250} = \frac{y - 13,92}{12,97 - 13,92}$$

$$\frac{108,89}{250} = \frac{y - 13,92}{-0,95}$$

$$0,43 \times (-0,95) = y - 13,92$$

$$y = (-0,40) + 13,92$$

$$y = 13,52 \text{ cST}$$

Viskositas 40°C

Tabel 4.29 Interpolasi Visco 40°C K-106

K-106		
No	Running Hours Oli	Nilai Visco at 40°C
1	250 jam	128,5 cST
2	358,89 jam	?
3	500 jam	113,6 cST

$$\frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1} = \frac{\text{Visco}_2 - \text{Visco}_1}{\text{Visco}_3 - \text{Visco}_1}$$

$$\frac{358,89 - 250}{500 - 250} = \frac{y - 128,5}{113,6 - 128,5}$$

$$\frac{108,89}{250} = \frac{y - 128,5}{-14,9}$$

$$0,43 \times (-14,9) = y - 128,5$$

$$y = (-6,4) + 128,5$$

$$y = 122,1 \text{ cST}$$

Oxidant

Tabel 4.30 Interpolasi Oxidant K-106

K-106		
No	Running Hours Oli	Nilai Oxidation
1	250 jam	0,11 A/0,1 mm
2	358,89 jam	?
3	500 jam	0,27 A/0,1 mm

$$\frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1} = \frac{Oxi_2 - Oxi_1}{Oxi_3 - Oxi_1}$$

$$\frac{358,89 - 250}{500 - 250} = \frac{y - 0,11}{0,27 - 0,11}$$

$$\frac{108,89}{250} = \frac{y - 0,11}{0,16}$$

$$0,43 \times (0,16) = y - 0,11$$

$$y = (0,068) + 0,11$$

$$y = 0,178 \text{ A/0,1 mm}$$

Sehingga hasil akhir perhitungan K-106 di semua parameter pada Running Hours Oli 358,89 jam adalah

Tabel 4.31 Hasil Interpolasi Gas Engine K-106

HASIL INTERPOLASI K-106 PADA RHO 358,89 JAM				
TAN < 1.82 MgKOH/g	TBN > 2.8 MgKOH/g	Visco at 100° C 11.84 - 17.76 cST	Visco at 40° C 113.8 - 170.6 cST	Oxidation < 0.25 A/0.1 mm
3,43	2,8	13,52	122,1	0,178

4.8 Penyebab Pergantian Siklus Oli dan Solusi Permasalahan

Siklus pergantian oli di PT Perta Daya Gas baru terjadi di tahun 2019 yang dimana di tahun sebelumnya 2016-2018 masih menggunakan acuan running hours oli 500 jam sedangkan di tahun 2019 diganti menjadi running hours oli 250 jam, Adapun penyebab pergantian siklus oli dari 500 jam ke 250 jam dikarenakan adanya penyumbatan pada nozzle lubricants yang terindikasi banyak nya kotoran pada oli sehingga membuat nozzle lubricants menjadi tersumbat.

Solusi untuk masalah tersebut yaitu perlu adanya oil analysis secara detail seperti adanya data tiap berapa puluh jam (asumsi setiap 50 jam) sample karakteristik oli tersebut sehingga bisa melihat trend grafik parameter mulai dari 0 jam,50 jam,100 jam,150 jam,200 jam,250 jam dan seterusnya. Selain itu perlu adanya maintenance lebih di bagian lubricants seperti pembersihan di oil pump,oil filter,nozzle lubricants dan lain sebagainya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari analisa dan perhitungan hasil pengujian TAN,TBN,Viskositas Kinematik dan *Oxidant* pada 6 *Gas Engine* dapat disimpulkan bahwa :

1. Berdasarkan hasil peringkat keadaan *Gas Engine* pada 6 *Gas Engine* (K-101,K-102,K-103,K-104,K-105,dan K-106) di dapatkan *Gas Engine* K-105 berada di peringkat terakhir yang dimana *Gas Engine* tersebut harus dilakukan perawatan lebih karena adanya anomali data dan 2 kali maintenance pada tahun 2016-2018.
2. Berdasarkan Kelayakan umur pakai, Running Hours Oli 358,89 jam adalah waktu yang layak dalam menjalankan operasi di 6 gas engine yang berpedoman pada parameter minyak pelumas setiap *Gas Engine* dan juga keadaan *Gas Engine* terburuk serta *Gas Engine* terbaik.

5.2 Saran

Adapun saran berdasarkan hasil penelitian ini adalah:

1. Pengambilan sample oil dilakukan dalam satu siklus pergantian minyak pelumas bukan pada saat pergantian
2. Perlu adanya maintenance lebih di bagian lubricants
3. Perlu adanya penambahan parameter minyak pelumas agar data lebih akurat untuk penelitian selanjutnya

