

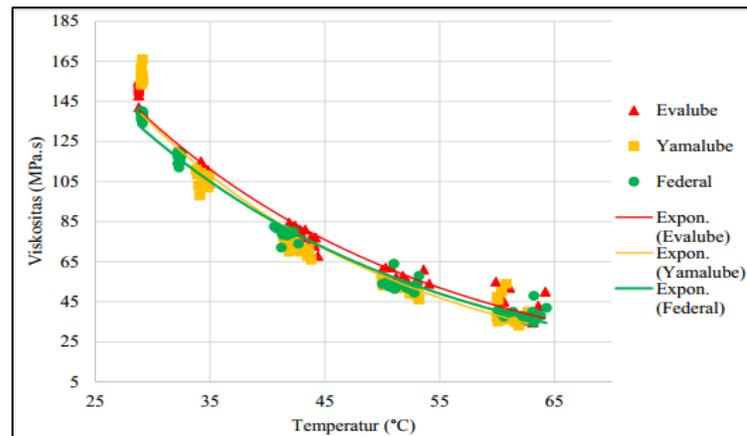
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA & DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian ini membahas tentang pengaruh karakteristik dari sampel pelumas terhadap kinerja sepeda motor. Dengan menggunakan sampel oli Yamalube Sport, Castrol Power 1 Racing, Enduro 4 T, dan Eneos akan dilakukan penelitian dengan bahan uji sepeda motor Yamaha Mio Sporty 115cc, Penelitian ini membutuhkan penelitian terdahulu dengan topik yang sama.

Pada Penelitian Liana (2016) tentang analisa karakteristik viskositas dan konduktivitas thermal minyak pelumas *MPX 2* baru dan *MPX 2* bekas dengan bagaimana pengaruhnya terhadap kinerja motor Honda *Scoopy 110 cc*. penelitian ini merujuk pada perbedaan 1 oli baru *MPX2* dengan 5 oli bekas *MPX2*, dimana perbandingannya 1:5. Hasil data yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa sampel oli baru lebih unggul ketimbang sampel oli bekas berdasarkan kualitas viskositasnya, dengan alasan logikanya bahwa oli bekas memang sudah dipakai / bekas, sehingga kekentalan yang didapatnya pasti sudah tidak bagus. Dilihat dari hasilnya menunjukkan viskositas sampel oli baru berada pada kisaran 110 (MPa.s) sedangkan viskositas pada sampel oli bekas berada pada kisaran 50-80 (MPa.s) dan masing masing sampel oli diuji menggunakan alat *Viscometer NDJ 08* dengan temperatur dari 40-70°C. Menurutnya perbandingan temperatur sampel oli baru dan bekas tidak beda jauh, dimana di titik 55°C nilai viskositas oli baru dan oli bekas tidak menunjukkan hasil yang signifikan. Pada dasarnya penurunan nilai viskositas disebabkan adanya pengaruh temperatur di dalamnya, sehingga sangat baik untuk menguji kualitas viskositas sebelum dipergunakan pada kendaraan khususnya mesin motor

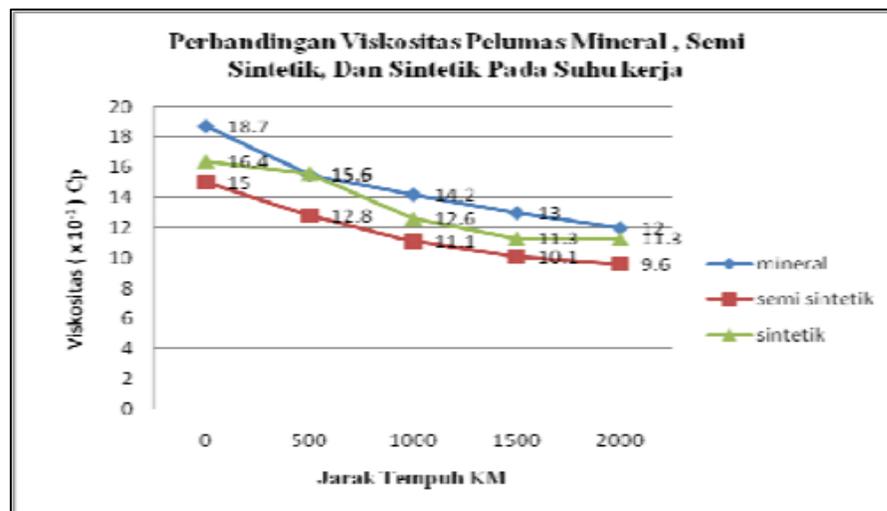


Gambar 2.1 Perbandingan 3 jenis oli terhadap nilai viskositas dan suhu (Inang, 2017)

