

**PENGARUH MINYAK PELUMAS OIL SHELL ADVANCE AX7 SAE 10W-40
MATIC BERDASARKAN KEKENTALAN KINEMATIK DAN TOTAL BASE
NUMBER PADA SEPEDA MOTOR YAMAHA N MAX 155**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Meraih Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Komputer
Universitas Harapan Medan



HARUN
17321045

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
DAN KOMPUTER UNIVERSITAS HARAPAN MEDAN**

2021

ABSTRAK

Terdapat banyak sekali parameter untuk menentukan apakah suatu pelumas sepeda motor masih layak dipakai atau tidak. Akan tetapi, para pengguna sepeda motor pada umumnya hanya berpedoman pada jarak tempuh sepeda motor (2000-3000) km atau pada waktu pemakaian (2-3 bulan) baru akan mengganti pelumas sepeda motornya. Hal tersebut direkomendasikan karena lebih efisien dan tidak menguras biaya untuk melakukan pengujian. Akan tetapi hal tersebut terkadang tidak diterapkan dengan baik ataupun dan tidak relevan. Maka dari itu perlu dilakukan pengujian berdasarkan viskositas kinematik dimana syarat kelayakan pakai pelumas adalah viskositas kinematik tidak boleh kurang 50% dari viskositas pelumas baru. Dan total base number tidak boleh kurang dari 2 mgKOH/gr. Pada tugas akhir kali ini akan dilakukan pengujian viskositas kinematik dan juga pengujian derajat celcius dengan menggunakan variasi jarak tempuh 0 Km, 1000 Km, 1500 km dan 2000 km.

Hasil pengujian memperlihatkan bahwa semakin panjang jarak yang ditempuh minyak pelumas mengalami penurunan viskositas kinematiknya dari 0 Km yaitu 0.09206 cSt turun 0,04985 cSt pada 1000 Km dan 0,04435 cSt pada 1500 Km serta 0,02851 cSt pada 2000 Km, namun pada jarak 2000 Km minyak pelumas tersebut belum mencapai kurang dari 50% dari viskositas kinematik.

Kata Kunci : Viskositas Kinematik, Jarak Tempuh

ABSTRACT

There are many parameters to determine whether a motorcycle lubricant is still suitable for use or not. However, motorcycle users are generally only guided by the motorcycle's mileage (2000-3000) km or at the time of use (2-3) months they will change their motorcycle lubricant. This is recommended because it is more efficient and does not cost money to do testing. However, this is sometimes not implemented properly or and is not relevant. Therefore, it is necessary to do a test based on the kinematic viscosity where the condition for the feasibility of using the lubricant is that the kinematic viscosity should not be less than 50% of the viscosity of the new lubricant. And the total base number should not be less than 2 mgKOH/gr. In this final project, a kinematic viscosity test will be carried out as well as a Celsius degree test using variations of 0 Km, 1000 Km, 1500 km and 2000 km mileage.

The test results show that the longer the distance traveled, the lubricating oil decreases its kinematic viscosity from 0 Km, namely 0.09206 cSt, down 0.04985 cSt at 1000 Km and 0.04435 cSt at 1500 Km and 0.02851 cSt at 2000 Km, but at a distance of 2000 Km of the lubricating oil has not reached less than 50% of the kinematic viscosity.

Keywords : Kinematic Viscosity, Mileage

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah swt. Atas limpahan rahmat, hidayah dan inayah serta kemudahan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini yang merupakan syarat untuk mendapatkan gelar sarjana Teknik pada program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Komputer Universitas Harapan Medan. Selanjutnya Sholawat berangkaikan Salam semoga tercurah kepada Nabiyullah Muhammad SAW. Yang telah memberi petunjuk kepada kita ke jalan yang lurus sesuai dengan kehendaknya.

Dalam kurun waktu pengerjaan Skripsi ini penulis menyadari bahwa sangat banyak pihak yang berjasa turut membantu penulis dalam penyelesaian Skripsi ini. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Bapak Abdul Jabbar Lubis, ST.,M.Kom. Sebagai Dekan Fakultas Teknik dan Komputer Universitas Harapan Medan.
2. Bapak Ir. Junaidi, S.Pd.,MM.MT. Sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Komputer Universitas Harapan Medan.
3. Bapak Ir. Junaidi, S.Pd.,MM.MT, selaku Pembimbing I dan Bapak Fadli Ahmad Kurniawan Nasution, ST.,MT. Selaku Pembimbing II yang telah meluangkan waktu membimbing penulis selama pengerjaan Skripsi ini.
4. Ayahanda Tercinta (Alm.) Sudaryanto dan Ibunda Tersayang Hariani atas dukungan doa, motivasi dan kasih sayangnya yang tulus dan tak terhingga kepada penulis.
5. Kakak dan adik penulis Sri Wulandari, Sri Lestari,S.Pd.I dan Ananda Nova bella yang telah membantu serta memberi semangat, dukungan dan motivasi untuk menyelesaikan skripsi ini.
6. Dan abangda Muhammad Hidayat,S.Pd.I telah membantu penulis dalam dukungan dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
7. Seluruh Dosen dan staf tata usaha di Program Studi Teknik Mesin yang telah memberikan pengajaran dalam perkuliahan, penyedia literature kepada penulis.
8. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknik Mesin angkatan 2017 dan terkhusus kepada Khairul Sakti Harahap yang telah membantu penulis dalam penyelesaian skripsi ini.

Dalam penulisan skripsi ini Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak luput dari kekurangan dan hasilnya masih jauh dari kata sempurna baik dari segi penyusunan maupun penyajian materi penulisan, oleh karena itu saran dan kritik yang sifatnya membangun dari pembaca sangat penulis harapkan untuk kesempurnaan skripsi ini, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca

Akhir kata mohon maaf apabila ada kekurangan disebabkan karena keterbatasan ilmu yang penulis miliki dan semoga skripsi ini bermanfaat. Terima kasih

Medan, September 2021

Penulis,

HARUN
17321045

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I : PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah	1
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	2
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Pelumasan	3
2.2 Fungsi Bahan Pelumas	4
2.3 Sifat Minyak Pelumas	5
2.4 Karakteristik Pelumas	5
2.4.1 Pengukuran Viskositas	8
2.4.2 Index Viskositas	8
2.5 Penggunaan Minyak Pelumas pada Motor Bensin	9
2.6 Cara – cara Pelumasan	10
2.6.1 Sistem Pelumasan Campur (Mix)	10
2.6.2 Sistem Pelumasan Autolube	11
2.6.3 Sistem Pelumasan Percik	12
2.6.4 Sistem Pelumasan Tekan	12

2.7 Jenis – Jenis Minyak Pelumas	13
2.7.1 Oli Mineral	13
2.7.2 Oli Sintetis	14
2.7.3 Oli Semi Sintetis	15
2.8 Zat Aditif Oli	15
2.8.1 Karakteristik Zat Aditif Oli	15
2.8.2 Klasifikasi Zat Aditif Oli	16
2.9 Standarisasi Minyak Pelumas	18
2.9.1 SAE (Society of Automotive Engineers)	18
2.9.2 API (American Petroleum Institute)	18
2.9.3 ISO (International Standards Organization)	19
2.9.4 JASO (Japanese Automobile Standards Organization)	19
2.10 Pengaruh Suhu terhadap <i>Viskositas</i> Minyak Pelumas	19
2.11 Pengaruh Jarak Tempuh Terhadap <i>Viskositas</i> minyak Pelumas	19
2.12 Parameter Utama Analisa Pelumas	19
2.12.1 <i>Viskositas</i>	20
2.12.2 Kontaminasi Air	20
2.12.3 Kontaminasi Garam (Salt)	21
2.12.4 Polutan Padat Terlarut	22
2.12.5 Total Acid Number (TAN)	22
2.13 Total Base Number (TBN)	23
2.13.1 Heated Viscometer	24
2.13.2 Water in Oil Cell	25
2.14 Total Acid Number (TAN).....	26
2.14.1 Insolubles (Soot Index)	27
2.15 Hubungan Kekentalan dengan Temperatur	28
2.16 Kekentalan Dinamik dan Kinematik	30
2.17 Predictive Maintenance	34

2.18 Penelitian Terdahulu	35
BAB III : METODOLOGI PENELITIAN	36
3.1 Metoda Penelitian	36
3.2 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Pengujian	37
3.3 Kerangka Pengujian	37
3.4 Alat dan Pengujian	37
3.5 Prosedur Pengujian	40
3.5.1 Pengujian Viskositas Kinematik	40
3.5.2 Prosedur Pengoperasian Alat Viskometer Ostwald	41
BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1 Pengumpulan Data	42
4.2 Hasil Pengujian	45
4.3 Perhitungan Viskositas Kinematik	45
BAB V : PENUTUP	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	: Teori viskositas pada suatu fluida	5
Gambar 2.2	: Grafik Perubahan <i>viskositas</i>	8
Gambar 2.3	: Sistem pelumasan campur	11
Gambar 2.4	: Sistem Pelumasan Autolube	12
Gambar 2.5	: Sistem Pelumas Percik	15
Gambar 2.6	: Sistem Pelumas Tekan	15
Gambar 3.1	: Gambar 3.1 Flowchart diagram	26
Gambar 3.2	: Minyak Pelumas Shell Advance	28
Gambar 3.3	: Wadah Sample Oli	28
Gambar 3.4	: Viskometer	28
Gambar 3.5	: Viskometer Ostwald	29
Gambar 3.6	: Waterbath	29
Gambar 4.1	: Grafik Suhu Pada Oli	31
Gambar 4.2	: Grafik Sample Oli	31
Gambar 4.3	: Pendefinisian Kekentalan Dinamis Melalui hukum Newton aliran Viskos	35
Gambar 4.4	: Pengaruh Perubahan temperatur terhadap Kekentalan Minyak Pelumas Mineral	39
Gambar 4.5	: Grafik Penurunan nilai TBN Pelumas	42

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Pengumpulan Data	31
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Viskositas Kinematik	34
Tabel 4.3 Kekentalan Beberapa Fluida Pada Temperatur Kamar	36
Tabel 4.4 Batasan TBN pelumas pada peralatan	43

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada era modern seperti saat ini banyak kendaraan roda 2 (dua) seringkali mengalami kerusakan khususnya bagian mesin seperti piston yang mengalami kerusakan akibat pelumasan yang kurang maksimal. Kadang pengguna lupa akan waktu kapan mengganti minyak pelumas kendaraannya dan kadang mengganti minyak pelumas kendaraannya ketika suara mesin mulai kasar atau berisik ataupun sampai mengalami kerusakan.. Pelumasan pada transmisi kendaraan bermotor, dalam unjuk kerjanya minyak pelumas membentuk lapisan film oli yang memiliki fungsi sebagai lapisan pencegah kontak langsung antara permukaan logam satu dengan yang lain.

Selama ini untuk menentukan minyak pelumas sudah waktunya diganti atau belum masih berpedoman pada jarak tempuh (km) atau lamanya pemakaian untuk kendaraan bermotor. Pedoman tersebut jarang dilakukan pengecekan, apa benar jarak tempuh misalnya, 1000 km, 1500 km, 2000 km, dan sebagainya minyak pelumas harus diganti ?. Salah satu cara untuk menentukan umur pakai minyak pelumas dan untuk mengetahui kapan waktunya diganti atau belum dapat dilihat dari viskositasnya, TAN (*total acid number*), TBN (*total base number*) dan moisture. Oleh karena itu untuk mengetahui nilai dari beberapa aspek tadi perlu dilakukan pengujian yang dalam tugas akhir ini akan dilakukan pengujian viskositas dan TBN (*total base number*) terhadap jarak tempuh.

1.2.. Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara menentukan viskositas dinamik oli baru pada suhu 40°C?
2. Bagaimana pengaruh Viskositas kinematik terhadap kelayakan umur pakai pada minyak pelumas tersebut?
3. Apa Perbedaan Total Base Number (TBN) dengan Total Acid Number (TAN) ?

1.3.Batasan Masalah

Dalam tugas akhir ini penulis menggunakan beberapa batasan masalah, diantaranya adalah :

1. Menggunakan minyak pelumas Shell Advance AX7 SAE 10W-40W OIL (1000 ml).
2. Alat ukur yang digunakan untuk menguji nilai viskositas dalam penelitian ini adalah Viscometer Kinematic Bath Kohler dan alat uji TBN adalah Mettler Toledo Titrator

3. Variasi jarak tempuh penggunaan minyak pelumas adalah 0 km, 1000 km, 1500 km dan 2000 Km
4. Bahan bakar tetap (Pertamax)
5. Diujikan pada sepeda motor Yamaha Nmax 155 cc

1.4. Tujuan

Tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh jarak tempuh terhadap viskositas dan TBN (*total base number*).
2. Untuk mengetahui kelayakan pakai dan kapan waktu yang tepat mengganti minyak pelumas
3. Untuk mengetahui pengaruh jarak tempuh terhadap viskositas index minyak pelumas

1.5. Manfaat

Dengan adanya Pengaruh jarak tempuh terhadap *viskositas dan TBN (total base number) Shell Advance AX7 Matic sae 10w 40* pada sepeda motor Yamaha Nmax 155 ini dapat mengetahui bagaimana pengaruh jarak tempuh terhadap viskositas kinematik dan total base number dan diharapkan dapat membantu proses penggantian minyak pelumas pada sepeda motor, sehingga dalam pergantian minyak pelumas dilakukan dengan waktu yang tepat dan jauhnya perjalanan yang telah ditempuh.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pelumasan

Pelumasan atau lubrication adalah cara yang dilakukan untuk mengurangi gaya gesek yang terjadi antara dua permukaan yang saling bergesekan dengan cara memberi minyak pelumas atau oli. Pelumas didefinisikan sebagai zat yang disisipkan diantara dua permukaan yang saling bergesekan untuk mengurangi besarnya gaya gesek yang terjadi. Gaya gesek merupakan gaya perlawanan yang terjadi akibat adanya dua permukaan yang bergesekan.