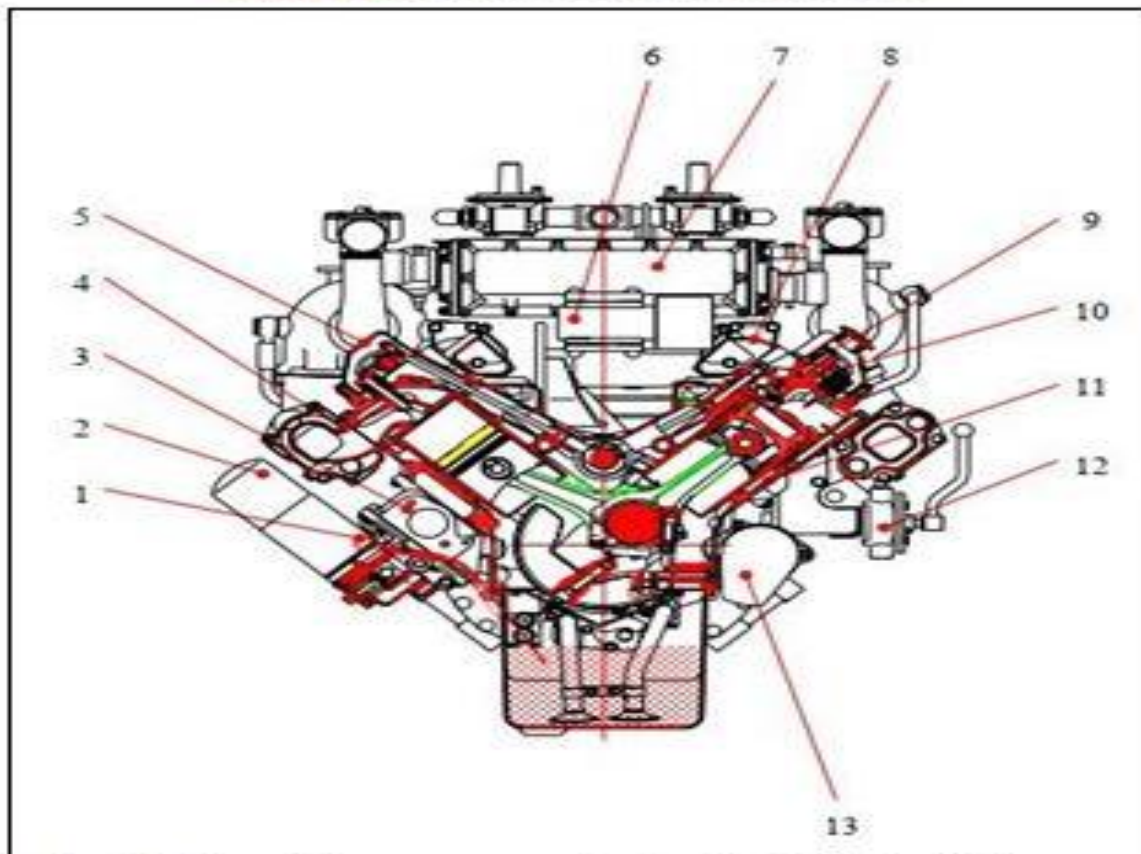
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

1. www.machinerylubrication.com. ____ .Oil Analysis Explained.Diakses pada 24 Oktober 2019,dari <https://www.machinerylubrication.com/Read/29598/oil-analysis-report>
2. <http://distributor-total.blogspot.com>.(2016,11 April).Total Base Number (TBN) pada engine oil.Diakses pada 7 November2019,dari<http://distributortotal.blogspot.com/2016/04/total-base-number-tbn-pada-engine-oil.html>
3. <https://en.wikipedia.org> . ____ .Gas Engine.Diakses pada 13 November2019,darihttps://en.wikipedia.org/wiki/Gas_engine
4. Daewoo Heavy Industries & Machinery Ltd. 2004. "*Generator Natural Gas Engine Operation and Manual*". Incheon, Korea Selatan.
5. Assauri 2008,p134, "Tujuan Maintenance "Blancard.(1997). Logisticts engeneering And management pemeliharaan ,Erlangga: Surabaya
6. Farizi,Mohamad Faiq. 2019. "Perbandingan Hasil Uji Kelayakan Pakai Oli Mineral SAE 10W30 Dan Oli Sintetik SAE 10W30 Berdasarkan Viskositas dan Total Base Number Pada Sepeda Motor Matic 125cc PGM-FI".Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember– Teknik Mesin Industri.
7. Syahbana,Ahmad Dwiyan.2016."Analisa Kerusakan Pada Gearbox Main Lube Oil Pump PLTGU UNIT 1.3 PT. PJB UP GRESIK Dengan Metode Oil Used Analysis ".Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember– D3 Teknik Mesin .

Lampiran

Spesifikasi Daewoo Gas Engine GV222TIC



1	<i>Oil Level Gauge</i>	8	<i>Intake Manifold</i>
2	<i>Oil Filter</i>	9	<i>Spark Plug</i>
3	<i>Oil Cooler</i>	10	<i>Cylinder Head</i>
4	<i>Exhaust Manifold</i>	11	<i>Cylinder Block</i>
5	<i>Cylinder Head Cover</i>	12	<i>Oil Drain Pump</i>
6	<i>Throttle Valve</i>	13	<i>Starting Motor</i>
7	<i>Intercooler</i>		

<i>Engine type</i>	<i>Water-cooled, 4 cycle Vee type Turbo charged & intercooled</i>	
<i>Ignition system</i>	<i>Spark plug ignition</i>	
<i>Used fuel</i>	<i>NG(natural gas)</i>	
<i>Fuel supply system</i>	<i>Venturi mixer throttle valve type</i>	
<i>Timing gear system</i>	<i>Gear driven type</i>	
<i>No. of piston ring</i>	<i>2 Compression ring, 1 oil ring</i>	
<i>Compression ratio</i>	<i>10.5 : 1</i>	
<i>Engine control system</i>	<i>ECM(engine control module) type</i>	
<i>Compression pressure (kg/cm²)</i>	<i>16 (at 200 rpm)</i>	
<i>Engine Power</i>	<i>50 Hz (1500 rpm)</i>	<i>315 kW (428 PS)</i>
	<i>60 Hz (1800 rpm)</i>	<i>369 kW (502 PS)</i>



Test Report
Non Monitoring

Customer : PT Perta Daya Gas Semarang
Sample Type : NG Lube II 40
Date Sampled : October 28, 2019
Date Received : November 5, 2019

Reference : Request by SE General Makassar
Report Number : 16861/PI1610/TH/2019-S2
Report Date : November 11, 2019
Lab Number : 1774051119