Pada penelitian Inang (2017) tentang pengaruh viskositas terhadap temperatur dengan menggunakan beberapa merk minyak pelumas *Evalube Runner* jenis (*Mineral*), *Yamalube Gold* jenis (*Semi synthetic*), dan *Federal Racing* jenis (*Fully synthetic*). Metode yang digunakan untuk mengetahui kekentalan minyak pelumas adalah menggunakan alat viskometer *type NJD-8S Digital Viscometer*. Prinsip kerjanya viscometer ini dikendalikan oleh program, dimana rotor standard yang terpasang pada momen torsi dan bersinggungan dengan viscometer zat cair, karena terjadi *viscose histeris* cair maka nilai kekentalan pelumas akan muncul di *display*. Pada **Gambar 2.1** menunjukkan bahwa nilai viskositas minyak pelumas dari ketiga jenis tersebut yang paling unggul adalah oli *Evalube Runner* jenis *Mineral* dengan nilai viskositasnya sebesar 155,4 MPa.s, disusul oli *Yamalube Gold* dengan nilai sebesar 155 MPa.s dan oli *Federal Racing* nilai viskositas sebesar 140,2 MPa.s. Dilihat dari temperatur maksimalnya sekitar 65°C ketiga jenis oli tersebut memiliki nilai kekentalan yang berbeda, pada oli *Evalube* dengan suhu +65°C nilai viskositasnya 34,5 MPa.s, oli *Yamalube* sekitar 33 MPa.s, dan oli *Federal* sekitar 34,5 MPa.s. Pada grafik tersebut menunjukkan bahwa dari ketiga jenis oli tersebut sama-sama mengalami penurunan viskositas seiring dengan kenaikan temperatur, dengan demikian kualitas produk minyak pelumas dilihat dari seberapa besar nilai viskositas dan seberapa tahan lama

terhadap temperatur tinggi yang akan mempertahankan nilai kekentalan produk itu sendiri, dapat diketahui pada penelitian ini bahwa jenis *Full syntetic* lebih unggul nilai viskositasnya terhadap suhu tinggi, dan jenis ini juga mempunyai zat berupa *ISO Polymerized Synthetic Base Oil* dimana akan menjaga kekentalannya yang menjadikan mesin lebih responsive dan akselerasinya menjadi lebih maksimal.

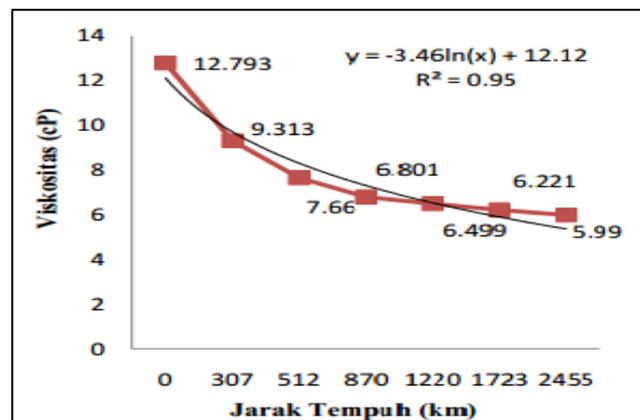
Menurut Mulyawan (2015) terkait penelitian tentang Studi kasus sistem pelumasan dan pengaruhnya terhadap sistem komponen mesin pada dunia otomotif, dimana efisiensi dan efektifitas kerja mesin kendaraan bermotor sangat dipengaruhi oleh minyak pelumas yang digunakan. Nilai viskositas sebagai penunjang parameter penelitian ini untuk mengetahui kualitas pelumas itu sendiri. Dengan metode yang digunakan berupa jarak tempuh dan waktu, prinsipnya menggunakan periode data dengan maksud data akan diperoleh berdasarkan jenis minyak pelumas sampai dimana akan terjadinya kualitas viskositas akan berakhir, alat-alat parameter memantau kualitas minyak pelumas secara kontinyu pada saat mesin dijalankan.



Gambar 2.2 Penurunan viskositas pelumas mineral, semi sintetik dan sintetik pada suhu kerja (Arisandi, 2012)

Menurut Arisandi (2012) pada **Gambar 2.2** menunjukkan bahwa minyak pelumas jenis sintetik ini cenderung tidak mengalami signifikan penurunan kualitas viskositas dengan kata lain hampir mengalami kestabilan terhadap jarak tempuh. Pada

penelitian ini menganalisa minyak pelumas berdasarkan pengukuran jarak tempuh, dengan dilakukannya jarak tempuh berkisar 500 km sampai jarak total 2000 km. dan disisi lain minyak pelumas jenis mineral lebih rendah kestabilan viskositasnya pada suhu kerja dan jenis semi sintetik memiliki kualitas nilai viskositas yang rendah dan mengalami penurunan konstan seiring dilakukannya pengujian jarak tempuh. Dapat disimpulkan bahwa nilai viskositas yang stabil seiring pengaruhnya terhadap efek temperatur adalah menghematkan konsumsi bahan bakar, ini yang terjadi pada jenis sintetis di penelitian ini. Dengan asumsi, ketika temperatur rendah jenis minyak pelumas ini tidak terlalu kental sehingga tidak membebani mesin, dan ketika temperatur tinggi viskositas tidak terlalu encer sehingga masih dapat melumasi permukaan bidang kontak dengan sempurna.



