



TUGAS AKHIR - TM 145502

**ANALISA KELAYAKAN UMUR PAKAI OLI YAMALUBE MATIC
SAE 20W-40 BERDASARKAN VISKOSITAS KINEMATIK DAN
TOTAL ACID NUMBER PADA SEPEDA MOTOR YAMAHA X-
RIDE**

**Dede Darmawan
NRP. 10211500000009**

**Dosen Pembimbing :
Ir. Suharyanto, MT.
NIP. 19620424 198903 1 005**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III
JURUSAN DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018**



TUGAS AKHIR - TM 145502

**ANALISA KELAYAKAN UMUR PAKAI OLI YAMALUBE MATIC
SAE 20W-40 BERDASARKAN VISKOSITAS KINEMATIK DAN
TOTAL ACID NUMBER PADA SEPEDA MOTOR YAMAHA X-
RIDE**

**Dede Darmawan
NRP. 10211500000009**

**Dosen Pembimbing :
Ir. Suharyanto, MT.
NIP. 19620424 198903 1 005**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III
JURUSAN DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018**



FINAL PROJECT - TM 145502

**ANALYSIS THE AGE WEAR ELIGIBILITY OF YAMALUBE
MATIC OIL SAE 20W-40 BASED ON KINEMATIC VISCOSITY
AND TOTAL ACID NUMBER ON YAMAHA X-RIDE
MOTORCYCLE**

**Dede Darmawan
NRP. 10211500000009**

**Counsellor Lecturer :
Ir. Suhariyanto, MT.
NIP. 19620424 198903 1 005**

**DIPLOME III MECHANICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING INDUSTRY
Faculty of Vocation
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018**

**ANALISA KELAYAKAN UMUR PAKAI OLI YAMALUBE
MATIC SAE 20W-40 BERDASARKAN VISKOSITAS
KINEMATIK DAN TOTAL ACID NUMBER PADA
SEPEDA MOTOR YAMAHA X-RIDE**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk memenuhi salah satu syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada
Bidang Studi Manufaktur
Departemen Teknik Mesin Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
SURABAYA

Oleh :
Dede Darmawan
NRP. 10211500000009

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :



**SURABAYA
JULI 2018**

ANALISA KELAYAKAN UMUR PAKAI OLI YAMALUBE MATIC SAE 20W-40 BERDASARKAN VISKOSITAS KINEMATIK DAN TOTAL ACID NUMBER PADA SEPEDA MOTOR YAMAHA X-RIDE

Nama Mahasiswa : Dede Darmawan
NRP : 10211500000009
Jurusan : Teknik Mesin Industri
Dosen Pembimbing : Ir. Suharyanto, MT.

Abstrak

Banyak sekali faktor yang mempengaruhi umur pakai oli pada sepeda motor seperti viskositas kinematik-nya berkang 50% dan nilai Total Acid Number melebihi batas ($> 7 \text{ mgKOH/g}$). Namun pengguna sepeda motor pada umumnya hanya berpedoman pada jarak tempuh sepeda motor (2500 – 3000) km baru akan mengganti oli sepeda motor-nya, padahal hal tersebut belum tentu relevan.

Pada tugas akhir kali ini akan dilakukan pengujian parameter umur pakai pada oli Yamalube Matic SAE 20W-40 yaitu pengujian viskositas kinematik dan juga Total Acid Number (TAN). Sample oli yang diuji memiliki variasi jarak tempuh sepeda motor 0 km, 2500 km, dan 3000 km.

Dari hasil pengujian viskositas kinematik kita dapat mengetahui bahwa oli baru Yamalube Matic SAE 20W-40 mempunyai viskositas kinematik sebesar 133,61 cSt dan semakin turun nilainya seiring dengan bertambahnya jarak tempuh dimana pada jarak tempuh 2500 km viskositas kinematiknya turun menjadi 87,98 cSt, dan pada jarak tempuh 3000 km viskositas kinematiknya kembali turun menjadi 78,85 cSt.

Untuk hasil pengujian pada oli Yamalube Matic SAE 20W-40 dapat kita ketahui bahwa nilai TAN oli baru sebesar 0,07 mgKOH/g dan semakin naik nilainya seiring bertambahnya jarak tempuh dimana pada jarak tempuh 2500 km nilai TAN meningkat

menjadi 2,44 mgKOH/g dan pada jarak tempuh 3000 km nilai TAN-nya kembali naik menjadi 2,89 mgKOH/g.

Umur pakai oli Yamalube Matic SAE 20W-40 berdasarkan viskositas kinematiknya belum berkurang 50% pada jarak tempuh 2500-3000 km dan baru berkurang 50 % pada jarak tempuh 3660 km (berdasarkan perhitungan ekstrapolasi).

Umur pakai oli Yamalube Matic SAE 20W-40 berdasarkan Total Acid Number belum melebihi batas 7 mgKOH/g pada jarak tempuh 2500-3000 km dan baru melebihi batas pada jarak tempuh 7577 km (berdasarkan perhitungan ekstrapolasi).

Kata kunci : Viskositas kinematik, Total Acid Number, Jarak Tempuh

ANALYSIS THE AGE WEAR ELIGIBILITY OF YAMALUBE MATIC OIL SAE 20W-40 BASED ON KINEMATIC VISCOSITY AND TOTAL ACID NUMBER ON YAMAHA X-RIDE MOTORCYCLE

**Name : Dede Darmawan
NRP : 10211500000009
Major : Mechanical Industrial Engineering
Counsellor Lecturer : Ir. Suhariyanto, MT.**

Abstract

Many factors that affecting to the age wear of oil on motorcycle such as the kinematic viscosity are reduced by 50% from the fresh oil and the Total Acid Numbers exceed the limit ($> 7 \text{ mgKOH/g}$). However, motorcycle users are generally only guided by the distance of motorcycle (2500 - 3000) km then change their motorcycle oil, but it is not necessarily relevant.

In this final project will be testing the age wear parameters on Yamalube Matic oil SAE 20W-40 which is testing the Kinematic Viscosity and also Total Acid Number. Oil samples tested have variations of motorcycle distance at 0 km, 2500 km, and 3000 km.

From the results of kinematic viscosity testing we can know that the new Yamalube Matic oil SAE 20W-40 has kinematic viscosity of 133.61 cSt and further decreases in value along with the distance traveled where at 2500 km distance the kinematic viscosity decreases to 87.98 cSt, and at the distance of 3000 km kinematic viscosity decreases again up to 78.85 cSt.

For TAN test results on Yamalube Matic oil SAE 20W-40 we can know that the new oil have TAN value 0.07 mgKOH/g and further increases in value along with the distance traveled where at 2500 km TAN value increases to 2.44 mgKOH/g and at the distance of 3000 km its TAN value increases again up to 2.89 mgKOH/g.

Yamalube Matic oil SAE 20W-40 age wear based on its kinematic viscosity has not decreased 50% at 2500-3000 km distance. And only reduced 50% at 3660 km distance (based on extrapolation calculations).

The age wear of Yamalube Matic SAE 20W-40 oil based on Total Acid Number has not exceeded the limit (>7 mgKOH/g) at 2500-3000 km distance and only exceeds the limit at 7577 km distance (based on extrapolation calculation).

Keywords : Kinematic Viscosity, Total Acid Number, Distance

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, serta atas segala Rahmat dan Karunia-Nya. Sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul :

“ANALISA KELAYAKAN UMUR PAKAI OLI YAMALUBE MATIC SAE 20W-40 BERDASARKAN VISKOSITAS KINEMATIK DAN TOTAL ACID NUMBER PADA SEPEDA MOTOR YAMAHA X-RIDE”

Laporan ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa Program Studi Departemen Teknik Mesin Industri untuk bisa dinyatakan lulus dengan mendapatkan gelar Ahli Madya.

Kiranya penulis tidak akan mampu menyelesaikan Penelitian ini tanpa bantuan, saran, dukungan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Suharyanto, MT. selaku dosen pembimbing serta Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Mesin Industri VOKASI-ITS yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan ide, arahan, bimbingan dan motivasi selama penggeraan penelitian ini.
2. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT. Selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Industri VOKASI-ITS.
3. Bapak Ir. Joko Sarsetyanto, MT selaku Dosen Wali selama di Departemen Teknik Mesin Industri.
4. Tim Dosen Penguji yang telah banyak memberikan saran dan masukan guna kesempurnaan Penelitian ini.
5. Orang tua tercinta Bapak dan Ibu yang selalu memberikan semangat, doa ,serta dukungan dalam bentuk apapun.
6. Tim penguji LPPM ITS dan PT. Sucofindo Analytical Laboratories Surabaya yang telah membantu pengujian.