Sample Number	191105/09/PLM/04
Component	
Equipment Make	
Equipment Model	
Equipment Serial	
Rh. Engine	
Rh. Lubricant	
Batch No.	02068192
Date Sampled	
Notes	Fresh Oil

Sample Recommendation :

Analysis	Method/Unit	Result
Kinematic Viscosity	ASTM D7279-16	
	at 40 °C	cSt 125.0
	at 100 °C	cSt 13.55
Total Base Number	ASTM D2896-15	
	mg KOH/g	4.89
Total Acid Number	ASTM D664	
	mg KOH/g	0.96
Infrared	ASTM E2412-10	
Soot	A/.1mm	0.25
Oxidation	A/.1mm	0.00
Fuel Diluent	% v/v	0.00
Water	% v/v	0.00
Nitration	A/.1mm	0.00
Sulfonation	A/.1mm	0.00
Contaminant	ASTM D5185-13	
Si	mg/kg	2.8
No	mg/kg	8.8
Wear Metal	ASTM D5185-13	
Al	mg/kg	1.7
Cr	mg/kg	0.49
Cu	mg/kg	0.57
Fe	mg/kg	1.7
Pb	mg/kg	0.73
Sa	mg/kg	2.8

Note:
* Data analytical results are only valid for the tested sample.
** Wear testing limit used is general. If not included from OEM monitoring limit.
*** The Parameter is not accredited by KAN and subcontract.



Authorized Signatory
Officer OEM Technical & Relation

Test Report

Customer : PT. Pertidaya Gas
Area Name : Semarang
Area Address : -
Equipment Number : -
Manufacture : General Engine
Component : ENGINE
Application : Gas Engine
Model : General

Equipment Description : Gas Engine K 101
Lube : NG Lube Long Life SAE 40
1st Sample : 28 September 2016
Prev Sample : 19 July 2019
Date Sampled : 31 July 2019
Date Received : 16 August 2019
Test Report Number : 12150/PL1610/TR/2019-S2
Date Reported : 20 August 2019
Lab Number : 052404301014



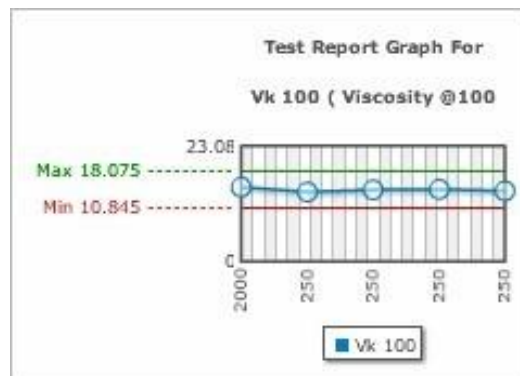
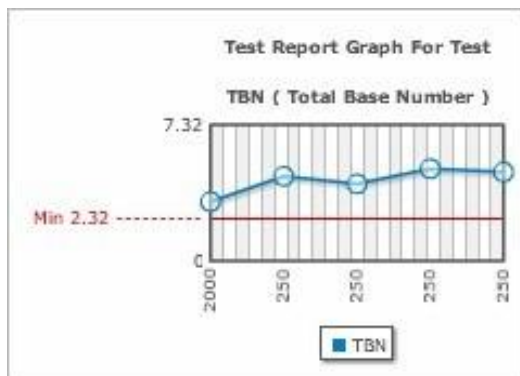
Normal

Date Sampled	Recommendation
31 July 2019	N Oil in normal condition, oil usage can be continued. Take used oil sample at the next sampling period. Maintain tools for sampling and sampling process clean. Run oil filtration system effectively.

Analysis	Unit	Date Sampled					Limit	
		31/07/19	19/07/19	31/05/19	10/05/19	03/05/19	Min	Max
Running Hours Oil	Km or Hours	250	250	250	250	2000	-	-
Running Hours Engine	Hours	15249	15041	14563	14250	14105	-	-
Topping-Upliters	Liters	45	45	45	45	45	-	-
Acid - ASTM D 664-11a								
TAN (Total Acid Number)	mg KOH/g	1.32	2.58	2.13	1.22	2.33	-	5.62
Base - ASTM D 2896-15								
TBN (Total Base Number)	mg KOH/g	4.80	4.96	4.14	4.57	3.19	2.32	-
FTIR - ASTM E 2412								
Gly (Glycol)	% vol	-	-	-	-	-	R	R
Oxi (Oxidant)	A/0.1mm	0.08	0.09	0.10	0.07	0.22	-	0.25
Nit (Nitration)	A/0.1mm	0.08	0.12	0.15	0.08	0.27	-	0.25
Sulf (Sulfation)	A/0.1 mm	0.01	0.00	0.08	0.00	0.03	R	R
Wt (Water)	% vol	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.30
Contaminant Element - ASTM D 5185-13								
B (Boron)	ppm	3	3	1	2	1	-	-
Na (Sodium)	ppm	16	8	8	0	12	R	R
Si (Silika)	ppm	3	4	5	9	15	-	20
V (Vanadium)	ppm	0	0	0	0	0	-	-
Kinematic Viscosity - ASTM D 7279-16								
Vk 100 (Viscosity @ 100 deg C)	cSt	14.12	14.36	14.27	13.84	14.87	10.845	18.075
Vk 40 (Viscosity @ 40 deg C)	cSt	130.1	133.5	133.1	128.3	139.6	78.39	162.81
Wear Element - ASTM D 5185-13								
Ag (Argentum)	ppm	0	0	0	0	0	-	-
Al (Alluminium)	ppm	3	6	4	2	5	-	40
Cr (Cromium)	ppm	6	7	13	4	9	-	40
Cu (Cuprum)	ppm	2	6	8	10	63	-	40
Fe (Ferrum)	ppm	52	132	252	82	365	-	100
Mo (Molibdenum)	ppm	2	3	1	1	2	-	-
Ni (Nichel)	ppm	1	1	1	1	1	-	-
Pb (Plumbum)	ppm	4	8	6	3	15	-	100
Sn (Stannum)	ppm	3	3	6	2	5	R	R
Insoluble Content - Inhouse								
PI (Pentane Insoluble)	% wt	0.15	0.16	0.20	0.17	0.11	R	R
TI (Toluene Insoluble)	% wt	0.05	0.02	0.07	0.02	0.02	R	R

Note: 'N/A': Sample is not analyzed. '-': Sample can not be analyzed. 'L': Below detection limit. 'R': Reported.