Problem besar yang dihadapi dalam perencanaan Elemen Mesin adalah bagaimana menjaga atau menghindari kehilangan daya atau energi selama terjadinya gesekan antara elemen-elemen mesin yang saling bergerak satu terhadap yang lainnya. Secara estimasi berdasarkan pengujian, kehilangan daya akibat geseka Sebagaimana diuraikan sebelumnya bahwa definisi tentang kualifikasi pelumas dasar sangat rancu di lapangan. Pada prinsipnya ada dua jenis pelumas dasar yaitu pelumas dasar mineral dan sintetik. Pelumas dasar mineral terbuat dari minyak bumi melalui proses separasi. Sedangkan pelumas dasar sintetik terbuat biasanya dari minyak bumi melalui rekayasa proses/reaksi yang kompleks untuk mendapatkan sifat yang diinginkan. Pemerintah melalui Surat Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (No. 1693 K/34/MEM/2001) telah menggolongkan mutu pelumas dasar menjadi lima grup. Pelumas dasar yang termasuk kedalam grup I, II dan III berasal dari minyak bumi (mineral) karena masih mengandung sulfur dan senyawa tak jenuh. Pelumas dasar mineral terdiri dari campuran senyawa parafin, nafta dan aromatik. Pelumas dasar grup III terbuat dari senyawa parafin yang telah mengalami proses lanjutan sehingga kadar sulfur rendah dan memiliki indeks viskositas yang tinggi. Pelumas dasar grup IV dan V merupakan pelumas sintetik dimana tidak mengandung sulfur, memiliki indeks viskositas (>120) dan stabilitas oksidasi yang tinggi (kadar senyawa tak jenuh sangat kecil). Pelumas dasar sintetik yang telah diterapklan secara luas adalah polyalphaolefins (PAO) terutama sebagai pelumas mesin, digolongkan dalam grup IV. Sedangkan pelumas dasar yang digolongkan dalam grup V adalah selain PAO, yaitu: n dapat mencapai sepertiga sampai setengah dari produk daya yang dihasilkan.

Gesekan merupakan gaya perlawanan yang terjadi akibat adanya dua permukaan yang berhubungan, saling bergerak secara relative antara satu dengan lainnya. Sedangkan pelumasan adalah cara yang harus dilakukan untuk mengurangi gaya gesek yang akibat adanya dua permukaan yang saling berhubungan tersebut.

Pelumasan juga diperlukan untuk menjaga / memelihara : tingkat keausan, timbulnya panas, timbulnya pemuaiian, kebersihan, sebagai pendingin dan sebagainya. Yang sangat penting tentang pelumasan adalah mendapatkan ketebalan tertentu (ketebalan minimal dari lapisan pelumas yang diperlukan), disamping itu juga harus diperhatikan viskositas minyak pelumasnya.

2.2.Fungsi Bahan Pelumas

Adapun fungsi dari bahan pelumas diantaranya adalah sebagai berikut :

a. Mengurangi Gesekan dan Kehausan

Ini merupakan fungsi primer dari bahan pelumas. Bahan pelumas harus mencegah persinggungan antara permukaan logam yang meluncur atau menggelinding pada daerah temperatur kerja, daerah pembebanan dan kondisi lainnya.

b. Memindahkan Panas

Panas yang timbul dipindahkan oleh minyak pelumas dari bantalan – bantalan atau roda gigi asalkan terjadi aliran minyak yang mencukupi.

c. Menjaga Sistem Tetap Bersih

Partikel – partikel logam akibat kehausan, abu yang berasal dari luar dan sisa hasil pembakaran dapat memasuki sistem dan menghalangi operasi yang efisien, bahan pelumas mesti menghindarkan kontaminasi dari komponen – komponen bergerak yang bisa mengalami kerusakan.

d. Melindungi Sistem

Karat bisa disebabkan kehadiran udara dan air serta kehausan korosif dapat dikarenakan asam-asam mineral yang terbentuk secara kimiawi selama pembakaran bahan bakar, justru karena itu bahan pelumas harus direncanakan untuk melindungi sistem terhadap serangan korosif kimiawi. Bahan pelumas umumnya mempunyai kekentalan yang relatif tinggi, terutama minyak mineral. Karenanya fluiditas atau kemampuannya untuk mengalir relatif rendah. Dengan demikian sifat ini dapat dimanfaatkan untuk melindungi sistem dari kontaminasi udara luar, dengan perkataan lain, bahan pelumas dapat berperan sebagai packing.

2.3.Sifat Minyak Pelumas

Beberapa sifat penting minyak pelumas

1. Kekentalan / viskositas

dapat berfungsi dengan baik, yaitu memperlambat keausan permukaan yang bergesekan, terutama pada beban yang besar dan pada putaran rendah. Minyak pelumas yang terlalu kental sulit mengalir melalui salurannya, sehingga menyebabkan kerugian daya mesin yang lebih besar. Sebaliknya minyak pelumas yang terlalu encer bisa menyebabkan kedua permukaan kontak langsung sehingga koefisien geseknya menjadi besar.

2. Titik tuang

Titik tuang adalah temperature minyak pelumas, pada saat minyak pelumas sulit mengalir karena minyak pelumas membentuk jaringan Kristal

3. Kelumasan

Kelumasan merupakan sifat mampu melumasi dari minyak pelumas. Minyak pelumas harus memiliki sifat kelumasan yang cukup baik, yaitu dapat membasahi seluruh permukaan logam yang bergesekan.

4. Stabilitas

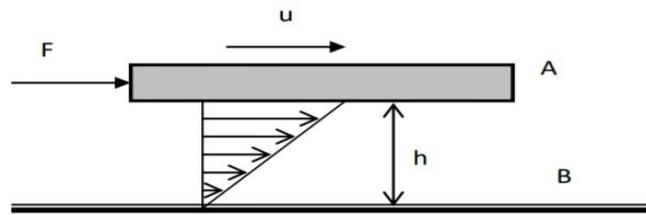
Stabilitas merupakan kesetabilan susunan kimia dari minyak pelumas. Beberapa minyak pelumas pada temperature tinggi akan berubah susunan kimianya sehingga terjadilah endapan yang menyebabkan cincin torak melekat pada alurnya

5. Indeks kekentalan / viskositas index

Kekentalan minyak pelumas berubah-ubah menurut perubahan temperature, semakin tinggi temperature kekentalan akan menurun. Minyak pelumas yang baik adalah minyak pelumas yang tidak banyak berubah viskositasnya ketika temperaturnya berubah, sehingga dapat berfungsi sebagaimana mestinya, baik dalam keadaan dingin, pada waktu mesin mulai berputar (start) maupun dalam keadaan panas, pada saat mesin bekerja

2.4.Karakteristik Pelumas

Dalam pembahasan tentang teori dan system pelumasan, salah satu hal yang perlu diperhatikan adalah adanya efek dari dalam minyak pelumas itu sendiri yang disebut viskositas yang dapat didefinisikan sebagai *"effect of the internal resistance of fluid lubrication"*.



Gambar 2.1. Teori viskositas pada suatu fluida (Deutschman, 1995 : 409)

Untuk menerangkan hal ini dilakukan dengan analisis yang menggunakan suatu cairan minyak pelumas yang ditempatkan diantara dua bidang A dan B. Bidang A didorong dengan gaya F sehingga bidang A bergerak dengan kecepatan u, bidang A tidak slip terhadap minyak pelumasnya, tetapi lapisan pelumas yang menempel pada bidang B ikut bergerak dengan kecepatan yang sama (u), sedangkan lapisan minyak pelumas yang menempel pada bidang B mempunyai kecepatan nol. Akibat gerakan-gerakan pada bagian pelumasnya, maka terjadilah gesekan-gesekan diantara molekul-molekul minyak pelumas.

Sesuai dengan Hukum Newton, tegangan geser (τ) berbanding lurus dengan viskositas (μ) dan perubahan kecepatan (du), secara matematis dapat ditulis : (Deutschman, 1995 : 410)

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \text{ dan } \frac{du}{dy} = \frac{U}{h}$$

$$\tau = \frac{F}{A}$$

dimana A = luas penampang bidang A , sehingga :

$$\frac{F}{A} = \mu \frac{U}{h} \text{ atau } F = \mu \frac{U}{h}$$

$$\mu = \frac{F \cdot h}{A \cdot U}$$

dimana : h = tebal lapisan minyak pelumas

Untuk menentukan unit atau satuan viskositas dapat menggunakan persamaan (2-2). 1. Satuan British (English System)

$$\mu = \frac{F \cdot h}{A \cdot U} = \frac{(lbf) \cdot (in)}{(in)^2 \cdot \left(\frac{in}{sec}\right)} = \frac{lbf \cdot sec}{in^2} = \text{reyn}$$

2. Sistem Internasional (International System)

$$\mu = \frac{F \cdot h}{A \cdot U} = \frac{(\text{dyne}) \cdot (\text{cm})}{(\text{cm})^2 \left(\frac{\text{cm}}{\text{sec}}\right)} = \frac{\text{dyne} \cdot \text{sec}}{\text{cm}^2} = \text{poise}$$

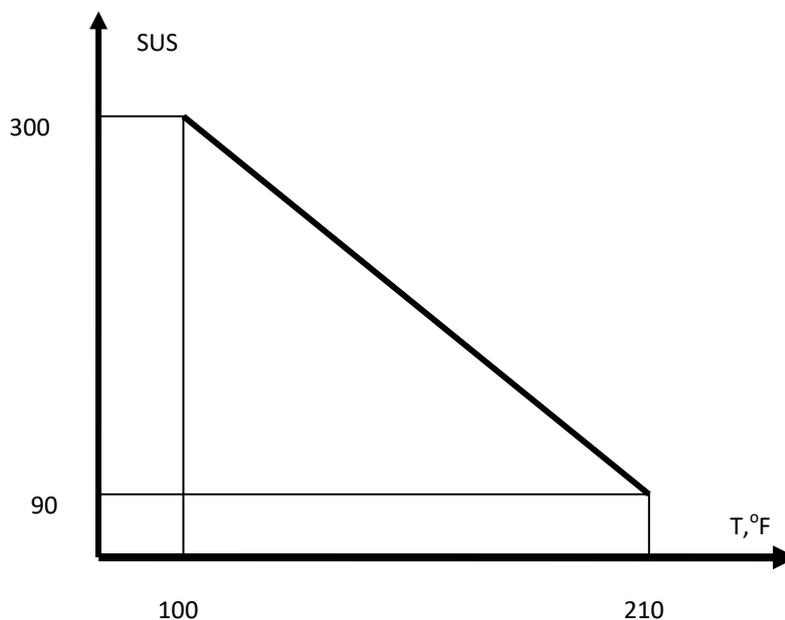
Satuan “reyn” biasa dikenal dengan satuan Reynold sesuai dengan nama penemunya. Demikian juga dengan ”poise” , satuan ini ditemukan oleh ahli Fisika Perancis yang bernama Poisenille. Konversi dari kedua satuan tersebut adalah :

$$1 \text{ reyn} = 6,9 \times 10^6 \text{ poise}$$

$$1 \text{ poise} = 100 \text{ cp atau (centi poise)}$$

Viskositas pada suatu minyak pelumas akan dapat menurun viskositasnya dengan terjadinya kenaikan temperatur, karena melemahnya ikatan molekul-molekul fluida. Viskositas dari minyak pelumaspun menjadi bervariasi dengan adanya perubahan temperatur. Oleh karena itu dalam kaitannya dengan berubahnya nilai viskositas, dikenal dengan istilah index viskositas yang bisa digunakan untuk mengetahui apakah minyak pelumas tersebut mudah atau tidak dipengaruhi oleh temperatur.

Kenaikan suhu atau penurunan tekanan akan berakibat melemahkan ikatan molekul *fluida* serta menurunkan *viskositasnya*. *Viskositas* dari semua jenis cairan akan menurun dengan naiknya suhu. Ini jelas terlihat pada minyak pelumas yang berasal dari minyak bumi, sebagai contoh dapat ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.2. Grafik Perubahan *viskositas* kinematik akibat kenaikan suhu dari suatu minyak pelumas.

Pada suhu 100 °F nilai viskositasnya 300 SUS, setelah temperaturnya naik menjadi 210 °F maka viskositasnya menurun menjadi 90 SUS.

2.4.1 Pengukuran Viskositas

Salah satu cara atau metode untuk mengukur dan menghitung viskositas minyak pelumas adalah dengan menggunakan peralatan yang disebut “ The Saybolt Universal Viscometer “. Hasil pengukuran dan perhitungan viskositas dengan alat ini, sampai sekarang menjadi standar unit dari viskositas pelumas dan dikenal dengan “Saybolt Universal Second” (SUS). Persamaan untuk menentukan viskositas dalam SUS ini adalah sebagai berikut : (Deutschman, 1995 : 414)

$$\mu = \frac{F.h}{A.U} \frac{(dyne).(cm)}{(cm)^2 \left(\frac{cm}{sec}\right)} = \frac{dyne.sec}{cm^2} = \text{poise}$$

dimana : μ = viskositas absolut pada temperatur t°F dalam satuan centipoise (cp)

SG_t = Specific Gravity pada temperatur t°F SG_{60} = Specific Gravity pada temperatur 60°F S = SUS (Saybolt Universal Second). t = temperatur minyak pelumas pada saat dilakukan pengujian, °F

Disamping viskositas absolut (μ), juga dikenal viskositas kinematik (ν), merupakan viskositas absolut (μ) per satuan massa jenis (ρ).

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{\frac{dyne.sec}{cm^2}}{\frac{dyne.sec^2}{cm^4}} = \frac{cm^2}{sec} = \text{stokes}$$

2.4.2 Index Viskositas

Nilai viskositas sangat dipengaruhi oleh temperatur, untuk beberapa pelumas tipe gas dan udara nilai viskositasnya naik dengan adanya kenaikan temperature, sedangkan untuk pelumas cair atau fluida nilai viskositasnya turun dengan adanya kenaikan temperatur. Dengan mengetahui hal tersebut, maka untuk menjaga agar tidak terjadi penurunan viskositas yang terlalu besar, maka kenaikan temperatur yang terlalu besar harus dihindari.

Berkaitan dengan berubahnya nilai viskositas terhadap temperatur, maka dikenal adanya istilah “Index

Viskositas” (VI) , yang menyatakan kepekaan viskositas terhadap perubahan temperatur Persamaan untuk menghitung VI adalah sebagai berikut :

$$VI = \frac{L-U}{L-H} \times 100 \%$$

dimana :

VI = Index viskositas, %

L = viskositas pelumas standar, yang mempunyai nilai VI = 0 % pada 100°F

H = viskositas pelumas standar, yang mempunyai nilai VI = 100 % pada 100°F

U = viskositas pelumas yang diukur VI – nya dengan dipanaskan 100°F

Arti nilai VI

VI = 100 %, berarti minyak pelumas yang mempunyai perubahan viskositas yang kecil dengan terjadinya kenaikan temperatur.

VI = 0 %, berarti minyak pelumas yang mempunyai perubahan viskositas yang besar dengan terjadinya kenaikan temperatur.