7. Agung Setia Budi K, A.Md yang telah memberikan motivasi, saran, dan dukungan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Gede Novantara N selaku teman seper-pelumas dalam penggerjaan tugas akhir kali ini.
9. Teman-teman warga 2K15 yang telah banyak membantu secara moril, materiil, maupun tempat penginapan selama perkuliahan di Teknik Mesin Industri.
10. Teman-teman warga 2K16 dan 2K14++ atas kerjasama yang terjalin selama ini.
11. Serta Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Penelitian ini masih jauh dari sempurna, sehingga penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari berbagai pihak, yang dapat mengembangkan Penelitian ini menjadi lebih baik. Akhir kata, semoga Penelitian ini bermanfaat bagi pembaca dan mahasiswa, khususnya mahasiswa Program studi D3 Departemen Teknik Mesin Industri.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
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.....	2
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Sistematika Penulisan Laporan.....	3

BAB II DASAR TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.1.1 Analisis Kelayakan Pakai Minyak Pelumas SAE 10W-30 Pada Sepeda Motor 4 Tak Berdasarkan Viskositas Dengan Metode Viskometer Bola Jatuh.....	5
2.1.2 Pengaruh Jarak Tempuh Terhadap Viskositas Kinematik Dan Viskositas Index Oli AHM MPX 2 SAE 10W-30 Pada Sepeda Motor Honda Beat.	7
2.1.3 Pengaruh Jarak Tempuh Terhadap Viskositas Oli pada Sepeda Motor Matic.	8
2.2 Pelumasan.....	9
2.3 Karakteristik Oli	12
2.3.1 Viskositas.....	12
2.3.2 Total Acid Number	19
2.3.3 Flash Point	20

2.3.4	Pour Point	20
2.3.5	Total Base Number	20
2.3.6	Carbon Residue.....	20
2.3.7	Density	21
2.3.8	Emulsification dan Demulsibility	21
2.3.9	Alkalinity	21
2.3.10	Detergency dan Dispersancy	21
2.3.11	Sifat tahan terhadap oksidasi	21
2.3.12	Kelumasan	22
2.3.13	Stabilitas	22
2.4	Klasifikasi Oli.....	22
2.4.1	Oli Mineral.....	22
2.4.2	Oli Sintetis	23
2.4.3	Oli Semi Sintetis	24
2.5	Zat Aditif Oli	25
2.5.1	Karakteristik Zat Aditif Oli.....	25
2.5.2	Klasifikasi Zat Aditif Oli	26
2.6	Standarisasi Oli.....	28
2.6.1	Society Automotive of Engineers (SAE).....	27
2.6.2	American Petroleum Institute	28
2.7	Sistem Pelumasan Sepeda Motor.....	29
2.7.1	Sistem Pelumasan Campur	29
2.7.2	Sistem Pelumasan Autolube	31
2.7.3	Sistem Pelumasan Percik	31
2.8	Predictive Maintenance	32

BAB III METODOLOGI

3.1	Metoda Penelitian	34
3.2	Waktu dan Tempat Pelaksanaan Pengujian	35
3.3	Kerangka Pengujian.....	35
3.4	Alat dan Bahan Pengujian	36
3.5	Prosedur Pengujian	39
3.5.1	Prosedur Viskositas Kinematik.....	39
3.5.2	Prosedur Total Acid Number	39

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Viskositas Kinematik.....	41
4.1.1 Ekstrapolasi Viskositas Kinematik	41
4.2 Viskositas Index	43
4.2.1 Viskositas Index Jarak Tempuh 0 km.....	44
4.2.2 Viskositas Index Jarak Tempuh 2500 km.....	45
4.2.3 Viskositas Index Jarak Tempuh 3000 km.....	46
4.3 Total Acid Number.....	47
4.3.1 Extrapolasi Total Acid Number	47
4.4 Pembahasan	49
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN.....	53
BIODATA PENULIS	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perbandingan Viskositas Oli A,B,C.....	9
Gambar 2.2 Pelumasan Hidrodinamik Dan Boundary	11
Gambar 2.3 Grafik Hubungan Antara f dengan μ N/P	11
Gambar 2.4 Teori Viskositas Pada Suatu Fluida	13
Gambar 2.5 Grafik Viskositas Kinematik Terhadap Suhu ...	16
Gambar 2.6 Sistem Pelumasan Campur.....	30
Gambar 2.7 Sistem Pelumasan Autolube.....	31
Gambar 2.8 Sistem Pelumasan Percik	32
Gambar 3.1 Flowchart Diagram	34
Gambar 3.2 Oli Yamalube Matic SAE20W-40	36
Gambar 3.3 Kinematic Viscosity Bath Koehler	37
Gambar 3.4 Metrohm Titrator	37
Gambar 3.5 Wadah <i>Sample</i> Oli	38
Gambar 3.6 Spet Injeksi.....	38
Gambar 3.7 <i>Setting</i> Pengujian Tan	39
Gambar 4.1 Grafik Perubahan Viskositas Kinematik.....	43
Gambar 4.2 Viskositas Index 0 Km.....	44
Gambar 4.3 Viskositas Index 2500 Km.....	45
Gambar 4.4 Viskositas Index 3000 Km.....	46
Gambar 4.5 Grafik Perubahan Total Acid Number	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil Perhitungan Viskositas Pelumas	6
Tabel 2.2 Hasil Pengukuran Viskositas Pelumas.....	7
Tabel 2.3 Hasil Perbandingan Viskositas Berbagai Oli.....	8
Tabel 2.4 Koefisien Gesek Berbagai Bahan	12
Tabel 3.1 <i>Working Range</i>	40
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Viskositas Kinematik	40
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Total Acid Number.....	47

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini, sepeda motor menjadi alat transportasi yang paling banyak digunakan dan perawatannya pun menjadi hal yang sangat penting untuk diperhatikan oleh pengguna sepeda motor salah satunya mengenai masa penggantian oli.

Selama ini untuk menentukan oli sudah waktunya diganti atau belum pada sepeda motor masih berpedoman pada jarak tempuh misal (2500 km – 3000 km) padahal banyak sekali faktor yang menentukan kelayakan pakai suatu oli pada sepeda motor seperti halnya Viskositas, dan Total Acid Number.

Viskositas merupakan kekentalan dari suatu fluida. Viskositas untuk pelumas bervariasi dengan adanya perubahan temperatur, dalam kenyataannya suatu fluida umumnya akan mengalami penurunan viskositas dengan adanya kenaikan temperatur. Setelah temperatur kembali seperti semula atau dingin, viskositas tidak kembali naik seperti semula, tetapi turun sedikit demi sedikit, sehingga pada akhirnya viskositasnya tidak memenuhi syarat lagi.

Total Acid Number (TAN) merupakan total bilangan atau konsentrasi asam pada suatu oli. Suatu oli dengan konsentrasi asam melebihi batas nilai asam yang ditentukan akan mudah menimbulkan korosi pada bagian mesin dan menyumbat aliran oli yang disebabkan terbentuknya *varnish* dan *sludge*, dengan demikian oli sudah tidak layak pakai lagi.

Untuk tugas akhir kali ini akan dilakukan pengujian kelayakan pakai pelumas berdasarkan viskositas kinematik, dan TAN. Keduanya sangat penting dalam hal analisa oli karena dua duanya sama-sama mempengaruhi layak tidaknya suatu oli untuk tetap dipakai.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang maka perumusan masalah yang akan dikemukakan adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh jarak tempuh terhadap viskositas kinematik dan TAN pada oli.
2. Bagaimana viskositas index oli Yamalube Matic SAE 20W-40.
3. Bagaimana pengaruh viskositas kinematik dan TAN terhadap kelayakan umur pakai oli.
4. Bagaimana perbandingan parameter viskositas kinematik dan TAN terhadap kelayakan umur pakai oli.

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini menjadi terarah dan memberikan kejelasan analisis permasalahan, maka dilakukan pembatasan permasalahan sebagai berikut :

1. Menggunakan oli Yamalube Matic SAE 20W-40.
2. Menggunakan bahan bakar pertalite.
3. Diujikan pada sepeda motor Yamaha X-Ride.
4. Variasi jarak tempuh penggunaan oli adalah 0 km, 2500 km, dan 3000 km.
5. Menggunakan alat uji *Kinematic Viscosity Bath* Koehler dan Metrohm *Titrator*.

1.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah maka tujuan penelitian yang akan dikemukakan adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh jarak tempuh terhadap nilai viskositas kinematik, dan TAN.
2. Untuk mengetahui viskositas index oli Yamalube Matic SAE 20W-40.
3. Untuk mengetahui pengaruh viskositas kinematik dan TAN terhadap kelayakan umur pakai oli.

- Untuk mengetahui perbandingan antara viskositas kinematik dan TAN terhadap kelayakan umur pakai oli.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- Sebagai sarana penerapan teori yang telah dipelajari selama perkuliahan khususnya yang berkaitan dengan sistem pelumasan.
- Dengan adanya hasil penelitian mengenai Analisa Kelayakan umur pakai Oli Yamalube Matic SAE 20W-40 Berdasarkan Viskositas Kinematik dan Total Acid Number (TAN) pada sepeda motor Yamaha X-Ride, maka diharapkan akan memudahkan pengguna sepeda motor untuk mengganti oli berdasarkan waktu dan kondisi yang tepat.

1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Dalam laporan tugas akhir ini, sistematika penulisan laporan yang digunakan adalah sebagai berikut :

a) BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan laporan dari penelitian ini.

b) BAB II DASAR TEORI

Bab ini berisi teori-teori dari berbagai referensi baik dari buku,internet, maupun dari penelitian terdahulu yang kemudian digunakan sebagai dasar dalam melaksanakan penelitian maupun dalam penyusunan tugas akhir.

c) BAB III METODOLOGI

Bab ini membahas tahapan dari pelaksanaan penelitian dan penyusunan tugas akhir mulai dari metode penelitian, survey laboratorium untuk penelitian, hingga akhirnya memperoleh data penelitian.

d) BAB IV HASIL DAN ANALISA

Membahas tentang hasil penelitian mengenai pengaruh Viskositas Kinematik dan Total Acid Number terhadap kelayakan umur pakai oli yang telah dilakukan dengan alat *Kinematic Viscosity Bath Koehler* dan *Metrohm Titrator*, serta menjelaskan hasil analisa oli tersebut.

e) BAB V PENUTUP

Membahas tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan juga saran penulis dalam penyusunan tugas akhir selanjutnya.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 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, kelebihan 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-penelitian sejenis ini telah dilakukan sebelumnya, beberapa penelitian yang mendasari penelitian ini antara lain:

2.1.1 Analisis Kelayakan Pakai Minyak Pelumas SAE 10W-30 Pada Sepeda Motor 4 Tak Berdasarkan Viskositas Dengan Metode Viskometer Bola Jatuh

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jarak tempuh terhadap nilai viskositas pelumas serta mengetahui berapa kilometer jarak tempuh yang diperlukan hingga pelumas dianggap tidak layak pakai dengan metode viskometer bola jatuh.