Graphic Report



Oil Clinic, Jl. Yos Sudarso Pintu 3 Plumpang Jakarta Utara 14230. Ph. +6221 43923155. Fax. +6221 4393 8648



www.oilclinic.com, Email: oilclinic2@pertamina.com

Authorized Signatory
Officer OEM Technical
& Relation

Gunawan Ari Wibowo

Test Report

Customer : PT. Pertidaya Gas
Area Name : Semarang
Area Address : -
Equipment Number : -
Manufacture : General Engine
Component : ENGINE
Application : Gas Engine
Model : General

Equipment Description : Gas Engine K 102
Lube : NG Lube Long Life SAE 40
1st Sample : 30 June 2016
Prev Sample : 15 July 2019
Date Sampled : 05 August 2019
Date Received : 16 August 2019
Test Report Number : 12151/PL1610/TR/2019-S2
Date Reported : 20 August 2019
Lab Number : 052404301001



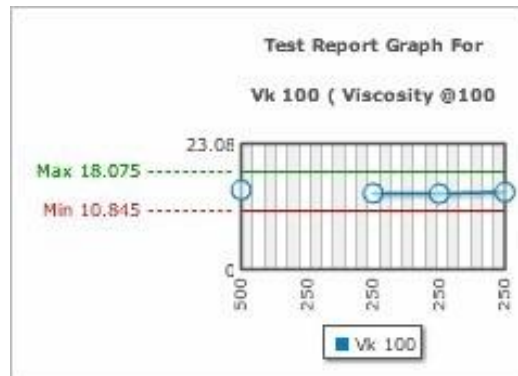
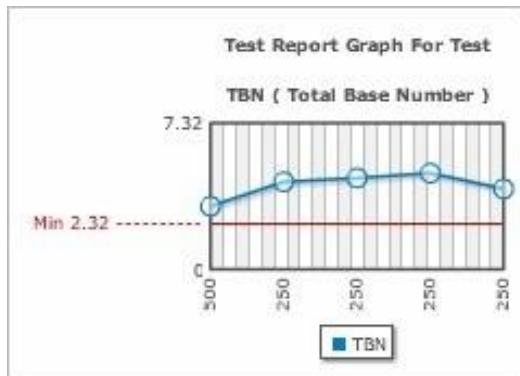
Marginal

Date Sampled	Recommendation
05 August 2019	M Oil in marginal condition and increased metal content. Symptom: Border high Cu contamination. Causes: Possibility from engine parts wear contamination. Action: Please check engine parts wear condition. Run LO filter effectively. Keep sampling tools and sampling process clean.

Analysis	Unit	Date Sampled					Limit	
		05/08/19	15/07/19	20/06/19	19/03/19	26/10/18	Min	Max
Running Hours Oil	Km or Hours	250	250	250	250	500	-	-
Running Hours Engine	Hours	14478	14179	13762	12930	11551	-	-
Topping-Uplifters	Liters	45	45	45	45	45	-	-
Acid - ASTM D 664-11a								
TAN (Total Acid Number)	mg KOH/g	1.65	1.93	2.36	1.29	2.43	-	5.62
Base - ASTM D 2896-15								
TBN (Total Base Number)	mg KOH/g	4.04	4.82	4.59	4.39	3.18	2.32	-
FTIR - ASTM E 2412								
Gly (Glycol)	% vol	-	-	-	-	-	R	R
Oxi (Oxidant)	A/0.1mm	0.08	0.07	0.07	0.37	0.12	-	0.25
Nit (Nitration)	A/0.1mm	0.10	0.10	0.08	0.40	0.20	-	0.25
Sulf (Sulfation)	A/0.1 mm	0.03	0.00	0.00	0.06	0.05	R	R
Wt (Water)	% vol	0.00	0.00	0.00	-	0.01	-	0.30
Contaminant Element - ASTM D 5185-13								
B (Boron)	ppm	2	5	3	52	2	-	-
Na (Sodium)	ppm	18	9	9	29	12	R	R
Si (Silika)	ppm	5	2	3	6	12	-	20
V (Vanadium)	ppm	0	0	0	0	0	-	-
Kinematic Viscosity - ASTM D 7279-16								
Vk 100 (Viscosity @ 100 deg C)	cSt	14.29	14.01	14.03	-	14.70	10.845	18.075
Vk 40 (Viscosity @ 40 deg C)	cSt	133.5	129.2	129.9	153.9	136.5	78.39	162.81
Wear Element - ASTM D 5185-13								
Ag (Argentum)	ppm	0	0	0	0	0	-	-
Al (Alluminium)	ppm	3	1	2	2	27	-	40
Cr (Cromium)	ppm	1	0	1	7	91	-	40
Cu (Cuprum)	ppm	31	26	4	20	30	-	40
Fe (Ferrum)	ppm	54	25	50	87	250	-	100
Mo (Molibdenum)	ppm	1	3	1	2	1	-	-
Ni (Nichel)	ppm	1	0	1	0	2	-	-
Pb (Plumbum)	ppm	4	2	4	4	15	-	100
Sn (Stannum)	ppm	1	0	1	0	5	R	R
Insoluble Content - Inhouse								
PI (Pentane Insoluble)	% wt	0.13	0.04	0.11	0.06	N/A	R	R
TI (Toluene Insoluble)	% wt	0.04	0.02	0.01	0.03	N/A	R	R
Water Content KF - ASTM D 6304-16								
Wt KF (Water Content KF)	ppm	N/A	N/A	N/A	110797	N/A	-	-

Note : 'N/A' : Sample is not analyzed. '-' : Sample can not be analyzed. '-' : Below detection limit. 'R' : Reported.