Gambar 2.3 Hubungan Jarak tempuh dengan nilai viskositas pelumas pada sepeda motor (Wayan, 2015)

Pada penelitian D. Wayan (2015) tentang analisis penurunan kualitas minyak pelumas pada kendaraan bermotor berdasarkan nilai viskositas serta perubahan warna, penelitian ini menggunakan oli *Yamalube* dengan SAE 10W-30 dan kendaraan yang akan di uji adalah motor 4-tak yaitu *Vixion* tahun 2008. Parameter yang akan di analisis adalah nilai viskositas dengan metode stormer (menggamati waktu alir fluida pada buret dan menggunakan persamaan *Poiseuille*). Pada **Gambar 2.3** diatas menunjukkan perbandingan antara nilai viskositas dengan jarak tempuh, jarak tempuh yang diuji

maksimal berkisar ± 2500 km untuk satu sampel oli yaitu *Yamalube*. Dapat dilihat bahwa viskositas berbanding terbalik dengan jarak yang ditempuh motor, yaitu semakin tinggi jarak yang ditempuh suatu motor akan mengalami penurunan nilai viskositas, hal ini disebabkan semakin lama pelumas digunakan maka semakin menurun kualitas nilai viskositas yang didapat / menjadi lebih encer, ini berlaku pada kecepatan dan suhu sekitar. Saat pelumas menjadi encer, maka memudahkan untuk mendapatkan nilai viskositasnya dan nilai viskositas ini pula berbanding lurus dengan waktu alir pelumas

Merek Pelumas	Pengujian										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SGO SAE 20w-50	63%	60%	71%	67%	54%	65%	59%	63%	62%	63%	62%
AHM Oil MPX1 SAE 10w-30	82%	70%	81%	80%	68%	80%	75%	70%	70%	80%	76%
<i>Yamalube</i> SAE 20w-40	71%	66%	66%	69%	68%	80%	70%	66%	71%	63%	69%
<i>Shell Helix</i> HX5 SAE 15w-50	73%	72%	82%	83%	72%	69%	71%	78%	83%	77%	76%
<i>Castrol Active</i> SAE 20w-50	73%	64%	52%	65%	71%	66%	67%	61%	72%	67%	66%
<i>Top One Prostar</i> SAE 20w-40	85%	66%	69%	77%	76%	68%	77%	69%	67%	74%	73%

Gambar 2.4 Prosentase penurunan viskositas terhadap temperature 70% (Effendi dan Adawiyah, 2014)

Pada penelitian Effendi dan Adawiyah (2014) tentang penurunan nilai kekentalan akibat pengaruh kenaikan temperatur pada beberapa merk minyak pelumas. Hasil data tersebut menunjukkan bahwa besarnya nilai viskositas dari masing-masing minyak pelumas selalu menurun ketika temperatur tersebut naik. Pada **Gambar 2.4** diatas bahan uji minyak pelumas menggunakan merk *Top One Prostar SAE 20W-40*, *Castrol Active SAE 20W-50*, *Shell Helix HX5 SAE 15W-50*, *Yamalube SAE 20W-40*, *AHM MPX-1 SAE 10W-30*, dan *SG SAE 20W-50*. Dengan parameter pengujian

mengambil sampel 10 kali uji, dengan maksud untuk mengambil rata-rata prosentase viskositas mendekati efisiensi. Dengan perbedaan merk minyak pelumas di atas tentu membedakan pula jenis kandungan pada masing-masing oli, seperti *Syntetic*, *Semi-Syntetic*, *Mineral*, dan *Fully Syntetic*, dan tak lepas dari keunggulan masing masing merk terhadap jenis kandungannya yang membuat kualitas nilai viskositasnya berbeda. Pada Tabel 2.1 diatas adalah hasil data pengujian nilai viskositas dari masing-masing pelumas adalah *AHM MPX-1* dan *Shell Helix HX5* mengungguli nilai kekentalan dengan 76%, kedua jenis tersebut adalah jenis semi-sintetik, diikuti *Top One* dengan 73%, *Yamalube* berkisar 69%, *Castrol Active* berkisar 66%, dan terakhir *SG 4T* dngan nilai viskositasnya 62%