Tabel 2.1 Hasil perhitungan viskositas pelumas

Jarak tempuh (km)	Suhu 40°C		Suhu 100°C	
	Viskositas absolut (cP)	Penurunan viskositas	Viskositas absolut (cP)	Penurunan viskositas
0	77,20		32,40	
2000	59,00	23,5 %	24,00	25,7 %
2250	54,42	29,5 %	22,70	29,9 %
2500	51,89	32,7 %	21,42	33,5 %
2750	46,82	39,3 %	19,48	39,3 %
2900	43,03	44,2 %	18,18	43,2 %
3000	39,86	48,3 %	16,88	47,8 %
3050	38,60	50,0 %	16,23	49,9 %
3100	36,07	53,2 %	14,93	53,1 %

Dari penelitian ini diperoleh hasil bahwa semakin lama pelumas dipakai (yang dibuktikan dengan bertambahnya jarak tempuh) maka nilai viskositasnya akan semakin turun. Pada jarak tempuh 0 km, nilai viskositas pelumas sebesar 77.2 cP pada suhu 40°C dan pada jarak tempuh 3100 km viskositas turun menjadi 36.07 cP pada suhu 40° C. Kelayakan pakai minyak pelumas AHM SPX 1 SAE 10W-30 pada sepeda motor Honda City Sport 1 (4 TAK) adalah pada jarak tempuh 3050 km, karena nilai viskositas pelumasnya sudah turun dibawah 50 % dari nilai viskositas awal.

Penentuan viskositas menggunakan viskometer bola jatuh memiliki kelemahan yaitu hasil yang kurang akurat dikarenakan pengukuran waktu bola jatuh masih manual (memakai alat indra manusia) sehingga untuk kedepannya diharapkan ada pengukur waktu otomatis.

2.1.1 Pengaruh Jarak Tempuh Terhadap Viskositas Kinematik Dan Viskositas Index Oli AHM MPX 2 SAE 10W-30 Pada Sepeda Motor Honda Beat.

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. Pengukuran viskositas kinematik dilakukan dengan menggunakan alat viskometer bath kohler.

Tabel 2.2 Hasil pengukuran viskositas pelumas

Jarak Tempuh	Temperatur	Viskositas Kinematik	Waktu	Viskositas Index
0 km	40 °C	77 cSt	0,58 sec	275
	100 °C	11 cSt	0,11 sec	
2200 km	40 °C	57 cSt	0,41 sec	276
	100 °C	8 cSt	0,05 sec	
3000 km	40 °C	52 cSt	0,31 sec	276
	100 °C	8 cSt	0,09 sec	

Dari penelitian ini diperoleh hasil bahwa semakin jauh jarak tempuh maka nilai viskositas kinematik dari pelumas akan semakin turun. Pada jarak tempuh 0 km, nilai viskositas pelumas sebesar 77 cSt pada suhu 40° C, pada jarak tempuh 2200 km, nilai viskositas turun menjadi 57 cSt pada suhu 40° C, dan pada jarak tempuh 3000 km, nilai viskositasnya turun menjadi 52 cSt pada suhu 40°C.

Untuk pengukuran viskositas menggunakan viskometer 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.

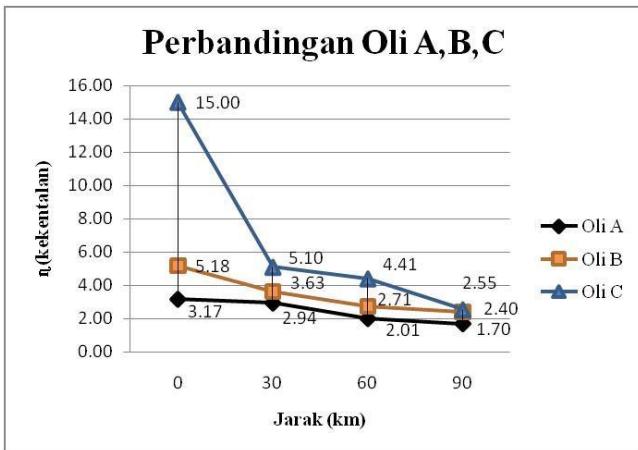
Dari penelitian ini terdapat kelemahan yaitu hasil viscometer bola jatuh yang tidak akurat dalam menentukan nilai viskositas sehingga viscometer bola jatuh sudah tidak relevan lagi untuk digunakan acuan dalam pengukuran viskositas sehingga lebih baik untuk mengukur nilai viskositas langsung diujikan di laboratorium.

2.1.3 Pengaruh Jarak Tempuh Terhadap Viskositas Oli pada Sepeda Motor Matic.

Dalam penelitian ini penulis meneliti sebuah mesin Yamaha Mio yang diuji dengan menggunakan beberapa merek oli terkenal dengan membandingkan suhu mesin serta kekentalan oli pada sebuah sepeda motor tipe bebek matic merk Yamaha Mio .Usaha ini di dalam peningkatan rasa kenyamanan, keamanan, dan ramah terhadap lingkungan salah satunya adalah dengan meningkatkan kualitas sistem pelumasan.

Tabel 2.3 Perbandingan viskositas berbagai jenis oli

Jarak Tempuh	Viskositas		
	Yamalube (A)	Castrol (B)	BM1 (C)
0 km	3,17	5,18	15
30 km	2,94	3,63	5,10
60 km	2,01	2,71	4,01
90 km	1,70	2,40	2,55



Gambar 2.1 Perbandingan Viskositas Oli A, B, dan C

Pada saat jarak 0 km viskositas oli A, B, dan C adalah rata-rata $7,78 \text{ Ns/m}^2$ setelah menempuh pada jarak 90 km viskositas pada oli A, B, dan C menurun hingga rata-rata $2,22 \text{ Ns/m}^2$ dilihat dari hasil pengujian yang telah dilakukan secara berturut-turut yang dilakukan di laboratorium teknik mesin.

Semakin kental oli, maka pelumasan semakin baik. Tapi pada batas tertentu, semakin kentalnya oli justru menghambat kerja bagian mesin yang bergerak. Namun, tingkat keausan lebih mudah terjadi pada pelumas yang lebih encer dengan harga yang tidak terlalu terpaut jauh dari oli yang bagus. Sehingga dengan grafik yang ditunjukkan nilai viskositas tertinggi adalah oli BM1 dengan nilai $15,00 \text{ Ns/m}^2$ pada jarak tempuh 0 km sedangkan oli dengan nilai viskositas terendah pada 0 km adalah oli Yamalube dengan nilai viskositas $3,17 \text{ Ns/m}^2$

2.2 Pelumasan

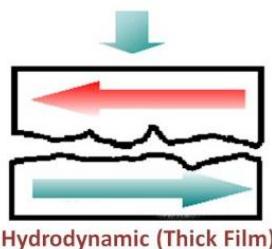
Pelumasan atau *lubrication* adalah cara yang dilakukan untuk mengurangi gaya gesek yang terjadi antara dua permukaan yang saling bergesekan dengan cara memberi pelumas. Pelumas didefinisikan sebagai zat yang disisipkan diantara dua permukaan

yang saling bergesekan untuk mengurangi besarnya gaya gesek yang terjadi. Gaya gesek merupakan gaya perlawanan yang terjadi akibat adanya dua permukaan yang bergesekan.

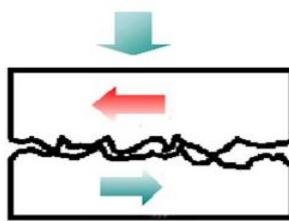
Sistem pelumasan ini memiliki beberapa fungsi dan tujuan,

1. Mengurangi gesekan serta mencegah keausan dan panas, dengan cara pelumas dapat membentuk suatu lapisan tipis (*oil film*) untuk mencegah kontak langsung permukaan logam dengan logam.
2. Sebagai media pendingin, yaitu dengan menyerap panas dari bagian-bagian yang mendapat pelumasan dan kemudian membawa serta memindahkannya pada sistem pendingin.
3. Sebagai perapat celah antara piston dengan silinder. Pelumas dapat mengurangi kebocoran kompresi maupun tekanan hasil pembakaran dengan membuat lapisan oli yang mengisi celah antara piston dan silinder.
4. 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.
5. Sebagai pembersih kotoran hasil gesekan antar komponen mesin. Pelumas membantu membawa kotoran tersebut sehingga bagian yang bergesekan tetap bersih.
6. Sebagai anti karat, pelumas melapisi bagian logam sehingga menghindari kontak langsung dengan udara atau air.

Bila gambar diperbesar tampak kedua permukaan logam tidak rata, seperti terlihat pada gambar dibawah ini. Gambar 2.2a menunjukkan pelumasan hidrodinamik dimana diantara dua permukaan ada lapisan film minyak pelumas, sedangkan gambar 2.2b menunjukkan pelumasan lapisan tipis (boundary), minyak pelumasnya tidak cukup tebal.



Hydrodynamic (Thick Film)



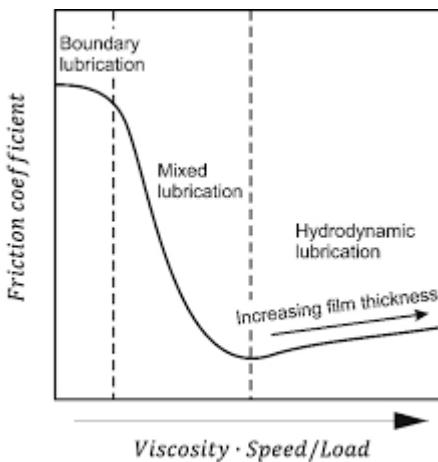
Boundary

Gambar 2.2a

Pelumasan hidrodinamik

Gambar 2.2b

Pelumasan boundary



Gambar 2.3 Grafik hubungan antara f dengan $\mu N/P$

Pelumasan Hidrodinamik terjadi bila ketebalan lapisan minyak pelumas cukup, pelumasan ini akan menghasilkan koefisien gesek (f) yang sangat kecil ($f=0.001$) bila dibandingkan dengan pelumasan boundary ($f=0,1$). Hubungan antara f dengan ($\mu \cdot N/P$) dapat dilihat pada gambar 2.3 dimana N adalah kecepatan relatif kedua permukaan, sedangkan P adalah beban bearing per lebar dan μ adalah viskositas. Bila tanpa minyak pelumas, maka koefisien gesek menjadi besar, misalnya baja dengan baja $f_s = 0,74$ dan $f_k = 0,57$.