Graphic Report



Oil Clinic, Jl. Yos Sudarso Pintu 3 Plumpang Jakarta Utara 14230. Ph. +6221 43923155. Fax. +6221 4393 8648



www.oilclinic.com, Email: oilclinic2@pertamina.com

Authorized Signatory
Officer OEM Technical
& Relation

Gunawan Ari Wibowo

Test Report

Customer : PT. Pertadaya Gas
Area Name : Semarang
Area Address : -
Equipment Number : -
Manufacture : General Engine
Component : ENGINE
Application : Gas Engine
Model : General

Equipment Description : Gas Engine K 103
Lube : NG Lube Long Life SAE 40
1st Sample : 18 October 2016
Prev Sample : 15 July 2019
Date Sampled : 01 August 2019
Date Received : 16 August 2019
Test Report Number : 12152/PL1610/TR/2019-S2
Date Reported : 20 August 2019
Lab Number : 052404301015



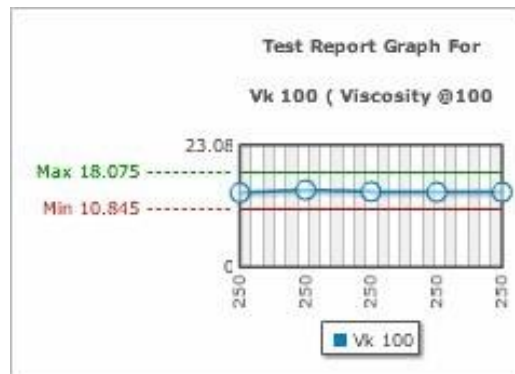
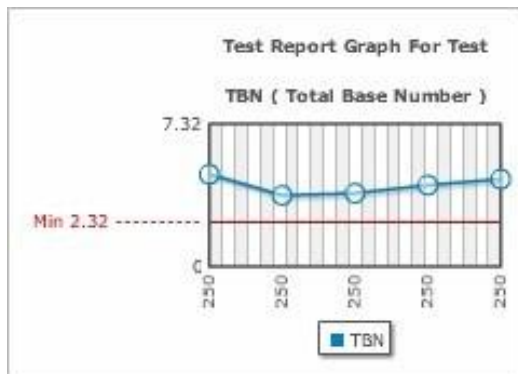
Marginal

Date Sampled	Recommendation
01 August 2019	M Oil in marginal condition and increased metal content. Symptom: Border high Cu contamination. Causes: Possibility from engine parts wear contamination. Action: Please check engine parts wear condition. Run LO filter effectively. Keep sampling tools and sampling process clean.

Analysis	Unit	Date Sampled					Limit	
		01/08/19	15/07/19	29/06/19	11/06/19	13/05/19	Min	Max
Running Hours Oil	Km or Hours	250	250	250	250	250	-	-
Running Hours Engine	Hours	15524	15275	15022	14743	14301	-	-
Topping-Upliters	Liters	45	45	45	45	45	-	-
Acid - ASTM D 664-11a								
TAN (Total Acid Number)	mg KOH/g	1.61	2.86	2.88	2.92	1.33	-	5.62
Base - ASTM D 2896-15								
TBN (Total Base Number)	mg KOH/g	4.50	4.18	3.76	3.66	4.73	2.32	-
FTIR - ASTM E 2412								
Gly (Glycol)	% vol	-	-	-	-	-	R	R
Oxi (Oxidant)	A/0.1mm	0.04	0.09	0.09	0.12	0.07	-	0.25
Nit (Nitration)	A/0.1mm	0.01	0.12	0.14	0.20	0.08	-	0.25
Sulf (Sulfation)	A/0.1 mm	0.02	0.00	0.00	0.10	0.00	R	R
Wt (Water)	% vol	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.30
Contaminant Element - ASTM D 5185-13								
B (Boron)	ppm	2	2	1	1	1	-	-
Na (Sodium)	ppm	21	11	11	9	2	R	R
Si (Silika)	ppm	3	3	3	4	4	-	20
V (Vanadium)	ppm	0	0	0	0	0	-	-
Kinematic Viscosity - ASTM D 7279-16								
Vk 100 (Viscosity @ 100 deg C)	cSt	14.10	14.14	14.25	14.57	14.05	10.845	18.075
Vk 40 (Viscosity @40 deg C)	cSt	131.3	130.6	131.6	135.8	129.8	78.39	162.81
Wear Element - ASTM D 5185-13								
Ag (Argentum)	ppm	0	0	0	0	0	-	-
Al (Alluminium)	ppm	2	2	1	2	2	-	40
Cr (Cromium)	ppm	1	1	1	3	2	-	40
Cu (Cuprum)	ppm	37	49	9	11	8	-	40
Fe (Ferrum)	ppm	62	74	72	159	40	-	100
Mo (Molibdenum)	ppm	2	3	1	1	1	-	-
Ni (Nichel)	ppm	1	0	1	0	0	-	-
Pb (Plumbum)	ppm	4	4	2	7	2	-	100
Sn (Stannum)	ppm	0	1	1	2	1	R	R
Insoluble Content - Inhouse								
PI (Pentane Insoluble)	% wt	0.07	0.09	0.05	0.15	0.10	R	R
TI (Toluene Insoluble)	% wt	0.05	0.06	0.00	0.08	0.02	R	R

Note: 'N/A': Sample is not analyzed. '-': Sample can not be analyzed. '-': Below detection limit. 'R': Reported.