2.5 Penggunaan Minyak Pelumas pada Motor Bensin

Ditinjau dari kegunaan pelumasan di dalam kendaraan bermesin bensin ini ada empat tugas pokok dari minyak pelumas yang harus dihadapi. Tugas-tugas tersebut antara lain :

1. Sebagai pelumas mesin.
2. Berperan sebagai perambat panas.
3. Sebagai penyekat
4. Menjaga agar mesin tetap bersih.

Seperti telah diketahui bagaimanapun juga unjuk kerja minyak pelumas sangat tergantung pada *viskositasnya*, disamping kemampuannya membentuk lapisan film untuk dapat bertahan terhadap kondisi suhu dan tekanan yang tinggi.

Dengan tingkat kekentalan yang disesuaikan dengan volume maupun kebutuhan mesin. Maka semakin kental oli, tingkat kebocoran akan semakin kecil, namun di sisi lain mengakibatkan bertambahnya beban kerja bagi pompa oli. Oleh karena itu , peruntukan bagi mesin kendaraan baru direkomendasikan untuk menggunakan oli dengan tingkat

kekentalan SAE 10w-40, sebab seluruh komponen mesin baru memiliki celah dinding yang sangat kecil, sehingga akan sulit dimasuki oleh oli yang memiliki kekentalan tinggi

Tingkat kekentalan oli disebut Viscosity Grade, yaitu ukuran kekentalan dan kemampuan oli untuk mengalir pada temperatur tertentu menjadi prioritas terpenting dalam memilih oli. Kode pengenal oli adalah berupa huruf SAE (*Society of Automotive Engineers*). Angka yang mengikuti di belakangnya, menunjukkan tingkat kekentalan oli tersebut. Misalnya oli yang bertuliskan SAE 10w-40, berarti oli tersebut memiliki tingkat kekentalan SAE 10 untuk kondisi suhu dingin dan SAE 40 pada kondisi suhu panas. (Wijaya, R. Indra, 2005).

Semakin besar angka yang mengikuti kode oli menandakan semakin kentalnya oli tersebut. Sedangkan huruf W yang terdapat di belakang angka awal, merupakan singkatan dari winter. Dengan kondisi seperti ini, oli akan memberikan perlindungan optimal saat mesin start pada kondisi ekstrim sekalipun. Sementara itu dalam kondisi panas normal, idealnya oli akan bekerja pada kisaran angka kekentalan 40 menurut standar SAE.

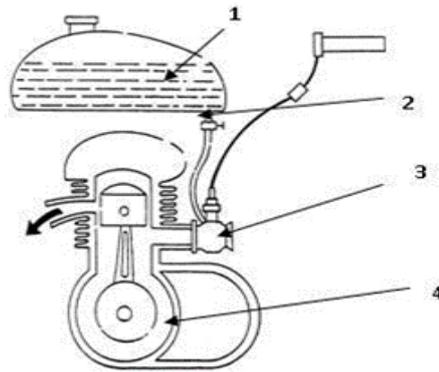
2.6 Cara – cara Pelumasan

Sistem pelumasan yang biasa dipergunakan pada motor bensin adalah sistem penekanan penuh yaitu minyak pelumas harus dapat mencapai seluruh bagian yang hendak dilumasi serta harus dapat memenuhi tugasnya dengan baik, secara umum sistem pelumasan yang dipakai bergantung pada konstruksi mesin dan kebutuhan akan pelumasan. Secara garis

2.6.1 Sistem Pelumasan Campur (Mix)

Sistem pelumasan campur adalah salah satu sistem pelumasan mesin dengan cara mencampur langsung minyak pelumas (oli campur/samping) dengan bahan bakar (bensin) sehingga antara minyak pelumas dan bahan bakar bercampur di tangki bahan bakar. Sifat-sifat sistem pelumasan campur :

- Tangki bahan bakar berada diatas mesin/ lebih tinggi dari mesin (pengaliran bahan bakar dengan gaya gravitasi).
- Sistem pelumasan jenis oli yang paling sederhana
- Pemakaian oli boros, timbul polusi udara tinggi
- Dipergunakan pada motor 2 Tak dengan kapasitas kecil.
- Menggunakan oli khusus 2 Tak yang bersifat mencampur baik dengan bensin dengan campuran 2% – 4% oli samping.



Gambar 2.3 Sistem pelumasan campur

Keterangan :

1. Campuran bensin dan oli samping
2. Kran bensin
3. Karburator
4. Ruang engkol

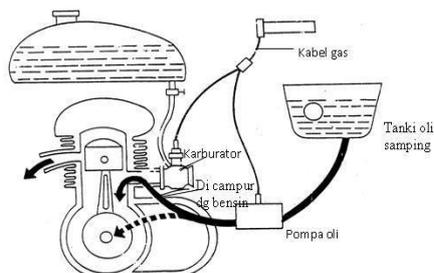
Cara kerja :

Pada saat kran bensin (2) dibuka, maka campuran bensin dan oli samping (1) akan mengalir menuju karburator (3) di karburator bensin, oli samping dan udara bercampur membentuk campuran yang homogen dan masuk kedalam ruang engkol dan selanjutnya campuran bensin dan oli samping akan melumasi bagian mesin yang berada di ruang engkol dan dinding silinder

Contoh kendaraan/mesin yang menggunakan sistem pelumasan jenis ini adalah motor stasioner, vespa.

2.6.2 Sistem Pelumasan Autolube

Sistem pelumasan autolube, oli samping/campur masuk kedalam ruang engkol dipompakan oleh pompa oli. Sehingga penggunaan oli samping/campur ini lebih efektif sesuai kebutuhan mesin. Sistem pelumasan ini digunakan pada mesin 2 tak. Oli samping/campur yang masuk ke dalam ruang engkol tergantung dari jumlah putaran dan pembukaan katup masuk (Reet Valve).



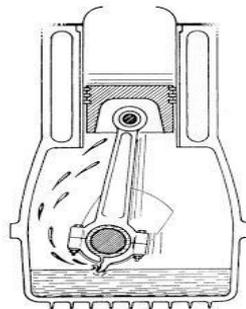
Gambar 2.4 Sistem Pelumasan Autolube

Cara kerja:

Saat mesin hidup handle gas ditarik, maka bensin mengalir ke karburator, seiring dengan tarikan handle gas, pompa oli berputar yang menyebabkan oli samping/campur ditangki terhisap dan ditekan menuju ruang engkol melalui saluran dibelakang karburator. Bensin dan oli samping/campur menjadi satu di belakang karburator yang selanjutnya masuk kedalam ruang engkol dan melumasi bagian-bagian yang bergerak.

2.6.3 Sistem Pelumasan Percik

Sistem pelumasan percik adalah sistem pelumasan dengan memanfaatkan gerakan dari bagian yang bergerak untuk memercikan minyak pelumas ke bagian-bagian yang memerlukan pelumasan, misal: poros engkol berputar sambil memercikan minyak pelumas untuk melumasi dinding silinder. Sistem pelumasan ini biasanya digunakan pada mesin dengan katup samping (side valve) dan kapasitas kerja.



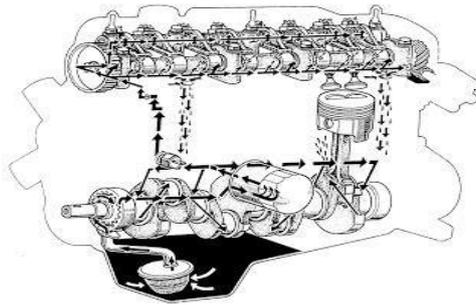
Gambar 2.5 Sistem Pelumas Percik

Cara kerja :

Saat mesin hidup, poros engkol berputar, bagian poros engkol yang menyerupai sendok membawa minyak pelumas dan akhirnya minyak pelumas memercik ke atas melumasi dinding silinder.

2.6.4 Sistem Pelumasan Tekan.

Minyak pelumas di dalam karter dihisap dan ditekan ke dalam bagian-bagian yang dilumasi dengan menggunakan pompa oli. Sistem pelumasan ini sangat cocok untuk melumasi bagian-bagian mesin yang sangat presisi. Aliran minyak pelumas tergantung pada jumlah putaran mesin, hal ini dikarenakan pompa oli diputar oleh mesin. Sistem pelumasan ini digunakan pada mesin 4 tak dan memiliki kelebihan pelumasan merata dan teratur. Minyak pelumas yang telah melumasi bagian-bagian mesin akan kembali ke karter kembali.



Gambar 2.6 Sistem Pelumas Tekan

Cara kerja :

Minyak pelumas di karter dihisap dan ditekan oleh pompa oli melalui strainer dan dipompakan menuju bagian-bagian yang dilumasi yang sebelumnya disaring oleh filter oli. Minyak pelumas yang telah melumasi bagian-bagian yang dilumasi akan kembali ke karter.

2.7 Jenis – Jenis Minyak Pelumas

2.7.1 Oli Mineral

Sebagian besar pelumas cair yang beredar di pasaran dan paling banyak penggunaannya terbuat dari bahan dasar minyak bumi. Oleh karena itulah sering kali kita menyebutnya sebagai Pelumas mineral, yakni Pelumas yang berbahan dasar dari minyak bumi hasil tambang (mining) yang dicampur dengan bahan *additive*. Oli mineral dapat diklasifikasikan menjadi tiga macam yaitu Paraffinic, Naphtenic, dan Aromatic.

Oli Paraffinic (parafin) diproduksi melalui proses pemecahan molekul hidrokarbon minyak bumi atau biasa dikenal dengan hydrocracking. Oli parafin memiliki kestabilan viskositas dan tahan terhadap oksidasi. Oli ini memiliki titik temperatur bakar tinggi serta titik temperatur alir (*pour point*) tinggi.

Oli Naphtenic diproduksi dari minyak bumi melalui proses distilasi atau penyulingan. oli tipe ini memiliki tingkat viskositas rendah, titik bakar rendah (mudah terbakar), titik alir rendah, serta ketahanan terhadap oksidasi yang relatif rendah.

Aromatic oil merupakan hasil dari proses pemurnian lebih lanjut dari oli parafin. sehingga oli aromatik memiliki titik bakar lebih tinggi.

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 pelumas 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.
- f. Mampu meningkatkan akselerasi.
- g. Komponen vital motor utamanya kopling dan rangkaian gear pada transmisi lebih awet dan tahan lama.

2.7.2 Oli Sintetis

Oli sintetis dibuat dari hidrokarbon yang telah mengalami proses khusus. Khusus yang dimaksud adalah bahwa pelumas ini dibuat tidak hanya sama dengan pelumas mineral akan tetapi melebihi kemampuan pelumas mineral. Melalui proses kimia dihasilkan molekul baru yang memiliki stabilitas termal, oksidasi dan kinerja yang optimal. Sehingga harga oli sintetis lebih mahal daripada pelumas mineral. Pelumas sintetis memiliki beberapa tipe yang diklasifikasikan berdasarkan perbedaan karakteristiknya, diantaranya :

Polyalphaolefins (PAO). PAO diproduksi melalui proses polimerisasi molekul hidrokarbon dari gas etilen dengan menggunakan katalisator logam.

Polyglycols (PAG). PAG diproduksi dari proses oksidasi etilena dan propilena. Hasil oksidan selanjutnya dipolimerisasi unti membentuk polyglycol. Oli jenis ini bersifat larut di dalam air, memiliki koefisien gesekan rendah, serta tahan terhadap tekanan kerja tinggi sekalipun tidak ditambahkan aditif tekanan tinggi.

Oli Ester. Tipe oli sintetis berikut diproduksi dengan mereaksikan asam dan alkohol dengan air. Karakter oli ester adalah ketahannya terhadap temperatur tinggi dan rendah.

Beberapa kelebihan pelumas sintetis 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.
- f. Sifat-sifatnya dapat diprediksi karena karakteristik produknya uniform.

2.7.3 Oli Semi Sintetis

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.

2.8 Zat Aditif Oli

Zat Aditif 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.

2.8.1 Karakteristik Zat Aditif Oli

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.

2.8.2 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 busa (gelembung udara) 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.

g) *Friction Modifier*

Berfungsi meningkatkan kinerja pelumasan pada logam yang bergesekan agar tidak cepat aus.

h) *Pour Point Depressant*

Berfungsi mencegah oli membeku atau mengental pada saat suhu dingin. *Pour Point Depressants* (PPD) dapat mencegah pembentukan kristal pada suhu rendah. Contoh PPD adalah *poly-metacrilates*, *etylen vinyl-acetate copolimers*, *poly-fumarates*. Penekanan *pour point* tergantung terutama pada karakteristik *base oil* dan konsentrasi polimer. PPD lebih efektif jika dipergunakan dalam minyak dasar viskositas rendah.

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.

2.9 Standarisasi Minyak Pelumas

2.9.1 SAE (Society of Automotive Engineers).

SAE ini adalah range tingkat kekentalan suatu pelumas seperti contoh: AE 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/grade saja contoh SAE 20. kalo yang menggunakan range 2bh seperti SAE 20w-50 disebut oli multigrade. Kalo 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-40. AE 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/grade saja contoh SAE 20. kalo yang menggunakan range 2bh seperti SAE 20w-50 disebut oli multigrade. Kalo 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 yg berbeda. semakin besar angka SAE berarti semakin kental produk tsb. Seperti SAE 10w-40 lebih encer dari SAE 20w-40

2.9.2 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 didunia adalah API SM. Dan perkembangan teknologi akan terus memicu peningkatan kualitas grade API tsb. Tapi API bukan satu2nya lembaga yang mengeluarkan grade tsb. ada juga ILSAC (International Lubricants Standarization & Approval Commitee) seperti contoh ILSAC GF-2.

Dan sampai saat ini yang tertinggi adalah ILSAC GF4. Dan masih banyak lagi seperti JASO (Japan Automotive Standard Association) , ACEA (Association Des Constructeurs Europeens d' Automobiles), DIN (Deutsche Industrie Norm).

2.9.3 ISO (International Standards Organization)

Bermarkas di Eropa Mengatur standar untuk banyak hal. Aq bahas yang standar untuk oli samping aja. Ada 3 spesifikasi:

1. ISO-L-EGB ---> memiliki persyaratan yang sama dg JASO FB
2. ISO-L-EGC ---> memiliki persyaratan yang sama dg JASO FC, di atas ISO-L-EGB
3. ISO-L-EGD ---> memiliki persyaratan yang sama dg JASO FD, di atas ISO-L-EGC

2.9.4 JASO (Japanese Automobile Standards Organization)

JASO mengatur standar oli untuk mesin bensin 4 langkah, mesin diesel dan mesin bensin 2 langkah dan mesin bensin 4 langkah

2.10 Pengaruh Suhu terhadap *Viskositas* Minyak Pelumas

Pengujian minyak pelumas dilakukan pada temperatur 40°C dan 100°C . Pada umumnya pengaruh suhu terhadap perubahan nilai *viskositas* sangatlah besar, dikarenakan melemahnya ikatan-ikatan molekul pada minyak pelumas itu sendiri, ketika suhunya naik, ikatan-ikatan molekul melemah sehingga viskositasnya turun. viskositas suatu fluida terjadi karena adanya gaya kohesi (gaya tarik menarik antara molekul).