Tabel 2.4 Koefisien gesek berbagai bahan

Bahan	μ_s	μ_k
Baja di atas baja	0,74	0,57
Aluminium di atas baja	0,61	0,47
Tembaga di atas baja	0,53	0,36
Kuningan di atas baja	0,51	0,44
Seng di atas besi tuang	0,85	0,21
Tembaga di atas besi tuang	1,05	0,29
Gelas di atas besi tuang	0,04	0,40
Tembaga di atas gelas	0,68	0,53
Teflon di atas teflon	0,04	0,04
Teflon di atas baja	0,04	0,04

Problem besar yang dihadapi dalam perencanaan elemen mesin adalah bagaimana cara memperkecil kehilangan daya selama terjadinya gesekan antara elemen-elemen mesin yang bergesekan. Secara estimasi berdasarkan pengujian, kehilangan daya akibat gaya gesekan dapat mencapai sepertiga sampai setengah dari produk daya yang dihasilkan.

Ketebalan minimal lapisan pelumas yang diperlukan dan viskositas merupakan dua hal yang sangat penting untuk pelumasan. Karena kedua hal tersebut sangat berpengaruh terhadap unjuk kerja mesin.

2.3 Karakteristik Oli

Oli atau Minyak pelumas memiliki ciri-ciri fisik yang penting, antara lain:

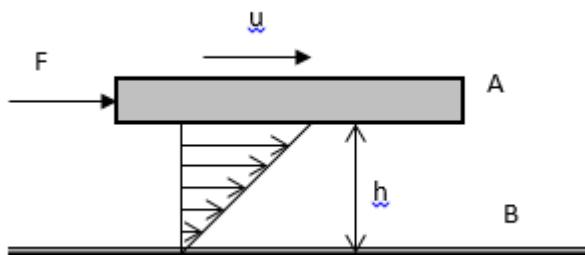
2.3.1 Viskositas

Kekentalan atau viskositas minyak pelumas harus sesuai dengan kondisi mesin agar dapat berfungsi dengan baik, yaitu untuk 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 geseknya menjadi lebih besar.

1. Viskositas Pelumas dan Unit Viskositas

Dalam pembahasan tentang teori dan sistem 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 2.4 Teori viskositas pada suatu fluida

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 (d_u), secara matematis dapat ditulis : (Deutschman, 1995 : 410).

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \quad \text{Dan} \quad \frac{du}{dy} = \frac{U}{h} \quad (2-1)$$

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

Dimana A = luas penampang bidang A , sehingga :

$$\frac{F}{A} = \mu \frac{U}{h} \quad \text{Atau} \quad F = \mu \frac{A.U}{h}$$

$$\mu = \frac{F.h}{A.U} \quad (2-2)$$

Dimana : h = tebal lapisan minyak pelumas

Untuk menentukan unit atau satuan viskositas dapat menggunakan persamaan (2-2).

1. Satuan British (English System)

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

2. Sistem Internasional (International System)

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

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

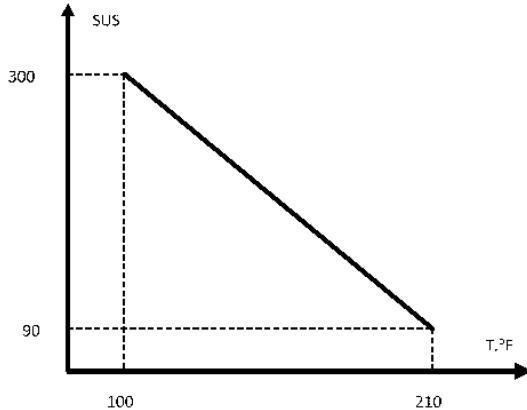
Satuan “reyn” biasa dikenal dengan satuan Reynold sesuai dengan nama penemunya. Demikian juga dengan ”poise”, satuan ini ditemukan oleh ahli Fisika Perancis yang bernama Poisenille. Konversi dari kedua satuan tersebut adalah :

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

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

Viskositas pada suatu minyak pelumas akan dapat menurun viskositasnya dengan terjadinya kenaikan temperatur, karena melemahnya ikatan molekul-molekul fluida. Viskositas dari minyak pelumas pun 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 2.5 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. Pengukuran Viskositas

Salah satu cara atau metode untuk mengukur dan menghitung viskositas 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).

$$\mu = SG_t \left(0,22 \cdot S - \frac{180}{S} \right) \quad (2-4)$$

$$SG_t = SG_{60} - 0,00035(t - 60)$$

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

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{\frac{dyne \cdot sec}{cm^2}}{\frac{dyne \cdot sec^2}{cm^4}} = \frac{cm^2}{sec.} = stokes \quad (2-5)$$

3. Index Viskositas

Nilai viskositas sangat dipengaruhi oleh temperatur, untuk beberapa pelumas tipe gas dan udara nilai viskositasnya naik dengan adanya kenaikan temperatur, 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.

Nilai viscosity index ini dibagi dalam 3 golongan, yaitu:

- a) HVI (High Viscosity Index) di atas 80.
- b) MVI (Medium Viscosity Index) 40 – 80.
- c) LVI (Low Viscosity Index) di bawah 40.

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 :

$$VI = \frac{L - U}{L - H} \times 100\% \quad (2-6)$$

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.

4. Pengaruh Suhu Terhadap Viskositas

Pengujian minyak pelumas dilakukan pada temperatur 40°C dan 100°C dan 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.

5. Pengaruh Jarak Tempuh Terhadap Viskositas

Dengan bekerjanya mesin sepeda motor menyebabkan terjadinya gesekan secara terus menerus di dalam mesin. Hal ini mengakibatkan molekul pelumas menjadi terkikis. Sehingga dengan bertambahnya jarak tempuh, 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.

2.3.2 Total Acid Number

Pelumas secara terus-menerus bereaksi dengan udara di atmosfer dengan membentuk oksidan organik yang bersifat asam. Dalam suhu ruangan, reaksi ini berjalan sangat lambat dan sedikit sekali berpengaruh pada pelumas. Pada suhu kerja yang lebih tinggi seperti di dalam mesin, laju reaksi berjalan sangat cepat. Pelumasan komponen mesin yang bergesekan adalah contoh nyata kondisi diatas, dimana suhu kerjanya sangat tinggi berbeda dengan bagian lain yang tidak bergesekan. Kondisi ini akan lebih buruk bila pelumas telah terkontaminasi dengan polutan padat, air, oksigen dan bahan bakar.

Total Acid Number merupakan total nilai atau konsentrasi suatu asam pada pelumas. Konsentrasi asam suatu pelumas tergantung pada bahan additive, kontaminasi asam, dan oksidasi yang terjadi pada pelumas. Suatu pelumas dengan konsentrasi nilai asam yang tinggi akan dengan mudah menimbulkan korosi pada bagian mesin dan menyumbat aliran pelumas yang disebabkan terbentuknya *varnish* dan lumpur. Ketika pelumas mengalami penurunan kualitas, asam akan terbentuk akibat perubahan komposisi dari bahan baku dan bahan tambahan (additive) pelumas akibat pengaruh udara dan panas. Pada umumnya, penambahan bahan additive dapat mengurangi nilai TAN pada suatu pelumas. Namun bagaimanapun juga, akumulasi dari terbentuknya tingkat oksidasi dan juga kontaminasi asam pada suatu pelumas lama kelamaan akan mengakibatkan meningkatnya nilai TAN.

Berikut adalah penyebab khusus dari oksidasi dimana dapat menaikkan nilai Total Acid Number :

- a) Oksidasi melalui kontak antara pelumas dengan air atau udara.

b) Peningkatan oksidasi karena masuknya partikel-partikel logam kedalam pelumas.

c) Peningkatan oksidasi akibat kenaikan temperatur kerja pelumas.

Dengan Meningkatnya TAN dapat menyebabkan kerugian, diantaranya :

a) Total nilai asam (TAN) tinggi mengakibatkan Pembentukan lapisan kental yang terdiri dari varnish/resin.

b) Resiko korosi mesin, terutama bila terdapat polutan air.

2.3.3 Flash Point

Flash point atau titik nyala merupakan suhu terendah pada saat minyak pelumas menyala seketika. Pengukuran titik nyala ini menggunakan alat-alat yang standar, tetapi metodenya berlainan tergantung dari produk yang diukur titik nyalanya.

2.3.4 Pour Point

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

2.3.5 Total Base Number (TBN)

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

2.3.6 Carbon Residue

Merupakan jenis persentasi karbon yang mengendap apabila oli diuapkan pada suatu pengujian.

2.3.7 Density

Menyatakan berat jenis oli pada kondisi dan temperatur tertentu.

2.3.8 Emulsification dan Demulsibility

Sifat pemisahan oli dengan air. Sifat ini perlu diperhatikan terhadap oli yang kemungkinan bersentuhan dengan air.

2.3.9 Sifat kebasaan (*Alkalinity*)

Untuk menetralisir asam-asam yang terbentuk karena pengaruh dari luar (gas buang) dan asam-asam yang terbentuk karena terjadinya oksidasi.

2.3.10 Sifat *Detergency* dan *Dispersancy*

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

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

2.3.11 Sifat tahan terhadap oksidasi

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

2.3.13 Kelumasan

Kelumasan merupakan sifat mampu melumasi dari minyak pelumas. Minyak pelumas harus memiliki sifat kelumasan yang baik, yaitu dapat membasahi seluruh permukaan logam yang bergesekan. Hal ini berarti dalam segala keadaan selalu terdapat lapisan minyak pelumas pada permukaan bagian mesin yang bersentuhan, sehingga gaya gesek menjadi lebih kecil.