Dari berbagai penelitian diatas maka dapat menjadikan data penelitian sebelumnya sebagai acuan dikarenakan jenis penelitian yang sama. Perbedaan penelitian pa Pada penelitian Hardiyanto (2012) tentang analisa karakteristik viskositas dan konduktivitas termal minyak pelumas, beserta pengaruhnya terhadap kinerja sepeda motor Honda scoopy 110 cc tahun 2012 dengan menggunakan metode penelitian eksperimen dengan sampel oli mpx2 baru dan mpx2 bekas. Pengukuran konduktivitas termal dan viskositas yang hasilnya langsung keluar pada komputer dan mendapatkan hasil viskositas oli baru cenderung lebih baik dikarenakan oli baru masih murni dan belum terkontaminasi dengan zat apapun. Konduktivitas termal oli sangat mempengaruhi pada kinerja sepeda motor. Semakin tinggi nilai konduktivitas termal maka meradiasikan panas yang terbuang semakin baik.

Pada penelitian Nugroho (2012) tentang analisa karakteristik viskositas dan konduktivitas termal minyak pelumas, beserta pengaruhnya terhadap kinerja motor Honda Beat 110 CC dengan sistem karburasi dengan metode penelitian eksperimen dengan sampel oli mpx2 baru dan mpx2 bekas. Oli yang digunakan sejumlah 5 botol dengan kapasitas 600 ml. Pengukuran konduktivitas termal dan viskositas menggunakan alat bantu *Thermal Conductivity of Liquid And Gases Unit*, visikometer NDJ 8S, dinamometer dengan menghasilkan rata-rata bahwa oli baru mempunyai nilai viskositas tertinggi dan nilai konduktivitas termal terendah. Oli baru mencapai hasil

nilai tertinggi untuk daya dan torsi. Didapatkan daya terendah pada 6,9 (Kw) sedangkan daya maksimum mencapai 7,2 (Kw) dengan konsumsi bahan bakar terendah. Sedangkan pada torsi oli baru menunjukkan 9,36 (N.m) dengan konsumsi bahan bakar tergolong irit dibandingkan dengan masing-masing sampel oli bekas.

Pada penelitian Utomo (2012) tentang analisa karakteristik viskositas dan konduktivitas termal minyak pelumas, beserta pengaruhnya terhadap kinerja motor Beat PGMFI 110 cc tahun 2013 dengan sistem pembakaran *Injection* metode penelitian eksperimen perlakuan berupa variasi pada oli pelumas yang digunakan yaitu dengan sampel oli mpx2 baru dan mpx2 bekas. Pengukuran konduktivitas termal dan viskositas menggunakan alat bantu *Thermal Conductivity of Liquid And Gases Unit*, visikometer NDJ 8S, dinamometer dan menghasilkan viskositas oli mesin makan torsi maksimum sepeda motor semakin kecil, dan daya puncak yang dihasilkan mesin semakin kecil. Semakin tinggi konduktivitas termal oli maka torsi yang dihasilkan mesin semakin tinggi, dan daya puncak mesin semakin kecil.

Dari berbagai penelitian diatas maka dapat menjadikan data penelitian sebelumnya sebagai acuan dikarenakan jenis penelitian yang sama. Perbedaan penelitian pada jenis pelumas yang digunakan, jika saat ini menggunakan pelumas Yamalube Sport, Castrol Power 1 Racing, Enduro 4 T, dan Eneos atau dengan kata lain membandingkan jenis 4 macam pelumas, berbeda dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan pelumas bekas dan baru sebagai bahan uji. Jenis sepeda motor yang digunakanpun juga berbeda. Namun baik penelitian saat ini maupun penelitian terdahulu banyak juga yang telah menggunakan sepeda motor dengan sistem BLUE CORE sebagai bahan uji. Penelitian untuk memperoleh data viskositas dan konduktivitas termal dengan membandingkan 3 jenis minyak pelumas.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Perawatan Mesin

Dalam bahasa Indonesia *maintenance* berarti pemeliharaan. Banyak orang yang menganggap *maintenance* adalah perawatan. Padahal antara pemeliharaan dan

perawatan itu sangatlah berbeda. Pemeliharaan adalah suatu langkah yang dilakukan secara rutin agar suatu benda ataupun alat terhindar dari kerusakan, sedangkan perawatan adalah penanganan suatu benda atau alat yang mengalami kerusakan agar dapat bekerja kembali dengan baik. Dari sini dapat disimpulkan bahwa pemeliharaan dilakukan sebelum suatu benda/ alat mengalami kerusakan, sedangkan perawatan suatu tindakan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan atau masalah yang timbul.