Graphic Report



Oil Clinic, Jl. Yos Sudarso Pintu 3 Plumpang Jakarta Utara 14230. Ph. +6221 43923155. Fax. +6221 4393 8648



Authorized Signatory
Officer OEM Technical
& Relation

Gunawan Ari Wibowo

www.oilclinic.com, Email: oilclinic2@pertamina.com

Test Report

Customer : PT. Pertadaya Gas
Area Name : Semarang
Area Address : -
Equipment Number : -
Manufacture : General Engine
Component : ENGINE
Application : Gas Engine
Model : General

Equipment Description : Gas Engine K 104
Lube : NG Lube Long Life SAE 40
1st Sample : 30 June 2016
Prev Sample : 19 July 2019
Date Sampled : 05 August 2019
Date Received : 16 August 2019
Test Report Number : 12153/PL1610/TR/2019-S2
Date Reported : 20 August 2019
Lab Number : 052404301002



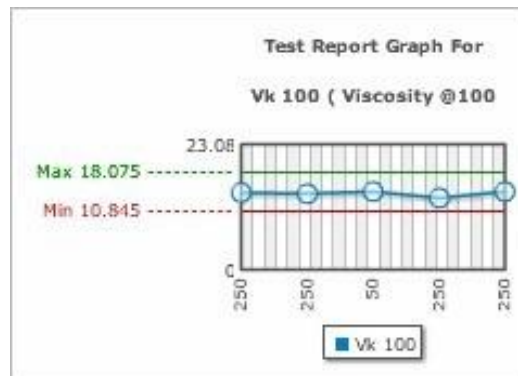
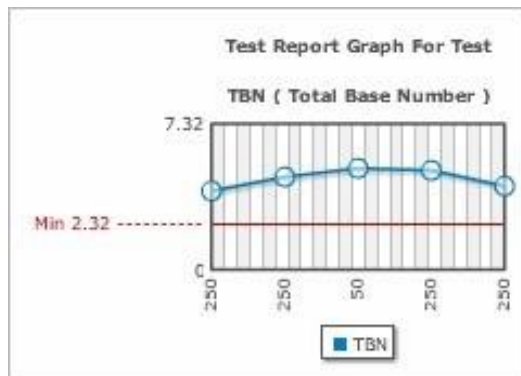
Normal

Date Sampled	Recommendation
05 August 2019	N Oil in normal condition, oil usage can be continued. Take used oil sample at the next sampling period. Maintain tools for sampling and sampling process clean. Run oil filtration system effectively.

Analysis	Unit	Date Sampled					Limit	
		05/08/19	19/07/19	15/07/19	19/06/19	11/06/19	Min	Max
Running Hours Oil	Km or Hours	250	250	30	250	250	-	-
Running Hours Engine	Hours	16553	16171	16195	16171	16102	-	-
Topping-Upliters	Liters	45	60	45	45	45	-	-
Acid - ASTM D 664-11a								
TAN (Total Acid Number)	mg KOH/g	1.91	1.51	1.57	1.37	3.12	-	5.62
Base - ASTM D 2896-15								
TBN (Total Base Number)	mg KOH/g	4.19	4.99	5.09	4.67	3.95	2.32	-
FTIR - ASTM E 2412								
Gly (Glycol)	% vol	-	-	-	-	-	R	R
Oxi (Oxidant)	A/0.1mm	0.11	0.01	0.02	0.08	0.10	-	0.25
Nit (Nitration)	A/0.1mm	0.12	0.00	0.01	0.07	0.16	-	0.25
Sulf (Sulfation)	A/0.1 mm	0.05	0.00	0.00	0.00	0.08	R	R
Wt (Water)	% vol	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.30
Contaminant Element - ASTM D 5185-13								
B (Boron)	ppm	4	5	7	3	1	-	-
Na (Sodium)	ppm	18	9	9	9	11	R	R
Si (Silika)	ppm	4	3	3	2	3	-	20
V (Vanadium)	ppm	0	0	0	0	0	-	-
Kinematic Viscosity - ASTM D 7279-16								
Vk 100 (Viscosity @ 100 deg C)	cSt	14.47	13.27	14.49	14.05	14.29	10.845	18.075
Vk 40 (Viscosity @ 40 deg C)	cSt	135.3	118.4	135.0	128.9	133.6	78.39	162.81
Wear Element - ASTM D 5185-13								
Ag (Argentum)	ppm	0	0	0	0	0	-	-
Al (Alluminium)	ppm	5	2	3	1	2	-	40
Cr (Cromium)	ppm	1	0	1	1	2	-	40
Cu (Cuprum)	ppm	8	15	8	3	8	-	40
Fe (Ferrum)	ppm	25	28	19	43	83	-	100
Mo (Molibdenum)	ppm	18	1	0	1	1	-	-
Ni (Nichel)	ppm	1	1	1	0	1	-	-
Pb (Plumbum)	ppm	16	1	7	2	3	-	100
Sn (Stannum)	ppm	1	1	1	0	1	R	R
Insoluble Content - Inhouse								
PI (Pentane Insoluble)	% wt	0.20	0.07	0.11	0.05	0.15	R	R
TI (Toluene Insoluble)	% wt	0.05	0.00	0.02	0.00	0.06	R	R

Note: 'N/A': Sample is not analyzed. '-': Sample can not be analyzed. '↓': Below detection limit. 'R': Reported.