2.3.13 Stabilitas

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

2.4 Klasifikasi Oli

2.4.1 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 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.
- f. Mampu meningkatkan akselerasi.
- g. Komponen vital motor utamanya kopling dan rangkaian gear pada transmisi lebih awet dan tahan lama.

2.4.2 Oli Sintetis

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

2.4.3 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.

2.5 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.

2.5.1 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.

2.5.2 Klasifikasi Zat Aditif Oli

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

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, menetralisir 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 krital pada suhu rendah. Contoh PPD adalah *poly-metacrilates*, *etylen vynil-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.

2.6 Standarisasi Oli

2.6.2 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.

Pada kemasan oli akan tertulis SAE 10W-30, 10W-40 atau 20W-40, 20W-50. Huruf W yang terletak di belakang angka merupakan singkatan dari ‘Winter’. Formulasi oli disesuaikan untuk musim dingin dan panas, sehingga saat suhu mobil dingin olinya tidak mengental. Oleh karena itu, angka paling depan adalah tingkat kekentalan oli pada suhu dingin dan angka setelah W atau paling belakang adalah tingkat kekentalan oli ketika mesin dalam kondisi bekerja atau sudah panas. Semakin besar angkanya maka semakin kental oli pada kondisinya. Semakin dingin suhu suatu wilayah, maka semakin encer tingkat kekentalannya, biasanya pada angka SAE 5W-35. Sedangkan tingkat kekentalan yang tepat untuk Indonesia sebagai negara beriklim tropis adalah pada angka SAE 10W-30 sampai pada angka SAE 15W-50.

2.6.2 API (American Petroleum Institute)

API yang merupakan singkatan dari *American Petroleum Institute* merupakan sebuah kode standar yang menentukan kualitas oli. Pada kemasan oli kita akan melihat kode API dengan 2 tambahan alfabet huruf dibelakangnya misalnya “API SN” atau “API CH”. Huruf pertama untuk menentukan jika jenis kendaraan bensin atau gasoline

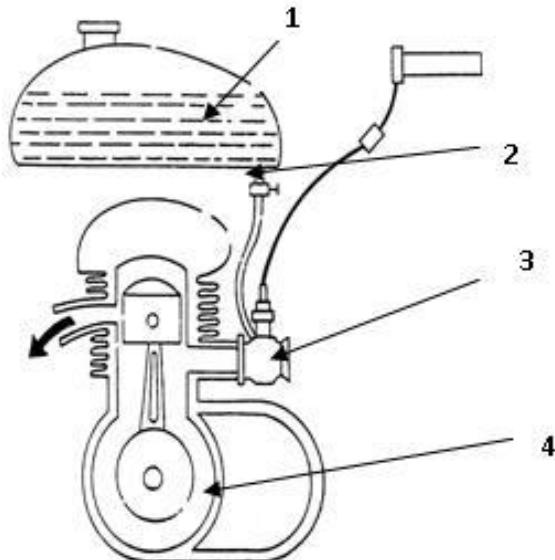
dilambangkan dengan kode S, sedangkan mesin diesel menggunakan kode C. Pada alfabet kedua menjelaskan kualitas yang terbaru dari oli. Misalnya API SG dan API SN, API SN merupakan jenis oli yang lebih baru dan biasanya memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan API SG. Semakin baru oli maka kode *alphabet* akan semakin jauh. Oli yang digunakan pada mobil-mobil keluaran tahun yang lebih baru akan menggunakan oli dengan kode pada alfabet keduanya yang mendekati huruf Z. Untuk mobil keluaran lama tidak dianjurkan untuk menggunakan oli keluaran terbaru. Hal ini disebabkan karena mesin mereka tidak dirancang untuk menerima tingkat kekentalan oli tertentu.

2.7 Sistem Pelumasan

2.7.1 Sistem Pelumasan Campur

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

- a. Tangki bahan bakar berada diatas mesin/ lebih tinggi dari mesin (pengaliran bahan bakar dengan gaya gravitasi).
- b. Jenis sistem pelumasan yang paling sederhana.
- c. Pemakaian oli boros, timbul polusi udara tinggi.
- d. Dipergunakan pada motor 2 Tak dengan kapasitas kecil.
- e. Menggunakan oli khusus 2 Tak yang mampu tercampur secara baik dengan bensin dengan kadar campuran 2% – 4% oli samping.



Gambar 2.6 Sistem Pelumasan Campur

Keterangan :

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

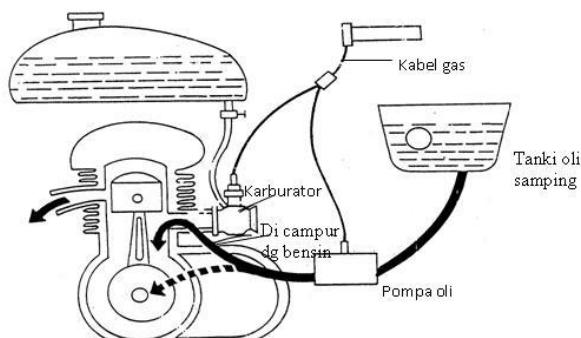
Cara kerja :

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 di dinding silinder.

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

2.7.2 Sistem Pelumasan Autolube

Sistem pelumasan autolube adalah sistem pelumasan dimana oli samping/campur masuk kedalam ruang engkol dipompa 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 2.7 Sistem pelumasan autolube

Cara kerja:

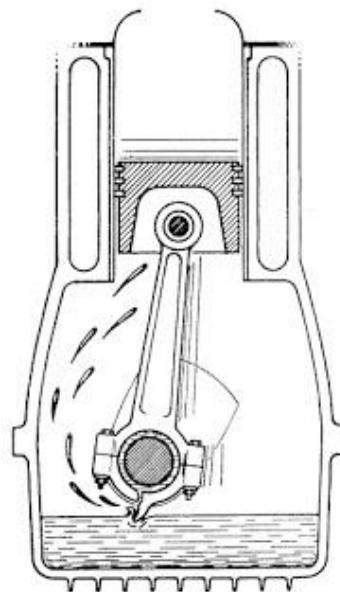
Saat mesin hidup lalu handle gas ditarik, maka bensin mengalir ke karburator, seiring dengan tarikan handle gas, pompa oli berputar yang menyebabkan oli samping/campur ditangki terhisap dan ditekan menuju ruang engkol melalui saluran dibelakang karburator. Bensin dan oli samping/campur menjadi satu di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

2.7.3 Sistem Pelumasan Percik

Sistem pelumasan percik adalah sistem pelumasan dengan memanfaatkan gerakan dari bagian mesin yang bergerak untuk memercikan oli ke bagian-bagian yang memerlukan pelumasan,

misal: poros engkol berputar sambil memercikan oli untuk melumasi dinding silinder.

Sistem pelumasan ini biasanya digunakan pada mesin dengan katup samping (*side valve*) dan berkapasitas kecil.



Gambar 2.8 Sistem pelumasan percik

Cara kerja :

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

2.8 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 kalaupun 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.*

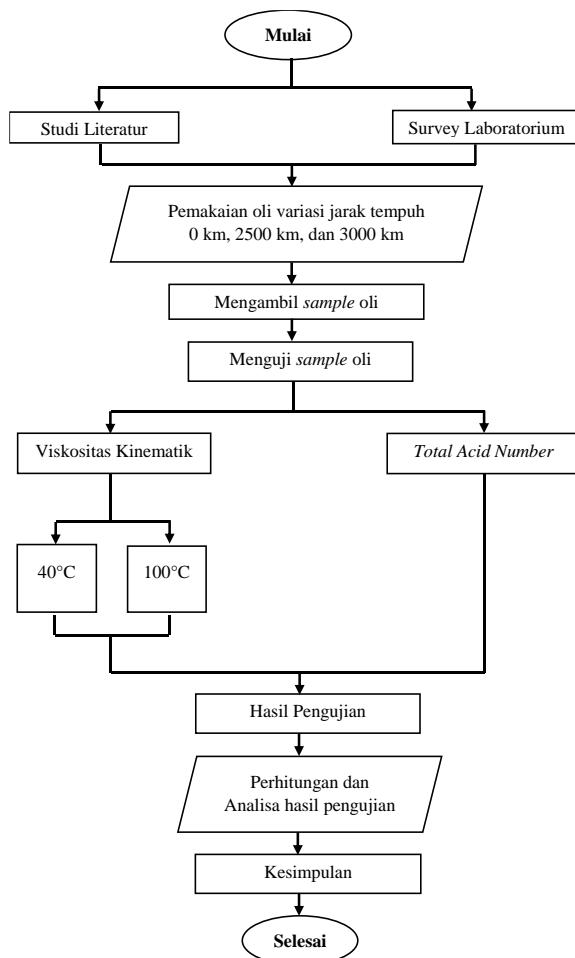
Yang paling penting dalam analisa oli adalah melihat tren, karena pada oli, tingkat keausan dan ingressi akan berbeda antara mesin ke mesin. Membandingkan data oli bekas dengan oli baru sebagai *baseline* juga sangat penting.

BAB III

METODOLOGI

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 dilakukan ini dilakukan pada semester genap tahun ajaran 2017/2018 yaitu dalam pada bulan Februari hingga Juni.

Tempat pelaksanaan pengujian ini dilakukan di Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Gedung Robotika ITS Surabaya Lantai 2 dan juga di PT. Sucofindo Analytical Laboratories Jl. Frontage Ahmad Yani Siwalankerto Surabaya.

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 Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) ITS Surabaya, sedangkan untuk pengujian Total Acid Number bertempat di PT. Sucofindo Analytical Laboratories Surabaya.

3. Pemasangan oli pada sepeda motor

Oli dipasangkan pada sepeda motor lalu di gunakan untuk berkendara dengan variasi jarak tempuh 0 km, 2500 km, dan 3500 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,

2500 km, 3000 km begitu pun dengan Total Acid Number.