Pengaruh suhu juga terjadi didalam mesin sepeda motor ketika dijalankan karena adanya gesekan yang besar pada konstruksi mesinnya yang berakibat menimbulkan panas yang tinggi dan berpengaruh terhadap perubahan *viskositas* minyak pelumas yang dipakai. Sehingga viskositas minyak pelumas turun.

2.11 Pengaruh Jarak Tempuh Terhadap *Viskositas* minyak Pelumas

Dengan bekerjanya mesin sepeda motor menyebabkan terjadinya gesekan secara terus menerus di dalam mesin. Hal ini mengakibatkan molekul minyak pelumas menjadi terkisis. Sehingga dengan bertambahnya jarak tempuk terkikisnya molekul pelumas semakin banyak dan membuat molekul pelumas tidak lagi dalam keadaan baik yang mengakibatkan melemahnya gaya kohesi pada minyak pelumas, sehingga viskositas akan semakin menurun dengan bertambahnya jarak tempuh. Dengan tercampurnya bahan bakar ke dalam bak oli juga mengakibatkan viskositas minyak pelumas menurun. Sehingga ketika nilai viskositasnya 50% dari viskositas minyak pelumas atau oli baru maka minyak pelumas atau oli tersebut waktunya diganti.

2.12 Parameter Utama Analisa Pelumas

Menganalisa pelumas secara langsung di lapangan (onsite) terbatas hanya pada beberapa parameter. Tetapi parameter-parameter tersebut sudah dapat memberikan data

yang akurat tentang kondisi pelumas dan kelayakannya untuk penggunaan lebih lanjut. Beberapa informasi penting tentang kondisi mesin dapat juga di peroleh, tetapi tidak selengkap analisa pelumas dengan spectrometric yang umumnya ada di laboratorium.

Beberapa parameter umum dari pelumas yang di uji secara langsung di lapangan (onsite) adalah:

1. Viskositas
2. Kontaminasi Air
3. Kontaminasi Garam
4. Polutan Padat Terlarut
5. Total Acid Number (TAN)
6. Total Base Asam (TBN)

2.12.1 Viskositas

Viskositas adalah sifat dasar terpenting dari pelumas. Pelumas dengan kekentalan yang sesuai membentuk lapisan film yang kuat pada celah bantalan, meminimalkan gesekan serta kebocoran. Kekentalan pelumas mesin dapat menurun akibat kontaminasi bahan bakar ringan dan rusaknya aditif polymer. Kekentalan dapat bertambah yang di akibatkan polutan jelaga atau di akibatkan kurang maksimalnya proses kerja filtrasi dan separasi. Proses penuaan pelumas sebagai akibat oksidasi dan pengaruh panas, juga menjadikan pelumas lebih kental. Kekentalan pelumas selalu di ukur dalam dua standar suhu, 40°C dan 100°C (ASTM D 445).

2.12.2 Kontaminasi Air

Kontaminasi air dapat menimbulkan banyak permasalahan di berbagai aplikasi pelumasan, masalah korosi sangat erat kaitannya dengan polutan air. Dalam aplikasi pelumasan apa pun, polutan air dapat “menggantikan” atau mengurangi ketebalan lapisan pelumas, dan dapat pula menjadi katalis dari fasa penurunan kualitas pelumas. Hal ini merupakan masalah khusus yang di temui pada jenis pelumas sintesis berbahan dasar ester (banyak di pakai sebagai pelumas turbin) dimana sangat mudah bereaksi dengan setiap jenis polutan air. Kontaminasi air dalam bentuk emulsi dapat menaikkan kekentalan pelumas. Sering kali mengganggu kesetabilan dan merusak zat aditif pelumas. Permasalahan mulai timbul secara tersembunyi atau nyata terlihat pada semua sistim pelumasan dengan tingkat kontaminasi air selitar 0.2%, beberapa sistim pelumasan sangat sensitive terhadap kontaminasi air.

Air adalah polutan berbahaya di berbagai aplikasi pelumasan, penyebab berbagai kerusakan serius dan mahal. Kontaminasi air pada tangki pelumas menimbulkan tumbuhnya microbiologi, timbulnya ragi, jamur serta bakteri yang akan menyumbat filter dan juga sangat korosif pada sistim bahan bakar mesin. Pada aplikasi pelumasan beban tinggi, terutama bila lapisan film pelumas sangat tipis (pelumasan roda gigi), kontaminasi air menyebabkan berkurang atau bahkan menghilangkan lapisan film pelumas. Bentuk lain kerusakan akibat air adalah timbulnya karat yang menyebar sepanjang jalur pelumas mengalir.

Terdapat banyak sumber potensial masuknya air dalam sistim pelumasan:

- a) Kebocoran air dari sistim pendinginan dan pemanas dengan media uap.
- b) Kondensasi pada tangki mau pun crankcase.
- c) Blow-by dari ruang bakar mesin.
- d) Kebocoran pada pipa pernafasan tangki .
- e) Kebocoran air pendingin jaket silinder akibat seal mesin yang aus.
- f) Pencemaran saat proses penambahan pelumas.

Bahaya kontaminasi air :

- a) Menimbulkan karat pada semua komponen logam.
- b) Menimbulkan kerusakan pada bantalan (bearing).
- c) Merusak zat aditif pada pelumas.
- d) Membentuk emulsi, air+pelumas.
- e) Menimbulkan uap bertekanan pada sistim pelumasan penyebab kavitasi.

2.12.3 Kontaminasi Garam (Salt)

Polutan garam mengindikasikan kontaminasi air laut yang sangat korosif di banding air biasa. Garam akan teroksidasi dan tertinggal pada jalur pelumasan saat bereaksi dengan panas mesin. Hal ini dapat menimbulkan kerusakan mesin dan sebagai katalis proses tumbuhnya karat dan keasaman di dalam sistim pelumasan. Garam bereaksi dengan lapisan timah pada bantalan dan membentuk serbuk timah yang keras yang akan menggores permukaan poros dan bantalan itu sendiri. Bila bercampur dengan gas dan polutan lain hasil proses pembakaran BBM berat, potensi kerusakan korosi, erosi, dan penyempitan jalur pelumasan mesin. Batas maksimal untuk garam adalah 50 ppm, sebaiknya 0 ppm.

2.12.4 Polutan Padat Terlarut

Pengujian ini hanya berlaku pada jenis pelumas mesin diesel, dimana tingkat kontaminasi yang tinggi di bandingkan berbagai aplikasi dan sistim pelumasan lainnya. Terdapat pengecualian pada sejumlah aplikasi turbin gas di bidang aviasi, lazim di kenal sebagai masalah “black oil” Laboratorium mengukur jumlah polutan padat terlarut (insolubles) dengan standar ASTM D893, ini merupakan acuan praktisi industry dalam standar uji dan pengukuran.

Pengukuran insolubles dapat pula termasuk total insolubles dengan acuan IP316 yang menggunakan pelarut jenis heptane dan memiliki korelasi hasil pengukuran yang baik dengan standar ASTM D893. Pengujian lain seperti IC Photometer, memberikan indikasi karbon konten, keausan logam, abu bahan bakar yang bersifat logam dan kotoran pada udara.

Kemampuan aditif dispersan dan deterjen dari pelumas akan terpengaruh dan berkurang. Hal ini mempercepat kecendrungan timbulnya penumpukan kotoran di daerah sekitar torak bagian atas serta bagian-bagian ring piston. Tingginya tingkat insolubles akan menaikkan keausan dan gesekan pada komponen mesin. Hal ini dapat pula terindikasi dengan naiknya jumlah konsumsi pelumas yang sangat sering di temui pada mesin-mesin dengan kondisi buruk.

2.12.5 Total Acid Number (TAN)

Total Acid Number menunjukkan kondisi oksidasi dari oil. Jika nilai TAN meningkat, menunjukkan deterioration (kerusakan) dan penurunan performance dari oil. Nilai total Acid number mengindikasikan berat dalam mg Potassium hydroxide (KOH) yang diperlukan untuk menetralsir asam yang terkandung dalam 1 gram oil pengujian, dan dinyatakan sebagai mgKOH/g. Berikut adalah penyebab khusus dari oksidasi adalah :

1. Oksidasi melalui kontak dengan air atau udara.
2. Peningkatan oksidasi karena masuknya partikel- partikel metal kedalam oil.
3. Peningkatan oksidasi akibat kenaikan temperatur kerja oil.

Jika nilai TAN diatas 7, akan mengakibatkan lapisan lead (timah) pada bearing metal mengelupas, kemudian rusak (seizure) atau menyebabkan keausan abnormal pada metal engine. Maka dari itu jika nilai TAN lebih dari 7 mg KOH/g waktunya minyak pelumas atau oli diganti.

2.13 Total Base Number (TBN)

Total Base Number (TBN) versi elektronik bekerja dengan bantuan konsul unit dari OTC, Power Plant Laboratory dan di gunakan mengukur nilai basa pelumas. Mengukur dan mengetahui nilai basa pelumas sangatlah penting dalam memastikan cadangan aditif basa dan laju penurunan aditif tersebut dari waktu ke waktu. Aditif basa menetralkan garam asam dari proses pembakaran dan oksidasi pada mesin yang juga mencemari pelumas.

Pelumas dengan aditif basa hanya ditemui pada aplikasi pelumas mesin dengan proses pembakaran internal dan aplikasi khusus lainnya. Tingkat keasaman pada mesin harus di netralkan untuk mencegah proses korosi pada bagian mesin.

Nilai basa awal dari pelumas sangat bervariasi, pada pemilihannya dipengaruhi tingkat garam asam yang dihasilkan mesin tersebut. Mesin-mesin dengan bahan bakar diesel residu ber-sulfur tinggi memerlukan nilai basa antar 40 ~ 80. Sedangkan mesin-mesin diesel berbahan bakar minyak diesel destilasi hanya memerlukan TBN kurang dari 10. Produk FG-K25197-KW, Total Base Number (TBN) juga ditawarkan dalam paket stand-alone kit dalam kemasan tas metal yang eksklusif.

Fitur TBN Cell elektronik:

- Sangat mudah dalam penggunaan dan perawatan.
- Kualitas produk standar International.
- Akurasi tinggi, hemat biaya investasi awal dan operasional.
- Spare part dan reagent tersedia di setiap negara.
- NATO Stock No: 6630-99-702-4865.

Akurasi:	+/- 5%
Aplikasi:	Pelumas
Korelasi standar:	IP400
Power:	110/240 VAC user selected
Batas ukur:	5 ~ 99 TBN
Waktu uji:	3 menit
Dimensi:	N/A (bagian dari Oil Test Centre)
Berat:	N/A (bagian dari Oil Test Centre)

2.13.1 Heated Viscometer

Heated Viscometer di gunakan mengukur tingkat kekentalan bahan bakar minyak dan pelumas. Mengukur dan mengetahui nilai kekentalan bahan bakar sangatlah penting dalam memastikan spesifikasi bunker yang Anda terima, menghitung nilai CCAI, dan tindakan awal dalam penyesuaian seting peralatan pengolahan minyak. Nilai kekentalan merupakan parameter yang sangat penting dari pelumas. Minyak lumas dengan nilai kekentalan yang tepat menghasilkan lapisan film pelumas yang kuat pada bantalan, meminimalkan resiko gesekan dan kebocoran.

Heated Viscometer mampu mengukur nilai kekentalan minyak pelumas pada banyak aplikasi; mesin diesel, mesin gas, turbin, kotak roda gigi (gearboxes), hidrolik dan bahan bakar. Hasil pengukuran menggunakan standar centistoke (cSt) dengan 3 cara:

- **Tanpa pemanasan dengan "automatic viscosity correction 40°C" pelumas.**
- **Pemanasan 50°C pada minyak bakar (residual / MFO / HFO).**
- **Pemanasan 40°C pada pelumas dan bahan bakar destilasi (HSD / Gas Oil / minyak solar).**

Alat pengukur viskositas dari Kitiwake sangat umum digunakan praktisi industri dan perkapalan. Akurasi hasil pengukuran telah teruji sesuai **hasil lab Saybolt** berikut ini.

Fitur Heated Viscometer:

- Memonitor perubahan nilai kekentalan pelumas sebagai langkah pencegahan gangguan dan kerusakan mesin/peralatan industri.
- Memastikan spesifikasi bbm sesuai saat bunker di terima dan jastifikasi dalam proses pencampuran bbm.
- Memberikan kepastian nilai kekentalan bbm sebelum proses penyimpanan, transmisi dengan pompa, filtrasi dan purifikasi.
- Prediksi kualitas proses pembakaran bbm (CCAI - Calculated Carbon Aromaticity Index).
- Memastikan berat jenis (density) bunker dari 50°C ke kg/m³ @ 15°C in vacuo
- Buku panduan dan referensi teknis 190 halaman, lengkap dengan interpretasi hasil pengukuran.

Akurasi:	+/-3% (20-450cSt)
Aplikasi:	Bahan bakar dan pelumas
Hasil pengukuran:	Viskositas 15°C atau 40°C (heated), Viskositas 40°C (unheated, koreksi ke 40°C), Viskositas 100°C (kalkulasi), Calculated Carbon Aromaticity index (CCAI), Density korelasi dari 50°C ke 15°C vacuo, Variable viscosity Index (unheated mode)
Korelasi standar:	ASTM D445, IP71
Power:	110/240 VAC user selected
Batas ukur:	20-810 cSt 50°C (ISO fuel grades RMA 10 s/d 55) 20-810 cSt 40°C (minyak pelumas SAE 5 s/d 50)
Waktu uji:	Pemanasan dari 25°C dalam 10 menit, Viscosity 40°C unheated 3 menit, Pengulangan tes 30 detik maksimum
Dimensi:	250 x 130 x 90 mm
Berat:	10 kgs

2.13.2 Water in Oil Cell

Water in Oil Cell versi elektronik bekerja dengan bantuan konsul unit dari **OTC, Power Plant Laboratory** dan di gunakan mengukur polutan air pada pelumas dan bahan bakar. Air adalah pembunuh utama pelumas dan sistim pelumasan pada mesin Anda. Polutan air membuat pelumasa menjadi lebih encer dan meminimalkan kekuatan lapisan film pelumas.