Graphic Report



Oil Clinic, Jl. Yos Sudarso Pintu 3 Plumpang Jakarta Utara 14230. Ph. +6221 43923155. Fax. +6221 4393 8648



Authorized Signatory
Officer OEM Technical
& Relation

Gunawan Ari Wibowo

www.oilclinic.com, Email: oilclinic2@pertamina.com

Test Report

Customer : PT. Pertadaya Gas
Area Name : Semarang
Area Address : -
Equipment Number : -
Manufacture : General Engine
Component : ENGINE
Application : Gas Engine
Model : General

Equipment Description : Gas Engine K 105
Lube : NG Lube Long Life SAE 40
1st Sample : 30 June 2016
Prev Sample : 10 July 2019
Date Sampled : 25 July 2019
Date Received : 16 August 2019
Test Report Number : 12154/PL1610/TR/2019-S2
Date Reported : 20 August 2019
Lab Number : 052404301003



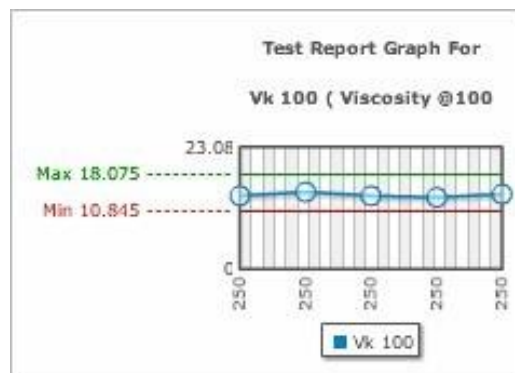
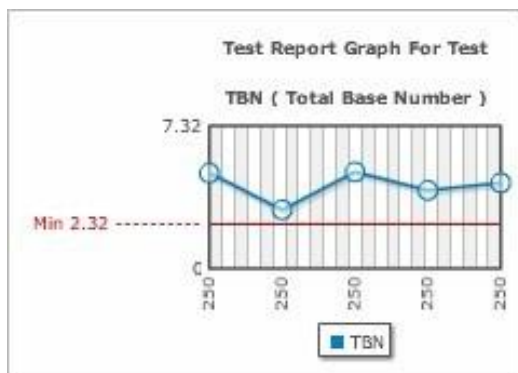
Normal

Date Sampled	Recommendation
25 July 2019	N Oil in normal condition, oil usage can be continued. Take used oil sample at the next sampling period. Maintain tools for sampling and sampling process clean. Run oil filtration system effectively.

Analysis	Unit	Date Sampled					Limit	
		25/07/19	10/07/19	28/05/19	20/05/19	15/03/19	Min	Max
Running Hours Oil	Km or Hours	250	250	250	250	250	-	-
Running Hours Engine	Hours	13991	13800	13353	13298	12845	-	-
Topping-Uplifters	Liters	45	45	45	45	45	-	-
Acid - ASTM D 664-11a								
TAN (Total Acid Number)	mg KOH/g	1.49	3.12	2.11	2.38	1.79	-	5.62
Base - ASTM D 2896-15								
TBN (Total Base Number)	mg KOH/g	4.41	4.03	4.96	3.03	4.91	2.32	-
FTIR - ASTM E 2412								
Gly (Glycol)	% vol	-	-	-	-	-	R	R
Oxi (Oxidant)	A/0.1mm	0.09	0.11	0.08	0.14	0.08	-	0.25
Nit (Nitration)	A/0.1mm	0.13	0.16	0.08	0.26	0.06	-	0.25
Sulf (Sulfation)	A/0.1 mm	0.00	0.00	0.07	0.03	0.02	R	R
Wt (Water)	% vol	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	0.30
Contaminant Element - ASTM D 5185-13								
B (Boron)	ppm	4	2	3	1	4	-	-
Na (Sodium)	ppm	18	9	9	1	29	R	R
Si (Silika)	ppm	3	3	1	5	3	-	20
V (Vanadium)	ppm	0	0	0	0	0	-	-
Kinematic Viscosity - ASTM D 7279-16								
Vk 100 (Viscosity @100 deg C)	cSt	14.12	13.48	13.79	14.61	13.84	10.845	18.075
Vk 40 (Viscosity @40 deg C)	cSt	130.7	122.2	127.3	136.2	127.2	78.39	162.81
Wear Element - ASTM D 5185-13								
Ag (Argentum)	ppm	0	0	0	0	0	-	-
Al (Alluminium)	ppm	4	3	1	2	1	-	40
Cr (Cromium)	ppm	5	5	1	3	1	-	40
Cu (Cuprum)	ppm	4	8	4	15	1	-	40
Fe (Ferrum)	ppm	56	109	33	94	13	-	100
Mo (Molibdenum)	ppm	3	2	1	1	1	-	-
Ni (Nichel)	ppm	1	0	1	0	0	-	-
Pb (Plumbum)	ppm	4	5	1	6	1	-	100
Sn (Stannum)	ppm	6	2	0	2	0	R	R
Insoluble Content - Inhouse								
PI (Pentane Insoluble)	% wt	0.12	0.15	0.19	0.06	0.12	R	R
TI (Toluene Insoluble)	% wt	0.08	0.02	0.04	0.04	0.03	R	R
Water Content KF - ASTM D 6304-16								
Wt KF (Water Content KF)	ppm	N/A	N/A	N/A	N/A	999	-	-

Note: 'N/A': Sample is not analyzed. '-': Sample can not be analyzed. '-': Below detection limit. 'R': Reported.