5. Pengujian *sample* oli di laboratorium.
6. Mengambil data hasil pengujian *sample* oli.

3.4 Alat dan Bahan Pengujian

1. Yamalube Matic Oil

Yamalube Matic Oil merupakan pelumas yang memiliki spesifikasi SAE 20W-40 dengan grade SJ. Untuk spesifikasinya terdapat pada Lampiran 2



Gambar 3.2 Oli Yamalube Matic

2. Kinematic Viscosity Bath Koehler

Digunakan untuk mengukur viskositas kinematik dari sampel oli.



Gambar 3.3 Kinematic Viscosity Bath Koehler

3. Metrohm Titrator

Digunakan untuk mengukur total acid number dari sampel oli.



Gambar 3.4 Metrohm Titrator

4. Wadah Sampel

Digunakan untuk menaruh sampel oli.



Gambar 3.5 Wadah *sample* oli

5. Spet Injeksi

Spet Injeksi digunakan untuk mengambil sampel oli dari tangki oli sepeda motor.



Gambar 3.6 Spet injeksi

3.5 Prosedur Pengujian

3.5.1 Pengujian Viskositas Kinematik

1. Mengambil *sample* oli sebanyak 10 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 Pengujian Total Acid Number

a) Persiapan

1. *Settings*

Name	Default parameter	Unit
<i>Sample</i>		
Name	Sample	
Amount	2	[g]
Amount min	0.1	[g]
Amount max	22	[g]
<i>Titrant</i>		
Name	KOH	
Titrant concentration	0.1000	[eq/L]
Syringe	Syringe 1	
<i>Probes</i>		
Recommended pH probe	PHG201	
Recommended reference probe	REF361	
<i>Rinsing step 1 (solvent)</i>		
Active	Yes	
Time	30	[s]
Stirring speed	25	[%]
<i>Rinsing step 2 (water)</i>		
Active	Yes	
Time	30	[s]
Stirring speed	25	[%]
<i>Rinsing step 3 (solvent)</i>		
Active	Yes	
Time	30	[s]
Stirring speed	25	[%]
<i>IP titration</i>		
Stirring speed	20	[%]
Measured parameter		[mV]
Predose	0	[mL]
Max volume stop point	10	[mL]
Stop on last EQP	Yes	
Delay	15	[s]

Gambar 3.7 *Setting* pada pengujian TAN

2. Working range

Tabel 3.1 Working range pengujian TAN

Total Acid Number (mg/g)	Sample mass (g)	Weighing accuracy (g)
0.05 - < 1.0	20.0 ± 2.0	0.10
1.0 - < 5.0	5.0 ± 0.5	0.02
5.0 - < 20	1.0 ± 0.1	0.005
20 - < 100	0.25 ± 0.02	0.001
100 - < 260	0.1 ± 0.01	0.0005

b) Proses Titrasi

1. Menyalakan aplikasi *Total Acid Number*.
2. Di layar utama pada menu *sample type* memilih *define blank*.
3. Menekan tombol *start*.
4. Mengikuti panduan *rinsing* sesuai dengan gambar 3.7 diatas.
5. Menempatkan gelas beker kosong dibawah pengangan elektroda.
6. Memastikan bahwa pH *electrode* setengah tenggelam pada gelas beker.
7. Pada akhir titrasi, volume yang sesuai dengan gelas beker akan ditampilkan dan terekam.
8. Menekan *next* dan memilih *new sample*.
9. Menambahkan 2 gram *sample* oli kedalam gelas beker 100 ml.
10. Pada menu *sample type*, memilih *sample with blank*.
11. Menekan tombol *start*.
12. Menempatkan gelas beker yang berisikan *sample* oli di bawah pH *electrode* lalu mengaduknya.
13. Menambahkan larutan titrasi sebanyak 75 ml kemudian pada layar menu menekan tombol OK.
14. Memastikan bahwa pH elektrode setengah tenggelam dalam larutan.
15. Pada akhir titrasi nilai Total Acid Number dari *sample* oli akan ditampilkan pada layar dalam satuan mgKOH/g.

BAB IV

ANALISA DAN PERHITUNGAN

4.1 Viskositas Kinematik

Dari pengujian viskositas kinematik yang telah dilakukan pada oli Yamalube Matic SAE 20W-40 dengan temperatur 40°C dan 100°C didapat hasil sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil pengujian viskositas kinematik

Jarak Tempuh	Viskositas Kinematik (cSt)	
	Temperatur Uji 40°C	Temperatur Uji 100°C
0 km	133,61	13,49
2500 km	87,98	12,56
3000 km	78,85	12,42

4.1.1 Ekstrapolasi Viskositas Kinematik

Viskositas kinematik oli sepeda motor dianggap tidak layak pakai jika sudah berkurang 50 % dari viskositas kinematik awal berdasarkan *Automotive Engine Oil Condition Monitoring* (Booser, Richard. *Tribology Data Handbook*,) seperti yang terlampir pada lampiran 3.

$$\begin{aligned}U &= U_0 - (50 \% \times U_0) \\&= 133,61 - (50 \% \times 133,61) \\&= 133,61 - 66,805 \\&= 66,805 \text{ cSt}\end{aligned}$$

Keterangan :

U = viskositas kinematik oli tidak layak pakai (cSt)
 U_0 = viskositas kinematik oli baru (cSt)

Perhitungan Ekstrapolasi

$$\frac{s - s_1}{s_2 - s_1} = \frac{U - U_1}{U_2 - U_1}$$

$$\frac{s - 2500}{3000 - 2500} = \frac{66,805 - 87,98}{78,85 - 87,98}$$

$$\frac{s - 2500}{500} = \frac{-21,18}{-9,13}$$

$$s - 2500 = 500 \left(\frac{-21,18}{-9,13} \right)$$

$$s = 2500 + 1160$$

$$= 3660 \text{ km}$$

Dimana :

U_1 = Viskositas kinematik jarak tempuh 2500 km (cSt)

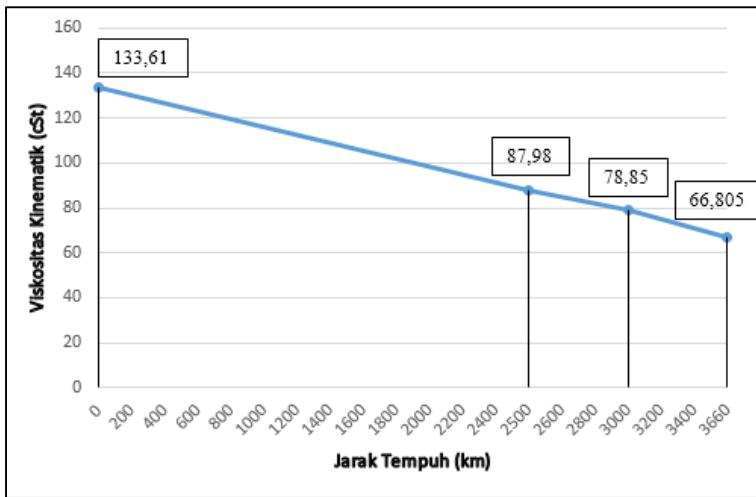
U_2 = viskositas kinematik jarak tempuh 3000 km (cSt)

U = Viskositas kinematik oli tidak layak pakai (cSt)

s_1 = Jarak tempuh 2500 (km)

s_2 = Jarak tempuh 3000 (km)

s = Jarak tempuh oli tidak layak pakai (km)



Gambar 4.1 Grafik perubahan viskositas kinematik

4.2 Viskositas Index

Berkaitan dengan berubahnya viskositas terhadap temperatur maka dikenal istilah viskositas Index (VI) yang menyatakan kepekaan viskositas terhadap perubahan temperatur.

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

Dimana :

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 (40°C)

Untuk mengetahui nilai L dan H menggunakan rumus empiris sebagai berikut :

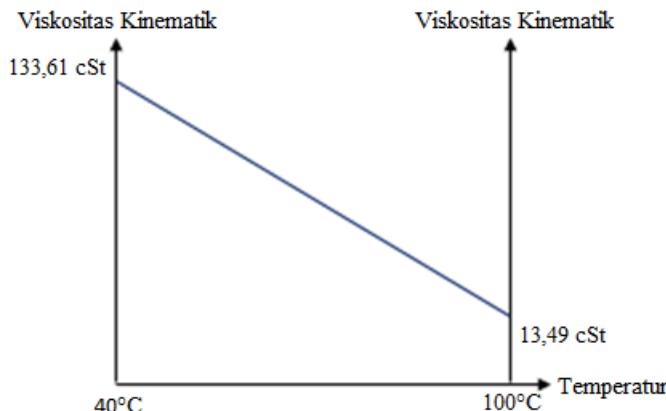
$$L = 0,2160 X^2 + 12,070 X - 721,2$$

$$H = 0,0408 X^2 + 12,568 X - 475,4$$

Dimana :

X = Hasil viskositas kinematik pada temperatur 100°C

4.2.1 Viskositas Index Jarak Tempuh 0 km



Gambar 4.2 Viskositas Index 0 km

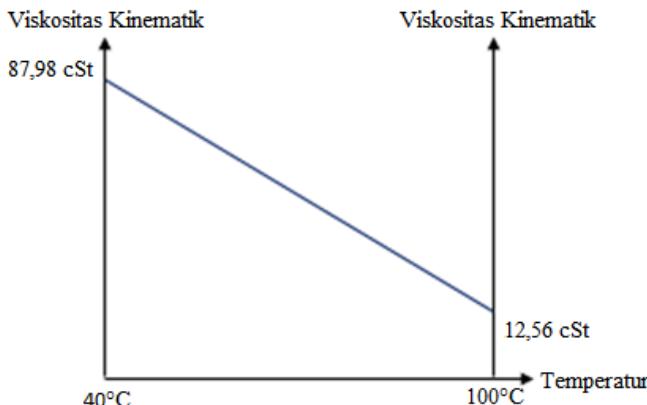
$$VI = \frac{L-U}{L-H} \times 100 \%$$

$$\begin{aligned} L &= (0,2160 \times 13,49^2) + (12,070 \times 13,49) - 721,2 \\ &= 39,3077 + 162,8243 - 721,2 \\ &= -519,068 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= (0,0408 \times 13,49^2) + (12,568 \times 13,49) - 475,4 \\ &= 7,4248 + 169,5423 - 475,4 \\ &= -298,433 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 VI &= \frac{-519,068 - 133,61}{-519,068 - (-298,433)} \times 100 \% \\
 &= \frac{-652,678}{-220,635} \times 100 \% \\
 &= 295,82 \%
 \end{aligned}$$