Panjang pendeknya umur suatu mesin bisa dilihat dari cara perawatan dan pemakaian. Kondisi suatu mesin akan tetap prima bila perawatan dilakukan secara berkala. Perawatan berkala akan membuat umur mesin jauh lebih panjang. Kerusakan yang timbulpun dapat di minimalisir. Pada dasarnya konsep perawatan dibagi menjadi 3 kelompok yaitu perawatan berkala, deteksi kerusakan, dan servis kendaraan. Pada perawatan berkala seorang pemakai kendaraan bisa melihatnya pada *manual book* yang diberikan pabrik sepeda motor sebagai pegangan pemilik dalam melakukan perawatan rutin, *manual book* ini juga sebagai acuan para teknisi kendaraan bermotor dalam melakukan perawatan berkala kendaraan yang dilakukan pada bengkel resmi maupun yang tidak resmi. Sementara itu pendeteksi kerusakan biasanya dilakukan akibat dari adanya mesin yang bekerja tidak normal, keluhan ini dirasakan saat pemakaian kendaraan dan disampaikan pada teknisi untuk selanjutnya dilakukan pengecekan atau biasa disebut pendeteksi kerusakan. Sementara servis kendaraan dilakukan saat mesin terjadi kerusakan, kerusakan bisa terjadi secara ringan maupun berat. Kerusakan ringan biasanya hanya dengan mengganti suatu komponen pada mesin kendaraan, namun jika kerusakan berat yang terjadi maka harus dilakukan *overhaul block* mesin.

2.2.2. Predictive Maintenance

Predictive Maintenance merupakan suatu cara terbaik dalam melakukan perawatan mesin, dengan adanya *Predictive Maintenance* maka dapat diprediksi kapan waktu yang tepat dalam memperbaiki kembali komponen suatu mesin. Deteksi ini biasanya diketahui dengan cara pengecekan satu persatu bagian atau dengan cara

melihat indicator. Dengan demikian maka kinerja suatu mesin akan tetap berjalan dengan lancar.

2.2.3. Analisa Minyak Pelumas

Menganalisa minyak pelumas biasanya akan terbatas pada beberapa parameter yang dapat diperoleh. Namun parameter yang diperoleh sudah dapat memberikan data yang akurat tentang kondisi minyak pelumas serta kelayakannya untuk penggunaan lebih lanjut. Beberapa informasi penting tentang kondisi mesin/ peralatan dapat juga di peroleh, tetapi tidak selengkap analisa pelumas dengan spectrometric yang umumnya ada di laboratorium. Beberapa parameter yang umum digunakan dalam mengukur atau menguji pelumas adalah:

- a. Kekentalan (*viscosity*)
- b. Kandungan air (*water content*)
- c. Kandungan garam (*salt content*)
- d. Polutan padat terlarut (*insolubles*)
- e. Total Nilai Basa (TBN)
- f. Total Nilai Asam (TAN)

Hal-hal yang akan di uji dalam penelitian adalah sebagai berikut :

- a. Viskositas - Kekentalan

Viskositas merupakan sifat dasar yang paling penting dari pelumas. Pelumas dengan kekentalan yang sesuai akan membentuk lapisan film yang kuat pada celah-celah bantalan (*bearing clearance*), hal ini akan membantu mengurangi resiko negative saat terjadi gesekan ataupun keadaan mesin yang panas maka pelumas akan membantu mendinginkan. Kekentalan pelumas mesin dapat berubah *viskositas* menjadi lebih encer akibat terkontaminasi bahan bakar ringan (*destilasi*), tanpa di sengaja tercampur bahan bakar mesin yang diakibatkan kebocoran bisa saja terjadi, dan rusaknya aditif polymer.

Standar kekentalan SAE (*SAE grade viscosity*) SAE 15W/40, angka pertama adalah nilai *viskositas* dalam satuan centiPoises (cP). Kode angka multi grade seperti

15W/40, yang dapat di artikan bahwa pelumas memiliki tingkat kekentalan sama dengan SAE 15 pada suhu udara dingin (W = Winter) dan SAE 40 pada suhu panas.

Kekentalan dapat berubah karna di akibatkan kurang maksimalnya proses kerja filtrasi dan separasi. Proses penuaan pelumas (*oil aging*) sebagai akibat pengaruh panas dan *oksidasi*, juga menjadikan pelumas lebih kental. Kekentalan pelumas di ukur dalam dua standar suhu, 40°C dan 100°C.

b. Kontaminan Air

Kontaminasi dengan air dapat menimbulkan terjadinya banyak masalah pada aplikasi pelumasan, masalah korosi adalah yang paling besar sangat erat kaitannya dengan polutan air. Dalam sistem pelumasan, polutan air dapat “menggantikan” atau mengurangi ketebalan lapisan pelumas, dan dapat juga menjadi katalis dari fasa penurunan kualitas pelumas. Hal ini merupakan masalah khusus yang di temui pada jenis pelumas sintesis. Dimana sangat mudah bereaksi dengan setiap jenis polutan air. Kontaminasi air yang berbentuk emulsi dapat menaikkan kekentalan pelumas. Hal ini akan berakibat pada rusaknya zat adiktif minyak pelumas yang dapat menimbulkan ketidak stabilan. Permasalahan akan mulai terjadi secara tersembunyi dan perlahan-lahan akan terlihat pada semua sistem pelumasan dengan tingkat kontaminasi air sekitar 0.2 %, beberapa sistem pelumasan sangat sensitive terhadap kontaminasi air.