Pengukuran nilai polutan air berlaku pada semua aplikasi pelumasan mesin-mesin tanpa terkecuali, seperti: mesin diesel/gas, hidrolik, kotak roda gigi (gearboxes), oli trafo, turbin uap/gas, kompresor, dan sebagainya. Air menyebabkan korosi, katalis oksidasi, media hidup bakteri, meningkatkan kadar ke-asaman, dan membentuk lumpur pelumas (sludge).

Pada aplikasi bahan bakar, kadar polutan air mengindikasikan kerugian besar anggaran belanja bbm dan potensi gangguan pada sistim pengolahan minyak. Setiap mesin berpotensi mengalami kerusakan serius sebagai akibat polutan air pada sistim distribusi, transmisi dan injeksi bahan bakar.

Produk FG-K25195-KW, Water in Oil Cell juga ditawarkan dalam paket stand-alone kit dalam kemasan tas metal yang eksklusif. Produk Water in Oil Cell juga digunakan para produsen dan pengguna biodiesel dalam mengukur kandungan air pada biodiesel.

Fitur Water in Oil Cell elektronik:

- Sangat mudah dalam penggunaan dan perawatan.
- Kualitas produk standar International, JOAP approval.
- Akurasi tinggi, hemat biaya investasi awal dan operasional.
- Spare part dan reagent tersedia di setiap negara.
- NATO Stock No: 6630-99-024-7089.

Akurasi:	+/- 0.1% Standard Cell +/- 100 ppm Low Gain Cell
Aplikasi:	Bahan bakar dan pelumas
Korelasi standar:	ASTM D4928 IP386
Power:	110/240 VAC user selected
Batas ukur:	0 - 2.5% Standard Cell (blue painted) 0 - 6000 ppm Low Gain Cell (unpainted IP386) 0 - 3000 ppm High Gain Cell
Waktu uji:	3 menit (Standard & Low Gain Cell) 7 menit (High Gain Cell)
Dimensi:	N/A (bagian dari Oil Test Centre)
Berat:	N/A (bagian dari Oil Test Centre)

2.14 Total Acid Number (TAN)

Total Acid Number (TAN) versi elektronik bekerja dengan bantuan konsul unit dari **OTC, Power Plant Laboratory** dan di gunakan mengukur nilai asam pelumas. Mengukur dan mengetahui nilai asam pelumas sangatlah penting dalam memastikan laju pertumbuhan tingkat ke-asaman pelumas dari waktu ke waktu. Nilai ke-asaman mengindikasikan tingkat oksidasi pelumas serta proses penuaan (aging) dari pelumas.

Pengukuran nilai ke-asaman pelumas hanya berlaku pada aplikasi pelumasan mesin-mesin tanpa proses pembakaran internal, seperti: hidrolik, kotak roda gigi (gearboxes), oli trafo, turbin uap, kompresor, dan sebagainya. Tingkat keasaman pada mesin harus di amati

dengan seksama untuk mencegah proses korosi pada bagian mesin dan indikasi periode penggantian pelumas.

Produk FG-K25196-KW, Total Acid Number (TAN) juga ditawarkan dalam paket stand-alone kit dalam kemasan tas metal yang eksklusif. Produk Total Acid Number (TAN) juga digunakan para produsen dan pengguna biodiesel dalam mengukur free fatty acid.

Fitur TAN Cell elektronik:

- Sangat mudah dalam penggunaan dan perawatan.
- Kualitas produk standar International.
- Akurasi tinggi, hemat biaya investasi awal dan operasional.
- Spare part dan reagent tersedia di setiap negara.
- NATO Stock No: 6630-99-702-4865.

Akurasi:	+/- 0.2 TAN
Aplikasi:	Pelumas
Korelasi standar:	IP177 (ASTM D974) SAE ARP 5088 (modified IP139, ASTM D974)
Power:	110/240 VAC user selected
Batas ukur:	0 ~ 3 / 0 ~ 6 KOH / g TAN
Waktu uji:	2 menit
Dimensi:	N/A (bagian dari Oil Test Centre)
Berat:	N/A (bagian dari Oil Test Centre)

2.14.1 Insolubles (Soot Index)

Insolubles Cell versi elektronik bekerja dengan bantuan konsul unit dari OTC, Power Plant Laboratory dan di gunakan mengukur polutan padat terlarut dalam pelumas. Insolubles atau tingkat polutan padat terlarut dalam pelumas adalah parameter kebersihan pelumas terhadap polutan padat dari proses kerja mesin. Insolubles sangat identik pada aplikasi pelumas mesin pembakaran internal dimana sangat banyak menghasilkan jelaga (soot) pada proses pembakaran.

Layaknya polutan padat pada fluida, proses pelumasan akan terbebani dan meningkatkan nilai kekentalan pelumas itu sendiri. Polutan ini akan mengganggu proses pelumasan dan menciptakan "hot spot" pada bagian mesin yang berputar serta bergesekan.

Akumulasi insolubles menimbulkan lapisan kerak (karbon) pada bagian mesin dan memperkecil jalur aliran pelumas. Menurunkan efisiensi pertukaran panas pada peralatan penukar panas (heat exchanger), serta menimbulkan timbunan lumpur pelumas (sludge).

Insolubles mengindikasikan kualitas proses pembakaran yang mengalami kebocoran (blow-by) dan kemampuan unit filtrasi dalam menangkap polutan padat. Peningkatan nilai insolubles juga ditimbulkan dari kualitas bahan bakar yang buruk (out of spec) yang tidak terbakar secara sempurna.

Fitur Insolubles Cell elektronik:

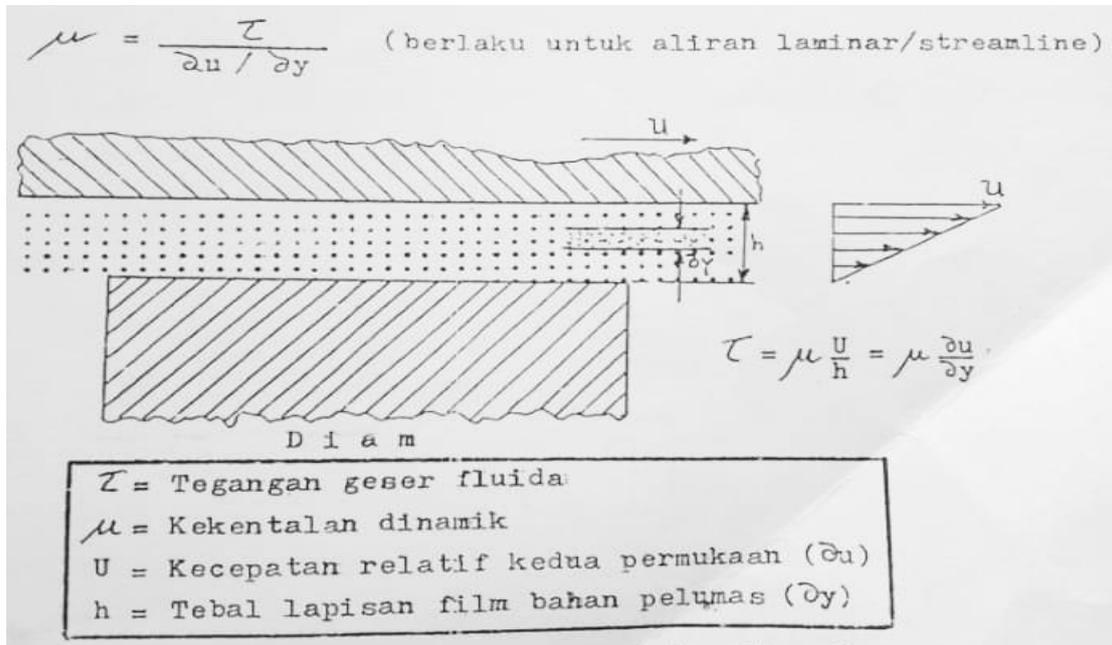
- Sangat mudah dalam penggunaan dan perawatan.
- Kualitas produk standar International, JOAP approval.
- Akurasi tinggi, hemat biaya investasi awal dan operasional.
- Spare part dan reagent tersedia di setiap negara.
- NATO Stock No: 6630-99-811-8517.

Akurasi:	+/- 0.1 w/w
Aplikasi:	Pelumas
Korelasi standar:	IP316 & Mobil Oil Soot Index
Power:	110/240 VAC user selected
Batas ukur:	0 - 3.5% w/w (IP 316) 0 - 1.75% (soot index)
Waktu uji:	20 detik
Dimensi:	N/A (bagian dari Oil Test Centre)
Berat:	N/A (bagian dari Oil Test Centre)

2.15 Kekentalan Dinamik dan Kinematik

Kekentalan merupakan sifat paling penting bagi minyak pelumas khususnya dan bahan pelumas pada umumnya, karena sifat ini secara garis besar menunjukkan kemampuan untuk melumasi sesuatu. Sifat ini juga sekaligus menunjukkan kemampuan fluida untuk mengalir dibawah pengaruh tekanan yang dikenakan dan besarnya harga

kekentalan merupakan perbandingan antara tegangan geser yang bekerja dengan kadar geseran (rate of shear). Secara matematis dapat ditulis :



Gambar 4.3 Pendefinisian Kekentalan Dinamis Melalui hukum Newton aliran Viskos

Kekentalan dinamik disebut juga kekentalan absolut, sementara kadar geseran adalah $\partial u / \partial y$. Jika kekentalan dinamik dibagi dengan rapat massa pada temperatur yang sama hasilnya disebut kekentalan "Kinematik".

Jika parameter – parameter dinyatakan dalam sistem satuan cgs (centimeter-gram-detik) tegangan geser dalam dyne/cm² dan kadar geseran dalam det⁻¹ maka satuan kekentalan dinamik adalah "poise" disingkat P. Sedangkan satuan rapat massa gram/cm³ sehingga satuan kinematik adalah "stoke" disingkat st, satuan yang sering dan paling umum dalam bidang industri perminyakan adalah "centipoise" disingkat cP dan "centistoke" disingkat cSt dimana 1 P = 100 cP dan 1 St = 100 cSt.

Satuan SI resmi (System Internationale d'Unites) untuk kekentalan dinamis adalah N dt/m² atau kg/m dt dan kekentalan kinematik satuannya adalah m²/dt. Dengan demikian diperoleh hubungan satuan – satuan :

$$1 \text{ P} = 10^{-1} \text{ N dt/m}^2 \text{ dan } 1 \text{ cP} = 10^{-3} \text{ N dt/m}^2$$

$$1 \text{ St} = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{dt}^2 \text{ dan } 1 \text{ cSt} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{dt}^2$$

Minyak pelumas mempunyai kekentalan dari 10⁺¹ sampai 2x10³ cP. Karena rapat massa minyak pelumas adalah kira-kira 0,9 maka besarnya kekentalan dinyatakan dalam

cP atau cSt tidak berbeda banyak. Penentuan kekentalan harus pada temperatur konstan yang dispesifikasikan : -18°C , 40°C , 50°C dan 100°C adalah yang paling umum dewasa ini. Beberapa kekentalan fluida pada temperatur kamar dicantumkan pada tabel berikut ini :

Tabel 4.3 Kekentalan Beberapa Fluida Pada Temperatur Kamar

Fluida	Kekentalan dinamik dalam cP	Kekentalan Kinematik dalam cSt
Udara	0,018	15
Bensin	0,5	0,7
Air	1	1
Minyak Zaitun	84	93
Gliiserol	1500	1250
Minyak Pelumas	8 - 1400	10 - 1500

Pelumasan hidrodinamis pada bantalan putaran tinggi dan tekanan yang rendah seperti motor listrik digunakan kekentalan tinggi (200 – 300 cSt pada 50°C), sedangkan untuk bantalan putaran rendah digunakan kekentalan rendah (6 – 12 cSt pada 50°C).

2.16 Hubungan Kekentalan Dengan Temperatur

Yang penting dalam setiap situasi dimana bahan pelumas bekerja pada suatu daerah temperatur tertentu. Pada temperatur rendah molekul – molekul pada cairan sangat rapat sekali satu nama lain, dengan kata lain volume bebas terbatas. Pada daerah ini tahanan cairan untuk mengalir (kekentalannya) bergantung secara kritis pada ukuran, bentuk dan fleksibilitas dari molekul – molekul dan gaya tarik molekul – molekul tersebut. Pada temperatur tinggi volume bebas bertambah, kekentalan fluida turun dan ukuran, bentuk dan ukuran, bentuk molekul – molekul dan sebagainya tidak begitu penting. Kenaikan tekanan pada cairan mengurangi volume bebas dan menghasilkan akibat yang sangat sama dengan pengurangan temperatur.

Pada minyak pelumas dengan ukuran molekul-molekulnya bertambah akan sekaligus menaikkan titik didih, titik beku,rapat massa dan kekentalannya sementara volatilitasnya menurun.

Hubungan paling berguna yang mana dapat digunakan pada minyak mineral dengan daerah temperatur yang besar adalah :

$$\log_{10} \log_{10} (v + 0,6) = n \log_{10} T + C$$

dimana :

v = kekentalan kinematik (cSt)

T = temperatur ($^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 460$)

C = konstanta

n = konstanta

Untuk keperluan interpolasi dan ekstrapolasi dari kekentalan bila diketahui kekentalan minyak pelumas pada dua temperatur maka masyarakat Amerika untuk pengujian dan bahan (ASTM) mempublikasikan Grafik Kekentalan – temperatur untuk Hasil Minyak Cairan (D.341-39) yang mana Grafik C_1 kekentalan kinematik, Daerah (range) yang Tinggi sangat berguna, kedua sumbu grafik diskalakan sesuai dengan persamaan di atas sehingga data kekentalan untuk minyak pelumas dilukis pada garis – garis lurus.

Grafik – grafik yang dijelaskan di atas juga dapat digunakan untuk menaksir kekentalan dari campuran dua jenis minyak pelumas yang mana kekentalannya diketahui pada temperatur antara 0°F dan 100°F diperhitungkan sebagai persentase dalam campuran dari minyak pelumas dengan kekentalan yang lebih tinggi, kekentalan minyak pelumas yang lebih viskos dilukis pada 100°F dan yang kurang viskos dilukis pada 0°F . Kekentalan semua campuran dua jenis minyak pelumas berada pada garis lurus yang menghubungkan kedua titik tersebut.