4.2.2 Viskositas Index Jarak Tempuh 2500 km



Gambar 4.3 Viskositas Index 2500 km

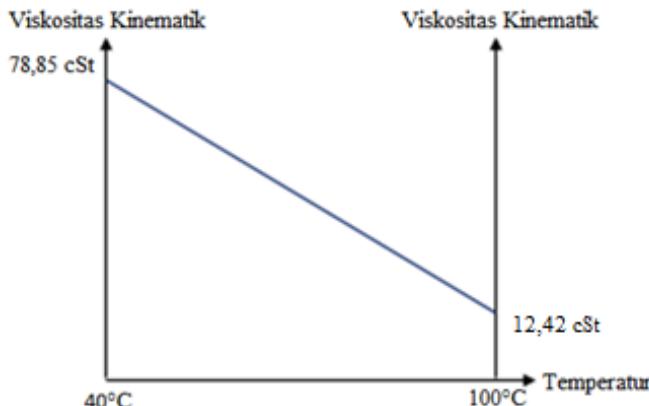
$$VI = \frac{L-U}{L-H} \times 100 \%$$

$$\begin{aligned}
 L &= (0,2160 \times 12,56^2) + (12,070 \times 12,56) - 721,2 \\
 &= 34,0748 + 151,5992 - 721,2 \\
 &= -535,526
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H &= (0,0408 \times 12,56^2) + (12,568 \times 12,56) - 475,4 \\
 &= 6,4363 + 157,8540 - 475,4 \\
 &= -311,11
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 VI &= \frac{-535,526 - 87,98}{-535,526 - (-311,11)} \times 100 \% \\
 &= \frac{-623,506}{-224,416} \times 100 \% \\
 &= 277,84 \%
 \end{aligned}$$

4.2.3 Viskositas Index Jarak Tempuh 3000 km



Gambar 4.4 Viskositas Index 3000 km

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

$$\begin{aligned}
 L &= (0,2160 \times 12,42^2) + (12,070 \times 12,42) - 721,2 \\
 &= 33,3194 + 149,9094 - 721,2 \\
 &= -537,971
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H &= (0,0408 \times 13,49^2) + (12,568 \times 13,49) - 475,4 \\
 &= 6,2934 + 156,0946 - 475,4 \\
 &= -313,012
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 VI &= \frac{-537,971 - 78,85}{-537,971 - (-313,012)} \times 100 \% \\
 &= \frac{-616,821}{-224,959} \times 100 \% \\
 &= 274,19 \%
 \end{aligned}$$

4.3 Total Acid Number

Untuk pengujian Total Acid Number pada oli baru (0 km) maupun oli bekas (2500 km & 3000 km) di dapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.2 Hasil pengujian TAN

Jenis pelumas	Jarak tempuh	Nilai TAN
Pelumas baru	0 km	0,07
Pelumas bekas	2500 km	2,44
Pelumas bekas	3000 km	2,89

4.3.1 Ekstrapolasi Total Acid Number

Total acid number untuk oli sepeda motor dianggap tidak layak pakai apabila melebihi batas (limit) $TAN > 7 \text{ mgKOH/g}$ berdasarkan *Automotive Engine Oil Condition Monitoring (Tribology Data Handbook, Richard Booser)* seperti yang terlampir pada lampiran 4.

Perhitungan Ekstrapolasi

$$\frac{s - s_1}{s_2 - s_1} = \frac{AN - AN_1}{AN_2 - AN_1}$$

$$\frac{s - 2500}{3000 - 2500} = \frac{7,01 - 2,44}{2,89 - 2,44}$$

$$\frac{s - 2500}{500} = \frac{4,57}{0,45}$$

$$s - 2500 = 500 \left(\frac{4,57}{0,45} \right)$$

$$s = 2500 + 5077$$

$$= 7577 \text{ km}$$

Dimana :

AN_1 = Nilai asam jarak tempuh 2500 km (mgKOH/g)

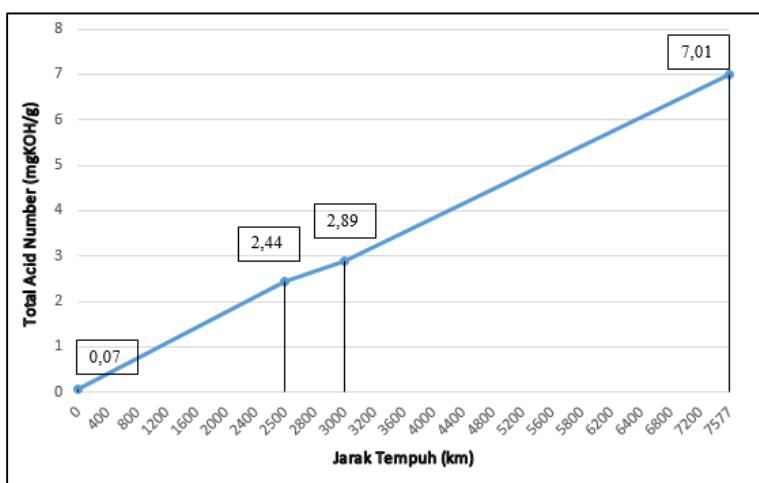
AN_2 = Nilai asam jarak tempuh 3000 km (mgKOH/g)

AN = Nilai asam oli tidak layak pakai (mgKOH/g)

s_1 = Jarak tempuh 2500 (km)

s_2 = Jarak tempuh 3000 (km)

s = Jarak tempuh oli dengan TAN > 7 (km)



Gambar 4.5 Grafik Perubahan Total Acid Number

4.4 Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan ekstrapolasi dari kedua parameter yaitu viskositas kinematik dan Total Acid Number, yang lebih dahulu rusak dari oli tersebut adalah viskositas kinematiknya dimana pada jarak tempuh 3660 km viskositasnya sudah turun 50% (sudah tidak layak pakai) sedangkan untuk total acid number baru tidak layak pakai pada jarak tempuh 7577 km (nilai TAN > 7). Sehingga akan lebih baik jika penggantian oli memperhatikan dari segi viskositas kinematiknya.

Nilai viskositas index oli Yamalube Matic SAE 20W-40 sangat tinggi sehingga stabil terhadap perubahan temperatur.

Dari hasil pengujian viskositas kinematik pada temperatur 40°C seperti yang terdapat pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa semakin jauh jarak tempuh sepeda motor maka nilai viskositas kinematik dari oli akan turun. Oli baru Yamalube Matic SAE 20W-40 memiliki viskositas kinematik sebesar 133,61 cSt, pada jarak tempuh 2500 km viskositas kinematiknya turun menjadi 87,98 cSt, dan pada jarak tempuh 3000 km viskositas kinematiknya kembali turun menjadi 78,85 cSt. Menurunnya viskositas kinematik disebabkan karena dengan bertambahnya jarak tempuh maka panas operasi mesin juga meningkat (temperturnya meningkat) dan mengakibatkan melemahnya ikatan rantai molekul kimia dari oli sehingga kekentalan dari oli turun.

Menurut hasil pengujian Total Acid Number pada tabel 4.2 menunjukkan bahwa nilai TAN pada oli semakin naik dengan bertambahnya jarak tempuh dimana oli baru Yamalube Matic SAE 20W-40 memiliki nilai TAN sebesar 0,07 mgKOH/g, pada jarak tempuh 2500 km nilai TAN meningkat menjadi 2,44 mgKOH/g, dan pada jarak tempuh 3000 km nilai TAN-nya kembali naik menjadi 2,89 mgKOH/g. meningkatnya nilai TAN disebabkan karena pada saat oli dipakai di mesin akan mengalami oksidasi karena oli bereaksi dengan udara sehingga nilai asam akan naik.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari analisa dan perhitungan hasil pengujian Viskositas Kinematik serta Total Acid Number (TAN) oli Yamalube Matic SAE 20W-40 dapat disimpulkan bahwa :

1. Semakin jauh jarak tempuh sepeda motor maka nilai Viskositas kinematik dari oli-nya akan turun. Oli baru memiliki viskositas kinematik sebesar 133,61 cSt, pada jarak tempuh 2500 km viskositas kinematiknya turun menjadi 87,98 cSt, dan pada jarak tempuh 3000 km viskositas kinematiknya kembali turun menjadi 78,85 cSt.
2. Viskositas indeks dari oli Yamalube Matic SAE 20W-40 masih stabil dalam nilai viskositas indeks yang tinggi.
3. Nilai Total Acid Number pada oli semakin naik dengan bertambahnya jarak tempuh dimana oli baru memiliki nilai TAN sebesar 0,07 mgKOH/g, pada jarak tempuh 2500 km nilai TAN meningkat menjadi 2,44 mgKOH/g dan pada jarak tempuh 3000 km nilai TAN-nya kembali naik menjadi 2,89 mgKOH/g.
4. Berdasarkan hasil perhitungan ekstrapolasi kedua parameter yaitu viskositas kinematik dan Total Acid Number, yang lebih dulu rusak adalah viskositas kinematik-nya dimana pada jarak tempuh 3660 km (viskositasnya sudah turun 50%) sedangkan untuk total acid number baru rusak pada jarak tempuh 7577 km (nilai TAN > 7).