Air adalah polutan berbahaya bagi aplikasi pelumasan, karna sering kali menjadi penyebab berbagai kerusakan serius dan menimbulkan biaya yang 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 potential masuknya air dalam sistim pelumasan:

- Kebocoran air dari sistim pendinginan (*oil cooler, charge air cooler*).
- Kondensasi pada tangki mau pun crankcase.
- *Blow-by* dari ruang bakar mesin. Kebocoran pada pipa pernafasan tangki (*vents pipe*).
- Kebocoran air pendingin jaket silinder (*jacket water cooling*) akibat seal/ blok mesin yang aus.
- Pencemaran saat proses penambahan pelumas.

Bahaya kontaminasi air:

- Menimbulkan karat pada semua komponen logam.
- Menimbulkan kerusakan pada bantalan (bearing).
- Merusak zat aditif pada pelumas.
- Membentuk emulsi, air + pelumas.
- Menimbulkan uap bertekanan pada sistem pelumasan penyebab kavitasi.

c. Kandungan garam (*salt content*)

Kandungan garam juga menjadi bagian yang penting. Jumlah kandungan garam yang terlalu banyak pada mesin akan mengakibatkan terjadinya korosi yang semakin cepat. Hal ini dikarenakan garam mempunyai sifat korosi yang besar. Penggantian minyak pelumas secara rutin akan meminimalisir jumlah kandungan garam pada pelumas dan mencegah terjadinya kerusakan.

d. Polutan padat terlarut (*insolubles*)

Padatan pada sistem pelumasan dapat mengakibatkan keausan secara signifikan pada bagian yang terkena minyak pelumas. Hal ini karena menjadikan gesekan antar komponen satu dengan yang lain menjadi terganggu. Polutan padat bisa dari luar saat terjadi kebocoran ataupun bisa polutan dari dalam karena terjadinya gesekan antar komponen yang menimbulkan gram.

e. Total Nilai Basa (TBN)

Jumlah ini menunjukkan kemampuan minyak dalam menetralsir tingkat keasaman. Semakin tinggi jumlah dasar (TBN) semakin besar kemampuannya dalam menetralsir keasaman. TBN yang rendah diakibatkan beberapa factor seperti penggunaan bahan bakar yang mengandung kandungan sulfur cukup tinggi, *overheating*, menggunakan minyak pelumas yang tidak sesuai dengan jenis suatu mesin.

f. Total Nilai Asam (TAN)

Ini adalah ukuran dari jumlah asam. Suatu minyak baru akan mengandung zat aditif yang mempengaruhi jumlah total asam (TAN). Dari sini bisa diketahui sample ketiga oli dengan kondisi baru dan merk yang berbeda akan mudah diketahui jumlahnya.

2.2.4. Oli

Pelumas adalah zat kimia, yang pada umumnya cairan, yang difungsikan di antara dua benda bergerak untuk mengurangi gaya gesek dan mendinginkan suatu permukaan yang dilumasi. Zat ini merupakan fraksi hasil destilasi minyak bumi yang memiliki suhu 105-135 derajat celcius. Pelumas juga memiliki fungsi sebagai lapisan pelindung untuk memisahkan dua permukaan yang berhubungan. Umumnya pelumas terdiri dari 90% minyak dasar dan 10% zat tambahan. Salah satu penggunaan pelumas paling utama adalah oli mesin yang dipakai pada mesin pembakaran dalam. Pelumas juga digunakan dalam *gearbox persenelling* / media pemindahan dan gardan pada kendaraan mobil. Fungsi utama pelumas untuk mengurangi gesekan antar komponen mesin, sebagai media pendingin mesin, serta untuk mengurangi tingkat keausan. Pada gambar 2.4 dibawah ini dicantumkan jenis-jenis pelumas dengan merk yang berbeda untuk dilakukan penelitian dan didapatkan hasil yang berbeda dengan mengetahui kualitas pelumas terbaik.



Gambar 2.5 Oli

Tiga jenis oli/ pelumas diatas mempunyai nilai viskositas yang berbeda, dimana setiap produknya digunakan untuk kondisi-kondisi tertentu agar suatu kendaraan mempunyai daya kerja optimal sesuai yang diinginkan. Performa mesin yang tinggi didapatkan dari jenis pelumas yang baik dan sesuai.