Persamaan Rosland, Blok dan Viugtar juga memberikan hubungan antara kekentalan minyak pelumas dengan temperturnya dan dinyatakan sebagai berikut :

$$\log(1.200 + \log \omega) = \log b - S \log \left(1 + \frac{t}{135}\right)$$

Dimana :

μ = kekentalan dalam cP

t = temperatur dalam $^{\circ}\text{C}$

S = indeks slope (dituntut konstan untuk minyak pelumas dari minyak mentah yang diolah sama, dengan cara yang sama dengan cara yang sama dan untuk keluarga cairan)

persamaan di atas belum dievaluasi penuh tapi dituntut untuk dapat dipakai pada cairan dengan daerah/range yang sangat luas, termasuk untuk minyak – minyak mineral. $G = \log b$ adalah konstanta untuk setiap minyak pelumas dan berkaitan dengan level kekentalannya. Grafik kekentalan temperatur yang didasarkan atas persamaan di atas tersedia dari Delft University. Kurva – kurvanya berada sejajar dalam grafik tersebut.

Persamaan volume bebas pada temperatur rendah dinyatakan :

$$\log \mu = A + B \frac{V_c}{V_f} A^1 + \frac{B}{T - T_o}$$

Dimana :

V_c = Volume yang ditempati

V_f = Volume Bebas

A, B dan A^1 adalah konstanta serta T dan T_o adalah temperatur.

Persamaan energi untuk kekentalan terbatas pada temperatur tinggi ($\mu < 0,1 P$) dinyatakan : $\log \mu = A + \frac{B}{T}, T (^{\circ}K)$

Persamaan ASTM emperis adalah :

$$\text{Log log } (v + 0,7) = A - B \log (T + 273)$$

Dimana :

v = kekentalan kinematik (cSt)

T = temperatur ($^{\circ}C$)

Persamaan ini berlaku untuk $v > 2cSt$ dan untuk kekentalan yang lebih rendah diperlukan suku tambahan pada persamaan tersebut. Kurva persamaan ini digambarkan pada Grafik Kekentalan – Temperatur ASTM.

Persamaan kekentalan – Tekanan – Temperatur Roeland dinyatakan :

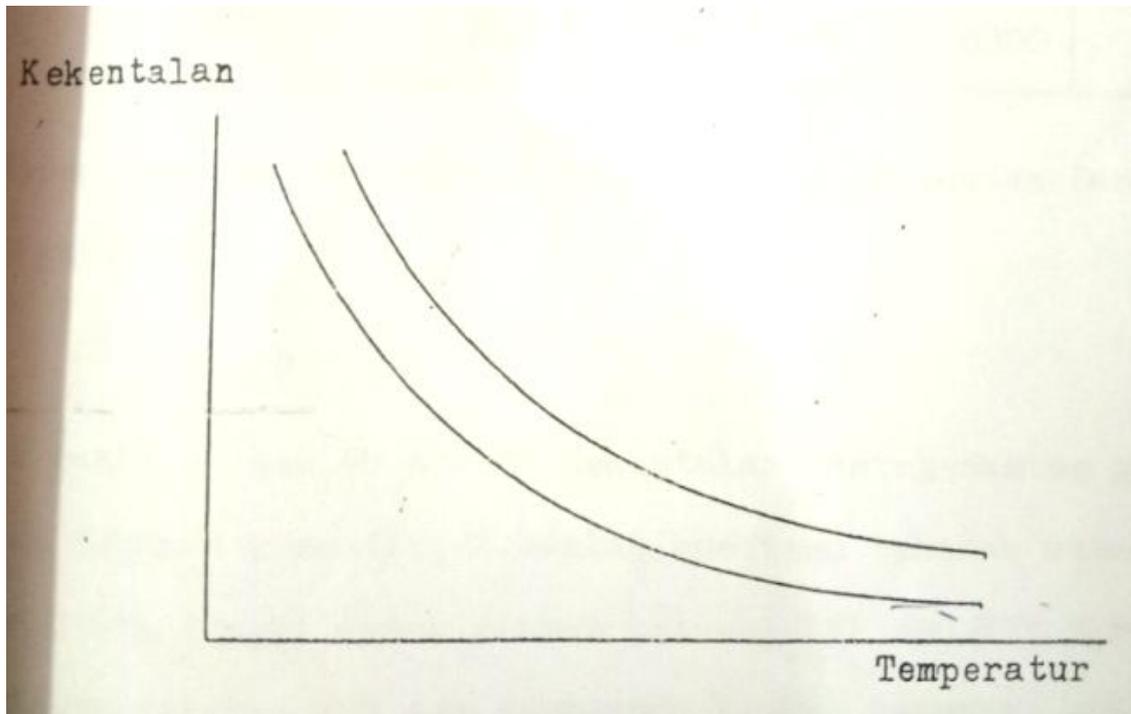
$$\log (1.200 + \log \mu) = - S_e \log (1 + t/135) + \left[-C \log \left(1 + \frac{t}{135} \right) + D \right] \log \left(1 + \frac{P}{2000} \right) + \log G_o$$

persamaan Kekentalan – Temperatur Vogel adalah :

$$\mu = A \exp\left(\frac{B}{T+c}\right)$$

Dimana μ adalah kekentalan dalam poise atau centipoise dan T adalah temperatur dalam °C.

Pada gambar dibawah ini ditunjukkan secara grafis pengaruh perubahan temperatur terhadap kekentalan minyak pelumas .



Gambar 4.4 Pengaruh Perubahan temperatur terhadap Kekentalan Minyak Pelumas Mineral

2.17 Predictive Maintenance

Predictive maintenance Adalah suatu kegiatan *maintenance* yang bertujuan mengupayakan adanya prediksi kapan komponen tersebut akan diganti, di perbaiki dan teknik yang dirancang untuk membantu menentukan kondisi peralatan *inservice* untuk memprediksi kapan pemeliharaan harus dilakukan.

Predictive maintenance membutuhkan bantuan alat-alat presisi seperti Vibration Analyzer, Oil Analysis, Ultrasonic, dll. Dengan memakai Vibration Analyzer, kita misalnya bisa mengetahui gejala kerusakan pada bearing, looseness, unbalance pada kondisi yang paling dini, sehingga kita bisa melakukan persiapan untuk shutdown dengan lebih terencana. Pembelian atau pembuatan spare parts, manpower, tools dapat dipersiapkan lebih awal sehingga walaupun kita melakukan shutdown akan membutuhkan waktu dan biaya yang jauh lebih mahal, dan bahkan mungkin menyebabkan mesin tersebut tidak dapat digunakan lagi. Analisa oli adalah teknologi kuat yang memiliki banyak aplikasi di berbagai industri. Sampel oli dapat diuji untuk viskositas, partikel keausan, kandungan air, dan banyak lagi. Analisa oli dilakukan dengan mengambil sampel-sampel oli pada periode waktu tertentu, biasanya pengambilan sampel dilakukan pada saat service berkala, misalnya setiap 250 jam. Ada 2 hal utama yang diperiksa pada analisa oli, yaitu jumlah partikel pengotor (kontaminan) yang tercampur pada oli, dan jumlah partikel yang aus yang disebabkan terjadinya gesekan antar logam pada mesin.

Berikut adalah beberapa contoh dalam analisa oli dalam penerapan *predictive maintenance*, antara lain :

1. *Viscosity (at 40°C and 100°C).*
2. *Acidity (TAN/TBN).*
3. *Solid contaminants (particle count and Element Analysis).*
4. *Additive level (Element Analysis).*
5. *Water content in ppm (Karl Fisher Titration).*
6. *Oxidation stability / varnish potential.*
7. *Flashpoint.*
8. *Foaming tendency.*

Yang paling penting dalam analisa oli adalah melihat tren, karena pada oli, tingkat keausan dan ingressi akan berbeda antara mesin ke mesin. Membandingkan data oli bekas dengan oli baru sebagai *baseline* juga sangat penting.

2.18 Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian ini penulis menggunakan penelitian terdahulu sebagai tolak ukur dan acuan untuk menyelesaikannya, penelitian terdahulu memudahkan penulis dalam menentukan langkah-langkah yang sistematis untuk penyusunan penelitian dari segi teori maupun konsep. Iksan (1996) menyatakan bahwa tinjauan pustaka harus mengemukakan hasil penelitian yang relevan dalam pendekatan permasalahan penelitian : teori, konsep – konsep, analisa, kesimpulan, kelemahan dan keunggulan pendekatan yang dilakukan oleh orang lain dalam penelitian, penulis harus belajar dari peneliti lain, untuk menghindari duplikasi dan pengulangan penelitian atau kesalahan yang sama seperti yang dibuat oleh peneliti sebelumnya. (Masyhuri dan Zainuddin, 2008 : 100).

Penelitian sejenis ini telah dilakukan sebelumnya, beberapa penelitian yang mendasari penelitian ini antara lain:

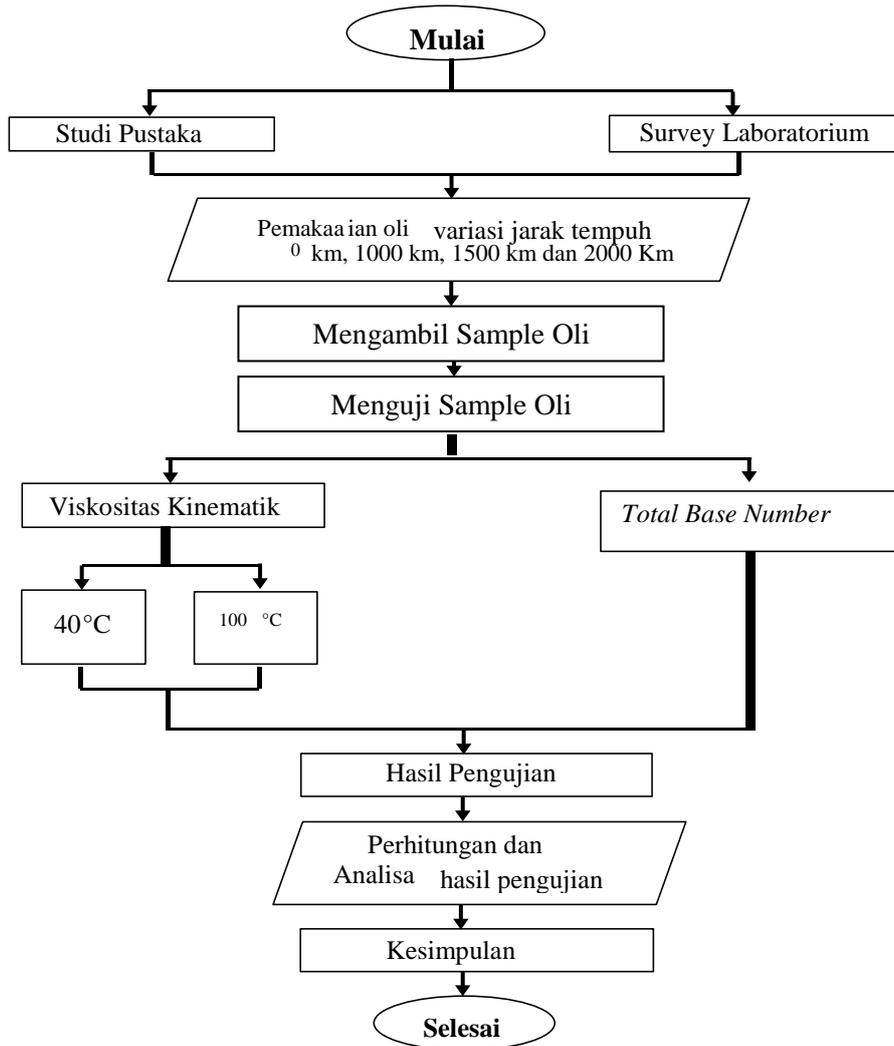
1. Pengaruh Jarak Tempuh Terhadap Viskositas Kinematik Dan Viskositas Index Oli AHM MPX 2 SAE 10W-30 Pada Sepeda Motor Honda Beat (Agung Setia Budi Kurniawan pada tahun 2017).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jarak tempuh terhadap viskositas kinematik pelumas, mengetahui waktu lamanya bola jatuh, serta untuk mengetahui nilai viskositas index dari pelumas. Dari penelitian ini diperoleh hasil bahwa Semakin panjang jarak tempuh maka nilai viskositas kinematik akan semakin turun. Pada jarak tempuh 0 km, nilai viskositas sebesar 77,55 cSt pada suhu 40° C, pada jarak tempuh 2200 km, nilai viskositas turun menjadi 57,31 cSt pada suhu 40° C, dan pada jarak tempuh 3000 km, nilai viskositasnya turun menjadi 52,89 cSt pada suhu 40°C. Untuk pengukuran viskositas menggunakan viscometer bola jatuh didapat hasil yaitu lamanya bola jatuh dari hasil perhitungan viskositas pada jarak tempuh 0 km dalam waktu 0,58 sec, sedangkan pada jarak tempuh 2200 km dalam waktu 0,41 sec, dan pada jarak 3000 dalam waktu 0,31 sec. Untuk nilai Viskositas index pelumas tidak dipengaruhi oleh temperatur dan nilainya tetap konstan pada jarak 0 km nilainya sebesar 275, pada 2200 km sebesar 276 dan pada jarak 3000 km sebesar 276. Dari penelitian ini terdapat kelemahan yaitu hasil viscometer bola jatuh yang tidak akurat dalam menentukan nilai viskositas sehingga viscometer bola jatuh sudah tidak relevan lagi untuk digunakan acuan dalam pengukuran viskositas sehingga lebih baik untuk mengukur nilai viskositas langsung diujikan di laboratorium.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metoda Penelitian

Pengerjaan dalam pembuatan tugas akhir ini sesuai dengan flow chart, bisa dilihat pada gambar 3.1 diagram di bawah ini :



Gambar 3.1 Flowchart diagram

3.2 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Pengujian

Waktu penelitian ini dilakukan selama lebih kurang 14 hari.

Adapun lokasi penelitian yang penulis tetapkan sebagai tempat penelitian adalah di Laboratorium Kimia USU. Lembaga Teknik Kimia USU yang beralamat di Jalan Dr.T.Mansur No.9 Padang Bulan Kecamatan Medan Baru Kota Medan Propinsi Sumatera Utara.

3.3 Kerangka Pengujian

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

1. Tahap persiapan

Studi pustaka untuk mendapat buku-buku dan literatur yang menunjang untuk pelaksanaan pengujian.

2. Survey laboratorium

Survey laboratorium untuk mendapatkan informasi mengenai laboratorium yang bisa untuk dilakukan pengujian pada *sample* oli.