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dan kesimpulan dari penelitian ini saya dapat menyarankan agar penelitian ini dapat berkembang jauh dan memiliki tingkatan yang lebih baik, yaitu:

1. Menambah parameter pengujian oli yaitu Total Base Number dan Water Content untuk kemudian dibandingkan dengan nilai Total Acid Number.

2. Pengujian harus dilakukan dengan referensi yang sama dalam artian kapasitas volume oli di dalam sepeda motor saat digunakan berkendara dengan berbagai variasi jarak tempuh harus sama.

DAFTAR PUSTAKA

1. Booser, E.R. 1997. *Tribology Data Handbook : An Excellent Friction Lubrication And Wear Resource.* Amerika
2. Deutschment, Aron. 1985. *Machine Design Theory.* Coller Macmillan International Editor. London
3. Rohmi A.S, Ladrian. 2016. *Analisis Kelayakan Pakai Minyak Pelumas SAE 10W-30 Pada Sepeda Motor (4tak) Berdasarkan Viskositas Dengan Metode Viskometer Bola Jatuh.* ITS Surabaya. Tugas Akhir.
4. 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.
5. Susetyo H, Erwin dan Mulyadi. 2017. Pengaruh Jarak Tempuh Terhadap Viskositas Oli Pada Sepeda Motor Matic Tahun 2011. *Rekayasa Energi Manufaktur*, Nomor 2 Volume II.
6. <https://artikel-teknologi.com/macam-macam-pelumas-mesin/>
7. <http://eprints.polsri.ac.id/920/3/BAB%20II.pdf>
8. <http://www.otomotifxtra.com/read/46/Oli-Yamalube-Matic-dan-Power-Matic-Aditifnya-Mampu-Dongkrak-Torsi>
9. <https://www.yamaha-motor.co.id/product/xride>

LAMPIRAN

Lampiran 1 : Spesifikasi Yamaha X-Ride

MESIN	
Tipe Mesin	4 Langkah, 2 Valve SOHC, Berpendingin Angin,Bluecore
Susunan Silinder	Cylinder Tunggal
Diameter X Langkah	52,4 X 57,9 mm
Perbandingan Kompresi	9,5 : 1
Volume Silinder	125 Cc
Daya Maksimum	7,0 Kw / 8000 Rpm
Torsi Maksimum	9,6 N.m / 5500 Rpm
Sistem Starter	Electric Starter & Kick Starter
Sistem Pelumasan	Wet Sump
Kapasitas Oli Mesin	Total : 0,84 L; Berkala : 0,80 L; Ganti Filter Oli : 0,80 L
Sistem Bahan Bakar	Fuel Injection
Tipe Kopling	Dry Centrifugal Clutch
Tipe Transmisi	Full Automatic
DIMENSI	
P × L × T	1860 × 740 × 1070 mm
Jarak Sumbu Roda	1260 mm
Jarak Terendah Ke Tanah	135 mm
Tinggi Tempat Duduk	760 mm
Berat Isi	98 Kg
Kapasitas Tangki Bensin	4,2 L
RANGKA	
Tipe Rangka	Underbone
Suspensi Depan	Teleskopik
Ban Depan	80/80 – 14M/C 43P Tubeless
Ban Belakang	100/70 – 14M/C 51 P Tubeless
Rem Depan	Disc
Rem Belakang	Drum
Suspensi Belakang	Unit Swing
KELISTRIKAN	
Sistem Pengapian	TCI
Tipe Battery	YTZ4V / GTZ4V
Tipe Busi	NGK / CRGHSAs

Sumber : <https://www.yamaha-motor.co.id/product/xride>

Lampiran 2 : Spesifikasi oli Yamalube Matic SAE 20W-40



Oli Yamalube Matic memiliki spesifikasi viskositas SAE 20W-40 dengan grade SJ. Oli Yamalube Matic mengandung zat aditif Molybdenum Disulfide yang di klaim mempunyai ketahanan terhadap panas sampai suhu 750°F dan mampu menahan beban tekanan tinggi sampai 2.500.000 psi. Oli yamalube matic menjamin ketahanan komponen mesin motor matic hingga 30%.

Sumber : <http://www.otomotifxtra.com/read/46/Oli-Yamalube-Matic-dan-Power-Matic-Aditifnya-Mampu-Dongkrak-Torsi>

Lampiran 3 : Automotive Engine Oil Condition Monitoring For Kinematic Viscosity

TABLE 2 Viscosity Analysis and Method	Warning Limit or Literature Result (Ref.)	Significance of Out-of-Limits Results	Related Analysis	Comments
At 40°C, ASTM D 445	Vis 40 less than half that of fresh oil has been observed without engine failure (1)	The vehicle was driven in short-trip service in a cold climate, or there was a fuel-system malfunction such that raw fuel entered engine oil.	Fuel in oil	A high concentration of fuel in oil may occur whenever engine oil never warms fully in short-trip service.
At 100°C, ASTM D 445	Vis 100 < 0.5 mPa · s (2) Vis 100 increase > 5% (2) or Vis 100 increase > 75% (3)	Fuel is in the engine oil, or the viscosity index improver has sheared. Oil thickened due to oxidation, evaporation of lighter oil components, contamination by insolubles. Thickened oil may not provide adequate lubrication to critical engine parts. Antiwear agent may be depleted.	Fuel in oil TAN, DSC, metals, soot, PN	Check tread-on viscosity and insolubles content PN
High-temp, high shear, ASTM D 4741	Vis 150 < 2.9 mPa · s (4) Vis 25% below that of fresh oil (5)	Oil is thinned, possibly due to fuel in oil or shearing of VI improver. Insufficient vis may result in bearing and journal wear, low oil pressure, poor oil economy.	Fuel in oil	Other analyses: ASTM D 4624, D 4683, D 5481
Low temp, ASTM D 4684, ASTM D 5293	Oil no longer meets low temp. spec. for its SAE viscosity grade (6)	Oil may not flow sufficiently at low temperatures and could cause poor low temperature cranking.		Other analyses: ASTM D 2662, D 2983, D 5133

Note: Vis = viscosity.

Sumber : Booser,Richard.1997. *Tribology Data Handbook : An Excellent Friction, Lubrication, and Wear Resource (Handbook of Lubrication)*

Lampiran 4 : Automotive Engine Oil Condition Monitoring For Total Acid Number

Chemical Analyses Analytic and Method	Warning, limit or literature Result (Ref.)	Significance of Out-of-Limits Results	Related Analysis	Comments
Base no., ASTM D 2986	TBN 0 to <2 (2,5,7,8)	Oil reserve alkalinity is depleted.	Compare TAN to TBN	Related analysis: ASTM D 664, D 974, D 4739
Acid no., ASTM D 654	Long-trip service, TAN >7 (9)	Oil is acidic and may not adequately protect engine from corrosion. Note: TAN >7 mg KOH/g has been observed in short-trip service without engine failure (10)	Via increase, elevated level of insolubles	Related analysis: ASTM D 974
Insolubles ASTM D 893	Long-trip service, PN >1.5 to >5.0% (2,5)	Detergency of oil no longer adequate. Small oil passages could become blocked. Sludge & deposits could form. Note: PN values >8% have been observed in short-trip service without engine failure; water contributes to high PN values under short-trip conditions (11)	Long trips: TAN, Vis (10) Short trips: Water	Find cause (plugged injector, fuel system problem, short-trip service)
Fuel in oil ASTM D 322, ASTM D 3525	Long-trip service, FDOL >5% (3)	Gasoline in engine oil reduces oil viscosity. Fuel in oil is often accompanied by water and acids, which degrade oil. If caused by short-trip driving, reduce the oil-change interval. Note: >25% gasoline in oil observed in short-trip service without engine failure (10).	Viscosity, TAN, TBN, water in oil	Find cause (plugged injector, fuel system problem, short-trip service)
Water in oil ASTM D 1744, ASTM D 4293	Long-trip service, >0.1% to >0.5% (2)	Water can hydrolyze antioxidant additives, may indicate excessive fuel in oil, glycol leak, short-trip driving. Note: >5% water observed in oil in short-trip service without engine failure (1)	Fuel in oil, glycol	Water in oil.
Glycol ASTM D 2982, ASTM D 4291	Conventional wisdom indicates glycol should not be in engine oil	Sometimes, fresh oil or oil contaminants give a false positive test for glycol. Sometimes a glycol test indicates that no glycol is present when other measurements indicate there has been a glycol leak. A positive test for glycol suggests a coolant leak.	A glycol leak should be found and fixed.	presence of typical coolant elements (B, Si, Na, Mg)

Sumber : Booser,Richard.1997. *Tribology Data Handbook : An Excellent Friction, Lubrication, and Wear Resource (Handbook of Lubrication)*

BIODATA PENULIS



Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara yang dilahirkan pada 1 Mei 1997 di Kab.Ponorogo, Provinsi Jawa Timur. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu SDN 3 Singgahan Kab.Ponorogo (2003-2009), MTsN 2 Surabaya (2009-2012),SMAN 13 Surabaya (2012-2015), Penulis kemudian melanjutkan Pendidikan Tinggi di Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi ITS Surabaya pada tahun 2015 dan mengambil bidang studi Manufaktur. Penulis sempat melakukan kerja praktek di PT. Asahimas Flat Glass,Tbk di Sidoarjo, Jawa Timur selama 1 bulan di divisi mechanical maintenance.

Penulis juga aktif di beberapa kegiatan yang dilakukan oleh Himpunan Departemen Teknik Mesin Industri maupun kegiatan Fakultas Vokasi di ITS Surabaya yaitu Pelatihan Karya Tulis Ilmah dan Pelatihan LKMM Pra-TD, serta mengikuti organisasi di Himpunan Departemen Teknik Mesin Industri sebagai Staff Departemen Akesma. Bagi pembaca yang ingin berdiskusi dan mengetahui informasi lebih lanjut dari Tugas Akhir ini dapat menghubungi via email : dededarmawan.idn@gmail.com