Proses yang pertama kali dalam pengolahan minyak pelumas adalah proses pemisahan pada distilasi atmosfer. Dari masing-masing fraksi sesuai spesifikasi kekentalanya dan trayek didih. Bahan dasar minyak pelumas berat di peroleh dari menara distilasi vakum bagian bawah dengan asfaltin damar, dan bahan-bahan yang tidak disukai. dari minyak mentah yang mengandung komponen yang tidak disukai untuk dibentuk menjadi minyak pelumas. Bahan fraksi pelumas yang baik ini harus dihilangkan atau dirombak dengan melalui proses seperti liquid ekstraktion, pengkristalan, pemilihan jenis hidrokraking dan atau proses penjenuhan .Karakteristik yang tidak disukai termasuk titik tuang yang tinggi. Perubahan *viscositas* yang tinggi akibat suhu yang rendah. Kestabilan terhadap oksidasi yang rendah, titik beku yang tinggi, asam organik yang tinggi, dan kadar karbon yang tinggi dan kecenderungan pembentukan sludge.

SAE adalah singkatan dari *Society of Automotive Engineers*, suatu asosiasi yang mengatur standarisasi di berbagai bidang seperti bidang manufaktur dan rancang

desain teknik. Tulisan seperti SAE 10W-30, 10W-40 atau 20W-40, 20W-50, adalah standarisasi yang dikeluarkan oleh pihak SAE untuk kualitas dari kekentalan oli. Angka di sebelah kiri tanda W adalah nilai kekentalan oli ketika mesin dingin. Kemudian angka di sebelah kanan W adalah nilai kekentalan oli ketika mesin beroperasi pada suhu kerjanya. Semakin besar angkanya maka semakin kental pada kondisinya. Misalnya oli dengan kekentalan sama 15W, dengan kode pada oli adalah 15W-40 yang satunya lagi 15W-50, maka keduanya mempunyai kekentalan yang sama saat mesin dingin, tetapi ketika mesin sudah beroperasi, yang 15W-40 akan lebih encer dari pada 15W-50. Pada batas normal bisa disimpulkan bahwa semakin kental oli maka pelumasan akan semakin baik. Hal ini dimisalkan seperti halnya manusia berjalan di air encer dan kental maka akan lebih mudah berjalan pada air encer. Namun kekentalan yg rendah memiliki dampak part logam yang dilumasi cepat mengalami keausan.

2.2.5. Fungsi dan Syarat Minyak Pelumas

Peran oli pelumas bagi keberadaan dan kelangsungan hidup operasional mesin amat penting. Sedemikian pentingnya keberadaan oli pelumas pada mesin sehingga bisa dikatakan tidak ada mesin apapun yang dapat berfungsi dengan baik dan berjalan dengan operasional normal tanpa bantuan pelumas. Berikut ini akan dijabarkan secara singkat 5 fungsi utama oli pelumas pada mesin, baik itu mesin industri, mesin otomotif, mesin perkapalan, mesin penerbangan dan juga jenis mesin apapun ke-4 nya.

1. Membantu penyerapan panas saat mesin sedang bekerja dan sesat setelah digunakan.
2. Membantu merapatkan logam saat terjadi gesekan.
3. Sebagai peredam benda yang bergesekan.
4. Mengurangi tingkat keausan logam akibat gesekan, serta memperkecil timbulnya gram logam.
5. Sebagai tempat penyaringan kotoran logam yang merugikan melalui saringan oli dan mengalirkannya pada penampung pelumas.

Agar suatu minyak pelumas dapat memenuhi fungsi tersebut maka dibutuhkan syarat-syarat sebagai berikut, yaitu :

1. Membantu menghilangkan pengendapan dengan jalan menghanyutkan partikel-partikel kecil.
2. Titik nyala yang tinggi, maka akan bermanfaat pada pelumas agar tidak mudah terbakar saat suhu kerja mesin tinggi.
3. Melumasi bagian-bagian mesin agar mencegah timbulnya korosi.
4. Memberikan daya sekat sebagai penutup logam yang bergesekan agar tidak timbul celah kebocoran.
5. Pelumas harus tidak berbuih dan tidak mengandung zat-zat yang justru merugikan mesin.
6. Tahan terhadap partikel hasil pembakaran
7. Mempunyai viskositas baik yang berpengaruh pada titik alir yang rendah agar tetap mengalir saat suhu kerja yang rendah.
8. Membentuk lapisan film dalam proses kerja pelumasan berfungsi menghindari sentuhan langsung antar logam.
9. Viskositas yang baik dan sesuai dengan kriteria mesin.

2.2.6. Klasifikasi Oli

Berdasarkan wujudnya, minyak pelumas dapat digolongkan menjadi dua bentuk, yaitu cair (*liquid*) atau biasa disebut oli, dan setengah padat (*semi solid*) atau biasa disebut gemuk.