Untuk pengujian viskositas kinematik bertempat di Laboratorium Kimia USU. Lembaga Teknik Kimia USU yang beralamat di Jalan Dr.T.Mansur No.9 Padang Bulan Kecamatan Medan Baru Kota Medan Propinsi Sumatera Utara.

3. Pemasangan oli pada sepeda motor

Oli dipasangkan pada sepeda motor lalu di gunakan untuk berkendara dengan variasi jarak tempuh 0 km, 1000 km, 1500 Km dan 2000 km.

4. Pengambilan *sample* oli

Mengambil *sample* oli untuk dilakukan pengujian dimana untuk pengujian viskositas kinematik *sample* oli yang diuji adalah oli dengan variasi jarak tempuh 0 km, 1000 km, 1500 Km dan 2000 km.

5. Pengujian *sample* oli di laboratotium.

6. Mengambil data hasil pengujian *sample* oli.

3.4 Alat Dan Pengujian

Untuk mempersiapkan percobaan ini maka terlebih dahulu mempersiapkan peralatan uji yang nantinya digunakan sebagai media pengambilan data, yang terdiri dari beberapa alat yaitu :

1. Minyak pelumas Shell ADVANCE 10W-40 (1000 ml): Minyak Pelumas yang akan diukur viskositas dan total base number nya



Gambar 3.2 Minyak Pelumas Shell Advance

2. Sample minyak pelumas. Sample ini merupakan minyak pelumasan yang sudah digunakan dengan variasi jarak



Jarak Tempuh 1000Km



Jarak Tempuh 1500Km



Jarak Tempuh 2000Km

Gambar 3.3 Wadah Sample Oli

3. Gambar angka 1000Km, 1500Km dan 2000Km pada Spedometer Nmax 155



4. Viknometer, merupakan alat yang digunakan untuk menentukan massa jenis dari suatu cairan.



Gambar 3.4 Viknometer

5. Viskometer Ostwald adalah alat yang digunakan untuk mengukur waktu yang dibutuhkan oleh sejumlah fluida tertentu untuk mengalir melalui pipa kapiler dengan gaya yang disebabkan oleh berat larutan itu sendiri



Gambar 3.5 Viskometer Ostwald

6. Waterbath adalah peralatan laboratorium yang terbuat dari wadah berisi air panas yang digunakan untuk menginkubasi sampel dalam air pada suhu konstan selama periode waktu yang lama



Gambar 3.6 Waterbath

3.5 Prosedur Pengujian

3.5.1 Pengujian Viskositas Kinematik

1. Mengambil *sample* oli sebanyak 5 ml.



2. Memasukkan *sample* oli yang akan diuji ke dalam pipa viskometer bath kohler.
3. Merangkai pipa *kinematic viscosity bath koehler*.
4. Menekan tombol *power ON*.
5. Men-*setting* suhu yang akan digunakan untuk pengujian.

3.5.2 Prosedur Pengoperasian Alat Viskometer Ostwald

1. Masukkan sample yang akan di analisis ke dalam pipa viskometer
2. Rangkaikan pipa ke dalam Viskometer Ostwald
3. Tekan power 'ON'
4. Setting suhu yang akan digunakan



BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data

Sebenarnya besarnya viskositas dapat dihitung dengan menggunakan viskometer Otswald. Namun dalam prakteknya untuk mengukur waktu yang diperlukan stopwatch, dari posisi awal sampai akhir pada pipa transparan, sangat sulit dengan menggunakan panca Indra karna sangat singkat atau terlalu cepat. Oleh karena itu besarnya viskositas dapat diketahui dari pengujian alat Viskometer Otswald. Dari pengujian Viskositas Kinematik yang telah dilakukan pada minyak pelumas Shell ADVANCE AX7 SAE 10W-40 dengan temperatur 40⁰C-100⁰C didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.1 Pengumpulan Data

T aquadest 1	28	C							
t aquadest1	1.48	s							
Oli Baru	0	km							
Suhu (°)	t1 (S)	t2 (S)	t3 (S)	trata- rata	m2 (gram)	m3 (gram)	Densitas (gram/m3)	viskositas dinamik (cP)	viskositas kinematik (cSt)
40	178.00	158.00	150.00	162.00	16.27	2.45	0.49	0.04511	0.09206
50	90.36	96.84	90.27	90.32	16.28	2.46	0.49	0.02525	0.05132
60	72.03	70.12	71.17	71.11	16.28	2.46	0.49	0.01988	0.04041
70	54.50	53.01	54.18	53.90	16.21	2.39	0.48	0.01464	0.03063
80	44.43	43.22	45.74	44.46	16.23	2.41	0.48	0.01218	0.02527
90	29.00	32.68	34.42	32.03	16.22	2.40	0.48	0.00874	0.01820
100	32.08	31.72	32.29	32.03	16.34	2.52	0.50	0.00917	0.01820
Sampel 1	1000.00	km							
Suhu (°)	t1 (S)	t2 (S)	t3 (S)	trata- rata	m2 (gram)	m3 (gram)	Densitas (gram/m3)	viskositas dinamik (cP)	viskositas kinematik (cSt)
40	81.06	67.19	114.89	87.71	16.43	4.09	0.82	0.04077	0.04985
50	60.04	70.83	90.23	73.70	16.34	4.00	0.80	0.03351	0.04188
60	62.04	70.80	62.00	64.95	16.32	3.98	0.80	0.02938	0.03691
70	54.08	47.30	40.44	47.27	16.32	3.98	0.80	0.02138	0.02686
80	28.11	32.99	36.97	32.69	16.28	3.94	0.79	0.01464	0.01858
90	27.42	25.64	23.30	25.45	16.28	3.94	0.79	0.01140	0.01446
100	22.35	23.42	22.56	22.78	16.26	3.92	0.78	0.01015	0.01294

Sampel 2									
	1500.00	km							
Suhu (°)	t1 (S)	t2 (S)	t3 (S)	trata-rata	m2 (gram)	m3 (gram)	Densitas (gram/m3)	viskositas dinamik (cP)	viskositas kinematik (cSt)
40	78.27	78.34	77.54	78.05	16.06	4.16	0.35	0.01551	0.04435
50	69.26	63.85	65.42	66.18	16.00	4.10	0.34	0.01296	0.03761
60	62.98	60.13	49.22	57.44	15.96	4.06	0.34	0.01114	0.03264
70	46.79	44.21	39.68	43.56	15.92	4.02	0.34	0.00836	0.02475
80	35.85	33.10	49.95	39.63	15.91	4.01	0.34	0.00759	0.02252
90	28.39	27.26	26.31	27.32	15.91	4.01	0.34	0.00523	0.01553
100	25.43	24.37	24.89	24.90	15.90	4.00	0.34	0.00476	0.01415
Sampel 3									
	2000.00	km							
Suhu (°)	t1 (S)	t2 (S)	t3 (S)	trata-rata	m2 (gram)	m3 (gram)	Densitas (gram/m3)	viskositas dinamik (cP)	viskositas kinematik (cSt)
40	58.00	48.30	44.20	50.17	16.07	4.08	0.82	0.02326	0.02851
50	39.00	31.20	32.60	34.27	16.04	4.05	0.81	0.01577	0.01947
60	28.99	29.35	30.08	29.47	16.00	4.01	0.80	0.01343	0.01675
70	24.24	25.94	23.24	24.47	15.98	3.99	0.80	0.01110	0.01391
80	20.17	18.69	19.21	19.36	15.98	3.99	0.80	0.00878	0.01100
90	13.85	14.04	14.05	13.98	15.97	3.98	0.80	0.00632	0.00794
100	12.00	11.03	10.85	11.29	15.97	3.98	0.80	0.00511	0.00642

Keterangan :

t1,t2,t3 = Waktu Alir setiap sample oli

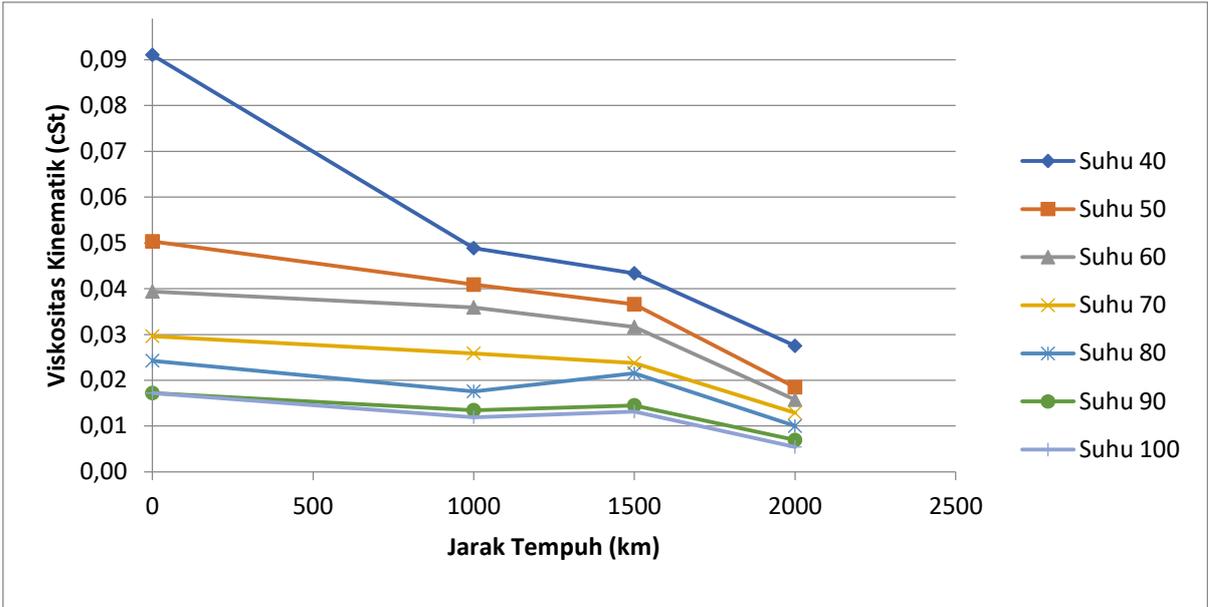
m2 = Massa Fiskometer (gram)

m3 = Massa oli (gram)

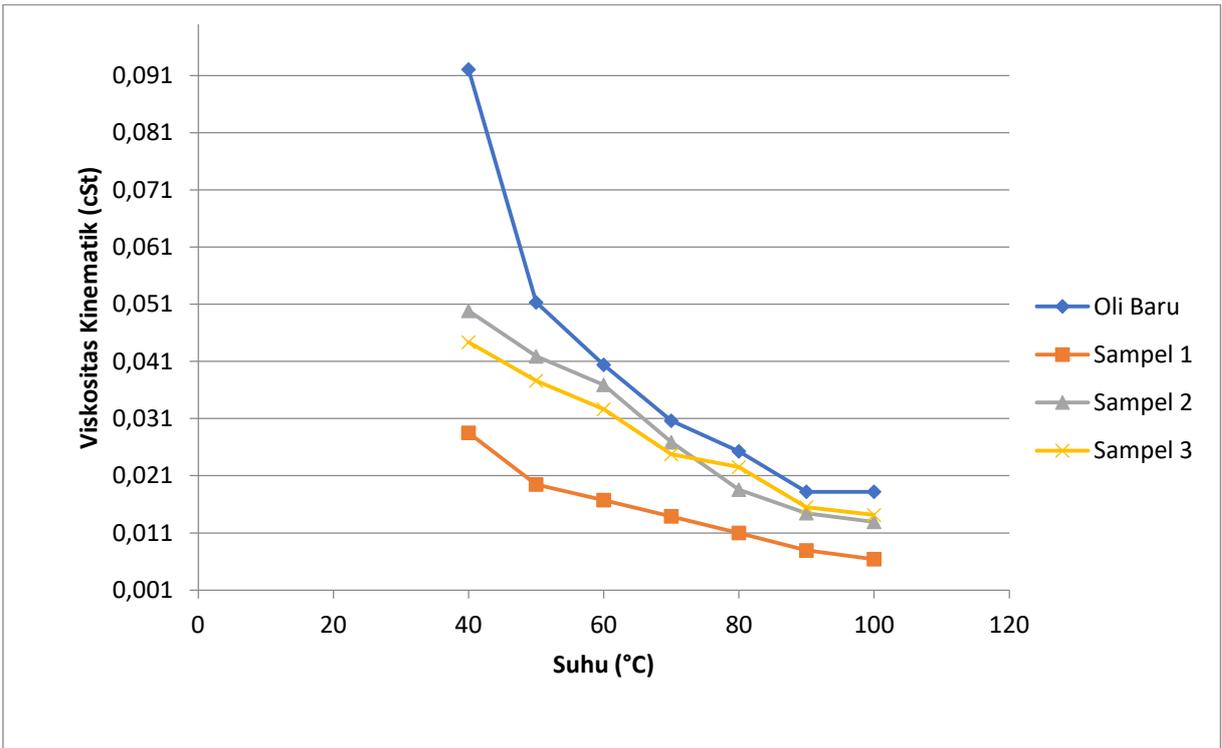
densitan = densitas (Jumlah suatu zat yang terkandung pada suatu volume.

Viskositas Dinamik = Tegangan geser terhadap laju perubahan

Viskositas Kinematik = Perbandingan antara Viskositas Dinamik terhadap massa jenis



Gambar 4.1 Grafik Suhu Pada Oli



Gambar 4.2 Grafik Sample Oli

4.2 Hasil Pengujian

Sebenarnya besarnya viskositas dapat dihitung dengan menggunakan prinsip viskositas bola jatuh. Namun dalam praktiknya untuk mengukur waktu yang diperlukan bola dari posisi awal sampai akhir pada pipa transparan (lamanya bola jatuh) sangat sulit dengan menggunakan panca indera karena sangat singkat atau terlalu cepat. Oleh karena itu besarnya viskositas pelumas dapat diketahui dari pengujian alat Viskosimeter ostwald dan Waterbath. Dari pengujian viskositas kinematik yang telah dilakukan pada minyak pelumas Shell Advance AX7 SAE 10w-40 dengan temperatur 40°C dan 100°C didapat hasil sebagai berikut :

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Viskositas Kinematik

Jarak Tempuh (Km)	Temperatur (°C)	Viskositas Kinematik
0 Km	40 °C	0.09206
	100 °C	0.01820
1000 Km	40 °C	0.04985
	100 °C	0.01294
1500 Km	40 °C	0.04435
	100 °C	0.01415
2000 Km	40 °C	0.02851
	100 °C	0.00642

4.3 Perhitungan Viskositas Kinematik

Viskositas Kinematik minyak pelumas Shell Advance AX7 SAE 10w-40 dianggap tidak layak pakai jika viskositasnya kurang dari 50 % viskositas kinematik awal berdasarkan *Automotive Engine Oil Condition Monitoring (Tribology Data Handbook, Richard Booser)*.