Graphic Report



Oil Clinic, Jl. Yos Sudarso Pintu 3 Plumpang Jakarta Utara 14230. Ph. +6221 43923155. Fax. +6221 4393 8648

Test Report

Customer : PT. Pertamina Gas
Area Name : Semarang
Area Address : -
Equipment Number : -
Manufacture : General Engine
Component : ENGINE
Application : Gas Engine
Model : General

Equipment Description : Gas Engine K 106
Lube : NG Lube Long Life SAE 40
1st Sample : 01 July 2016
Prev Sample : 17 July 2019
Date Sampled : 30 July 2019
Date Received : 16 August 2019
Test Report Number : 12155/PL1610/TR/2019-S2
Date Reported : 20 August 2019
Lab Number : 052404301007



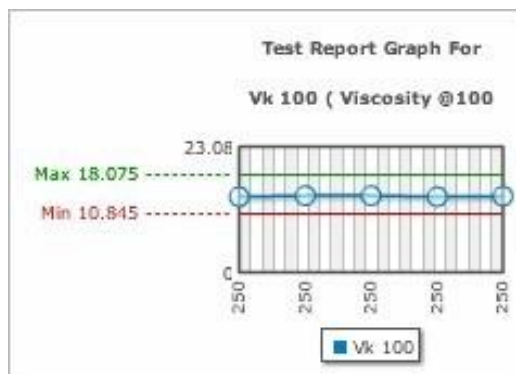
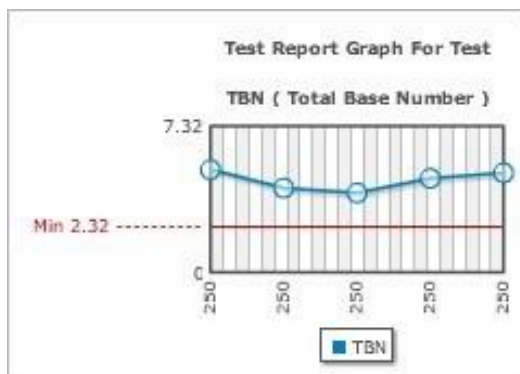
Normal

Date Sampled	Recommendation
30 July 2019	N Oil in normal condition, oil usage can be continued. Take used oil sample at the next sampling period. Maintain tools for sampling and sampling process clean. Run oil filtration system effectively.

Analysis	Unit	Date Sampled					Limit	
		30/07/19	17/07/19	05/07/19	14/06/19	27/05/19	Min	Max
Running Hours Oil	Km or Hours	250	250	250	250	250	-	-
Running Hours Engine	Hours	15468	15238	15026	14730	14438	-	-
Topping-Upliters	Liters	45	45	45	45	45	-	-
Acid - ASTM D 664-11a								
TAN (Total Acid Number)	mg KOH/g	1.18	3.15	3.21	2.99	1.97	-	5.62
Base - ASTM D 2896-15								
TBN (Total Base Number)	mg KOH/g	4.98	4.71	3.97	4.23	5.14	2.32	-
FTIR - ASTM E 2412								
Gly (Glycol)	% vol	-	-	-	-	-	R	R
Oxi (Oxidant)	A/0.1mm	0.08	0.08	0.09	0.08	0.07	-	0.25
Nit (Nitration)	A/0.1mm	0.08	0.10	0.13	0.10	0.05	-	0.25
Sulf (Sulfation)	A/0.1 mm	0.01	0.00	0.00	0.00	0.07	R	R
Wt (Water)	% vol	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.30
Contaminant Element - ASTM D 5185-13								
B (Boron)	ppm	2	3	2	2	2	-	-
Na (Sodium)	ppm	9	4	4	5	9	R	R
Si (Silika)	ppm	2	2	2	2	1	-	20
V (Vanadium)	ppm	0	0	0	0	0	-	-
Kinematic Viscosity - ASTM D 7279-16								
Vk 100 (Viscosity @100 deg C)	cSt	14.03	13.99	14.23	14.16	13.98	10.845	18.075
Vk 40 (Viscosity @40 deg C)	cSt	130.2	128.8	132.3	130.3	128.7	78.39	162.81
Wear Element - ASTM D 5185-13								
Ag (Argentum)	ppm	0	0	0	0	0	-	-
Al (Alluminium)	ppm	2	1	1	1	1	-	40
Cr (Cromium)	ppm	1	2	1	2	1	-	40
Cu (Cuprum)	ppm	4	6	3	2	1	-	40
Fe (Ferrum)	ppm	22	53	51	37	18	-	100
Mo (Molibdenum)	ppm	1	2	1	1	1	-	-
Ni (Nichel)	ppm	0	0	0	0	1	-	-
Pb (Plumbum)	ppm	1	2	2	2	2	-	100
Sn (Stannum)	ppm	0	1	1	0	1	R	R
Insoluble Content - Inhouse								
PI (Pentane Insoluble)	% wt	0.02	0.04	0.08	0.14	0.13	R	R
TI (Toluene Insoluble)	% wt	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	R	R

Note : 'N/A' : Sample is not analyzed. '-' : Sample can not be analyzed. '.' : Below detection limit. 'R' : Reported.

Graphic Report



XXVI

Authorized Signatory
Officer OEM Technical
& Relation

Gunawan Ari Wibowo

BIODATA PENULIS



Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Jenjang pendidikan formal yang pernah ditempuh adalah TK Aisyah 5 Magetan, SD Negeri 4 Magetan, SMP Negeri 1 Magetan, dan SMA Negeri 1 Magetan. Pada tahun 2016, penulis mengikuti ujian masuk Program Diploma III ITS dan diterima sebagai mahasiswa di Program Studi Diploma III Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan NRP 1021160000124. Penulis pernah mengikuti berbagai kegiatan, pelatihan, serta bergabung dalam Organisasi Mahasiswa. Penulis sempat menjadi Ketua Ormada (Organisasi Mahasiswa Daerah) Magetan yang berada di Surabaya, Sekjen LDJ Jundullah HMDM, Staff Kaderisasi JMMI ITS. Pelatihan yang pernah diikuti penulis diantaranya GERIGI (Generasi Integralistik) ITS 2016, LKMM Pra TD, PSI 1 ITS. Penulis pernah kerja praktek serta observasi lapangan di PT. Dirgantara Indonesia Bandung masing – masing selama 1 bulan. Bila ingin berdiskusi lebih lanjut silakan hubungi

Alamat email : azharirizal36@gmail.com