Rumus :

$$1. \text{ Densitas Sample (P)} = \frac{\text{Massa Oli}}{\text{Volume Oli}}$$

$$2. \text{ Viskositas Dinamik Sample} = \frac{p \cdot t \cdot N^\circ}{\rho \cdot t^\circ}$$

Keterangan : ρ = Densitas Sample

t = Waktu Rata – rata

n_o = Viskositas Aquadeste
 ρ_o = Densitas Aquadeste
 t^o = Waktu Alir Aquadeste

Oli Baru Suhu 40°

Dik : suhu 40°

Dit : $t_1 = 178.00$?

$t_2 = 158.00$?

$t_3 = 150.00$?

$m^2 = 16,27$?

$m^3 = 2,45$?

Jawaban :

$$= t_1 + t_2 + t_3$$

$$= 178.00 + 158.00 + 150.00$$

$$= 486.00 : 3$$

$$= 162.00$$

$$= m^2 - m_o$$

$$= 16,27 - 13,82$$

$$= 2,45 (m^3)$$

$$= 2,45 (m^3) : 5 (\text{volume})$$

$$= 0,49 (\text{Densitas})$$

$$\frac{p.t.n_o}{\rho_o . t_o}$$

$$= \frac{0,49 . 162 . 0,0008379}{0,99624 . 1,48}$$

$$= \frac{0,00665125}{1,4744352}$$

$$= 0,04511 (\text{Viskositas Dinamik})$$

$$= \frac{\text{Viskositas Dinamik}}{\text{Densitas}}$$

$$= \frac{0,04511}{0,49}$$

$$= 0,09206$$

BAB V

PENUTUP

a. Kesimpulan

Dari hasil analisis pengujian dan perhitungan viskositas dan total base number minyak pelumas Shell Advace Ax7 SAE 10w 40 pada jarak tempuh 0 Km, 1000 Km, 1500 Km dan 2000 Km yang diuji pada sepeda motor Yamaha Nmax 155 Matic, maka dapat penulis simpulkan sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan nilai Viskositas Dinamik dapat menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} & \frac{p.t.n_o}{p_o . t_o} \\ & = \frac{0,49 . 162 . 0,0008379}{0,99624 . 1,48} \\ & = \frac{0,00665125}{1,4744352} = 0,04511 \end{aligned}$$

Viskositas Dinamiknya adalah 0,04511

2. Semakin panjang jarak tempuh maka nilai viskositas kinematik akan semakin turun. Pada jarak tempuh 0 Km nilai viskositas sebesar 0,09206 cSt, pada jarak tempuh 1000 Km nilai viskositas turun menjadi 0,04985 cSt, pada jarak tempuh 1500 Km nilai viskositasnya menjadi 0,04435 cSt dan pada jarak tempuh 2000 Km nilai viskositas menurun menjadi 0,02851.
3. Adapun perbedaan dari Total Base Number (TBN) dengan Total Acid Number (TAN) adalah Total Base Number (TBN) versi elektronik bekerja dengan bantuan konsul unit dari OTC, Power Plant Laboratory dan di gunakan mengukur nilai basa pelumas. Sedangkan Total Acid Number (TAN) versi elektronik bekerja dengan bantuan konsul unit dari OTC, Power Plant Laboratory dan di gunakan mengukur nilai asam pelumas.

b. Saran

Berdasarkan hasil dan kesimpulan dari penelitian ini saya menyarankan :

1. Menguji dengan parameter waktu pemakaian misal penggunaan beberapa bulan
2. Pengambilan sample, volume minyak pelumas pada mesin harus sama pada setiap jarak tempuh yang akan ditentukan, agar data yang diperoleh saat pengujian akan lebih valid.
3. Senantiasa menerapkan pergantian minyak pelumas pada sepeda motor dengan berkala misal tiap bulannya guna perawatan terhadap kehalusan mesin.

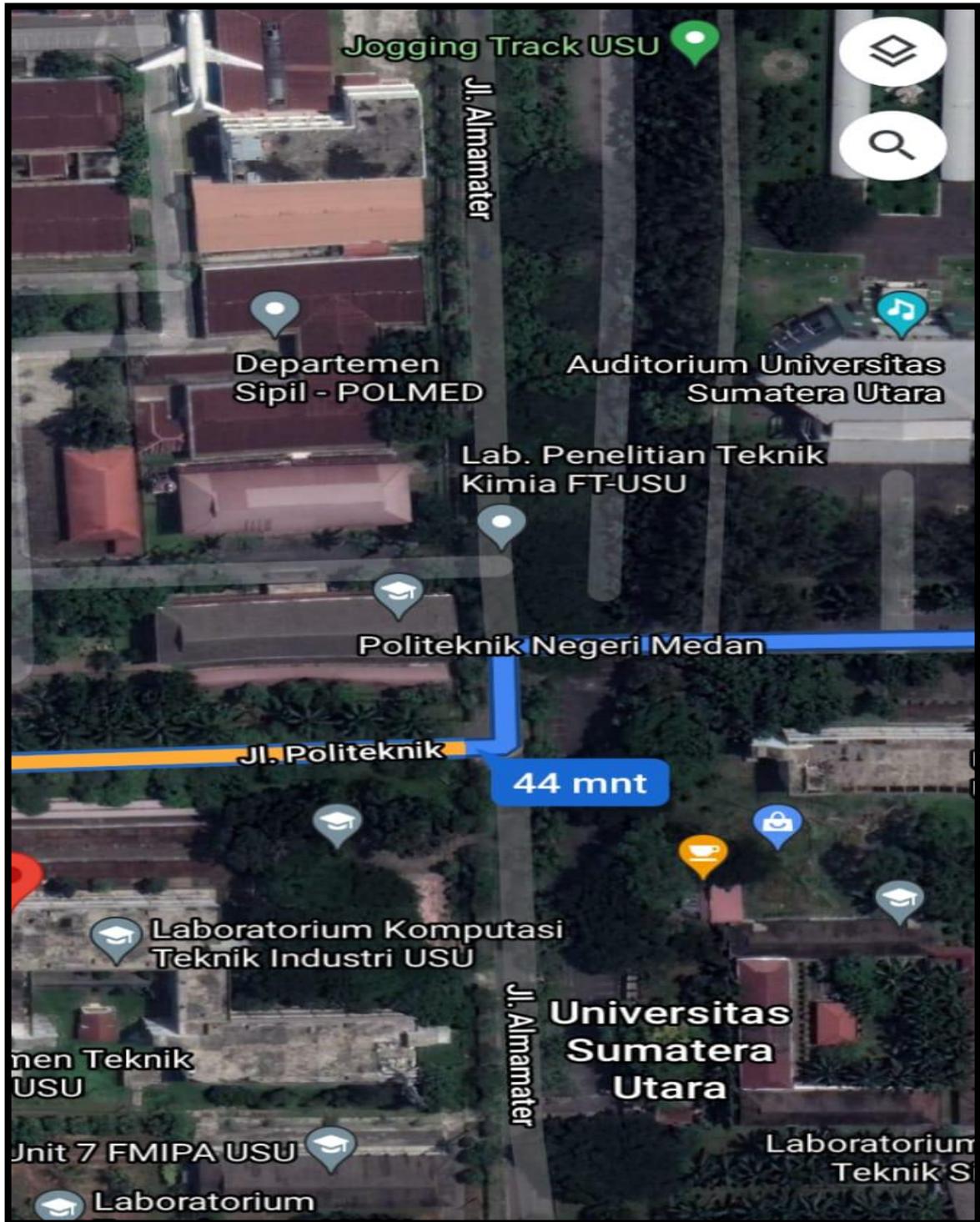
DAFTAR PUSTAKA

- Anton L. Wartawan, *Minyak Pelumas*, PT. Gramedia, Jakarta, 1983
- Setya B.K, Agung 2017. Pengaruh Jarak Tempuh Terhadap Viskositas Kinematik dan Viskositas Index Oli
- AHM MPX 2 SAE 10W-30 Pada Sepeda Motor Honda Beat. ITS Surabaya. Tugas Akhir.
- Aron Deutschment, 1985 . *Machine Design Theory*, Collier Macmillan International Editor, London.
- Booser, E.R., 1997, *Tribology Data Handbook* : An Excellent Friction, Lubrication and Wear Resource, Amerika
- Ir. A.Halim Nasution, M.Sc, *Teknik Pelumasan Prinsip Pelumasan dan Minyak Pelumas Mineral*, Diktat Kuliah, Untuk Kalangan Sendiri, 1989, hal.30
- www.rider-system.net
- Multypaste.blogspot.com/2013/01/standarisasi-jenis-oli.
- <http://pltdraha2.blogspot.com> Perbedaan TBN dengan TAN.internet.
- <https://otomotif.tempo.co/read/1040822/yamaha-nmax-2018-meluncur-simak-spesifikasinya/full&view=ok>
- www.shell.co.id.

LAMPIRAN

Lampiran 1

Peta Lokasi Laboratorium Teknik Kimia USU Medan



Sumber : Google Maps Laboratorium Teknik Kimia USU Padang Bulan Medan

Lampiran 2

Spesifikasi Sepeda Motor Yamaha N Max 155

Berikut ini spesifikasi lengkap NMax 155:

1. Dimensi : panjang 1.955 mm, lebar 740 mm, tinggi 1.115 mm, berat 127 kg
2. Kapasitas tangki : bensin 6,6 liter
3. Tipe mesin : Liquid Cooled 4-stroke, SOHC.
4. Kapasitas mesin : 155 cc
5. Posisi silinder : *single sylinder*
6. Tenaga maksimum: 11,1 kW/8.000 rpm
7. Torsi maksimum : 14.4 Nm/6000rpm
8. Baterai : YT27V
9. Sistem pengapian: TCI

Sumber : <https://otomotif.tempo.co/read/1040822/yamaha-nmax-2018-meluncur-simak-spesifikasinya/full&view=ok>

Lampiran 3

Spesifikasi Oli Shell Advance AX7 Matic 10W-40 ukuran 1 Liter



Oli Shell Advance AX& Matic 10W-40, Pelumas Motor Matic 4T berbasis sintetik, dengan teknologi Shell Active Cleaning membantu memberikan Perlindungan Menyeluruh yang menghasilkan penghematan bahan bakar dan retensi tenaga. Dengan spesifikasi dan pengesahan API SM, JASO MB.

Sumber : Tulisan yang berada dibelakang kemasan Oli Shell Advance AX& Matic 10W-

40

Lampiran 4

Data Hasil Penelitian Sample Oli

T aquadest 1	28	C							
t aquadest 1	1.48	s							
Oli Baru	0	km							
Suhu (°)	t1 (S)	t2 (S)	t3 (S)	trata-rata	m2 (gram)	m3 (gram)	Densitas (gram/m3)	viskositas dinamik (cP)	viskositas kinematik (cSt)
40	178.00	158.00	150.00	162.00	16.27	2.45	0.49	0.04511	0.09206
50	90.36	96.84	90.27	90.32	16.28	2.46	0.49	0.02525	0.05132
60	72.03	70.12	71.17	71.11	16.28	2.46	0.49	0.01988	0.04041
70	54.50	53.01	54.18	53.90	16.21	2.39	0.48	0.01464	0.03063
80	44.43	43.22	45.74	44.46	16.23	2.41	0.48	0.01218	0.02527
90	29.00	32.68	34.42	32.03	16.22	2.40	0.48	0.00874	0.01820
100	32.08	31.72	32.29	32.03	16.34	2.52	0.50	0.00917	0.01820
Sampel 1	1000.00	km							
Suhu (°)	t1 (S)	t2 (S)	t3 (S)	trata-rata	m2 (gram)	m3 (gram)	Densitas (gram/m3)	viskositas dinamik (cP)	viskositas kinematik (cSt)
40	81.06	67.19	114.89	87.71	16.43	4.09	0.82	0.04077	0.04985
50	60.04	70.83	90.23	73.70	16.34	4.00	0.80	0.03351	0.04188
60	62.04	70.80	62.00	64.95	16.32	3.98	0.80	0.02938	0.03691
70	54.08	47.30	40.44	47.27	16.32	3.98	0.80	0.02138	0.02686
80	28.11	32.99	36.97	32.69	16.28	3.94	0.79	0.01464	0.01858
90	27.42	25.64	23.30	25.45	16.28	3.94	0.79	0.01140	0.01446
100	22.35	23.42	22.56	22.78	16.26	3.92	0.78	0.01015	0.01294
Sampel 2	1500.00	km							
Suhu (°)	t1 (S)	t2 (S)	t3 (S)	trata-rata	m2 (gram)	m3 (gram)	Densitas (gram/m3)	viskositas dinamik (cP)	viskositas kinematik (cSt)
40	78.27	78.34	77.54	78.05	16.06	4.16	0.35	0.01551	0.04435
50	69.26	63.85	65.42	66.18	16.00	4.10	0.34	0.01296	0.03761
60	62.98	60.13	49.22	57.44	15.96	4.06	0.34	0.01114	0.03264

70	46.79	44.21	39.68	43.56	15.92	4.02	0.34	0.00836	0.02475
80	35.85	33.10	49.95	39.63	15.91	4.01	0.34	0.00759	0.02252
90	28.39	27.26	26.31	27.32	15.91	4.01	0.34	0.00523	0.01553
100	25.43	24.37	24.89	24.90	15.90	4.00	0.34	0.00476	0.01415
Sampel 3	2000.00	km							
Suhu (°)	t1 (S)	t2 (S)	t3 (S)	trata- rata	m2 (gram)	m3 (gram)	Densitas (gram/m3)	viskositas dinamik (cP)	viskositas kinematik (cSt)
40	58.00	48.30	44.20	50.17	16.07	4.08	0.82	0.02326	0.02851
50	39.00	31.20	32.60	34.27	16.04	4.05	0.81	0.01577	0.01947
60	28.99	29.35	30.08	29.47	16.00	4.01	0.80	0.01343	0.01675
70	24.24	25.94	23.24	24.47	15.98	3.99	0.80	0.01110	0.01391
80	20.17	18.69	19.21	19.36	15.98	3.99	0.80	0.00878	0.01100
90	13.85	14.04	14.05	13.98	15.97	3.98	0.80	0.00632	0.00794
100	12.00	11.03	10.85	11.29	15.97	3.98	0.80	0.00511	0.00642

Sumber : Laboratorium Teknik Kimia USU Padang Bulan Medan.