Minyak pelumas cair (oli) dapat digolongkan berdasarkan beberapa hal, yaitu:

1. Berdasarkan bahan pelumas itu dibuat
 - a. Pelumas mineral yang berasal dari minyak bumi. Mineral yang terbaik digunakan untuk pelumas mesin-mesin diesel otomotif, kapal, dan industri.
 - b. Pelumas nabati, yaitu yang terbuat dari bahan lemak binatang atau tumbuh-tumbuhan. Sifat penting yang dimiliki pelumas nabati ini ialah bebas sulfur

atau belerang, tetapi tidak tahan suhu tinggi, sehingga untuk mendapatkan sifat gabungan yang baik biasanya sering dicampur dengan bahan pelumas yang berasal dari bahan minyak mineral, biasa disebut juga *compound oil*.

- c. Pelumas sintetik, yaitu pelumas yang bukan berasal dari nabati ataupun mineral. Minyak pelumas ini berasal dari suatu bahan yang dihasilkan dari pengolahan tersendiri. Pada umumnya pelumas sintetik mempunyai sifat-sifat khusus, seperti daya tahan terhadap suhu tinggi yang lebih baik dari pada pelumas mineral atau nabati, daya tahan terhadap asam, dll.
2. Berdasarkan viscosity atau kekentalan minyak pelumas yang dinyatakan dalam nomor-nomor SAE (Society of Automotive Engineer). Angka SAE yang lebih besar menunjukkan minyak pelumas yang lebih kental. Adapaun cara membedakan oli berdasarkan grade nya bisa diketahui dengan cara melihat kode indeks kekentalannya.
 - a. Oli monograde, yaitu oli yang indeks kekentalannya dinyatakan hanya satu angka.
 - b. Oli multigrade, yaitu oli yang indeks kekentalannya dinyatakan dalam lebih dari satu angka.
 3. Berdasarkan penggunaan minyak pelumas (diatur oleh *The American Petroleum Institutes Engine Service Classification*).
 - a. Penggunaan minyak pelumas untuk mesin bensin.
 - b. Penggunaan minyak pelumas untuk mesin diesel.

2.2.7. Sifat Penting Minyak Pelumas

Motor bakar baik bensin maupun diesel terdiri dari berbagai komponen dalam melakukan proses kerjanya. Beberapa komponen tersebut tersusun atas bahan logam (*metal part*) yang statis maupun dinamis seperti katup, piston, gear, silinder block, camshaft dan lain-lain. Komponen tersebut harus terjaga agar pergerakan mesin dapat berjalan baik sehingga dapat memperpanjang umur pemakaian. Suatu mesin yang dilengkapi sistem pelumasan maka akan menjaga komponen tersebut. Berikut beberapa

sifat yang harus ada apa minyak pelumas agar memenuhi fungsinya, adalah sebagai berikut.

1. Keadaan visual pelumas

Dengan melihat tampilan suatu pelumas maka akan mudah dalam mengidentifikasi. Penampilan pelumas dengan melihat keadaan visualnya dan dapat menunjukkan kondisi suatu pelumas. Apakah pelumas dalam keadaan jernih, pelumas terlihat tidak jernih atau berkabut, dan pelumas yang tidak terlalu gelap. Hal ini menunjukkan adanya kandungan produksi oksidasi dari pelumas ataupun dari bahan bakar.

2. *Spesific Gravity* (SG)

Membandingkan berat minyak dan air dengan volume yang sama pada suhu tertentu.

3. Warna

Dengan mengetahui warnannya maka indentifikasi kondisi minyak pelumas akan semakin mudah, karena analisa keadaan minyak pelumas bisa diketahui dengan melihat tampilan visualnya.

4. *Viscosity*

Besarnya tahanan aliran yang dimiliki setiap fluida termasuk pelumas. tingkat kekentalan merupakan sifat fisik fluida yang berubah terhadap perubahan temperaturnya, sehingga pengukuran kekentalan harus disertai dengan pengukuran suhu pada waktu yang bersamaan. Suatu pelumas yang terlalu kental akan menyulitkan mesin saat bekerja, namun pelumas yang terlalu encer juga akan merusak mesin karena sistem pelumasan tidak sempurna.

5. *Viscosity Index* / Indeks kekentalan

Viscosity Index adalah skala kekentalan pelumas terhadap perubahan temperature. Pelumas yang baik ialah yang tingkat kekentalannya teratur dan tidak terlalu berpengaruh pada suhu, walaupun pada dasarnya suhu yang naik akan mengencerkan pelumas. Hubungan antara temperature sekeliling dan indeks kekentalan dari oli mesin diperlihatkan dalam Tabel 2.3 dibawah ini

Tabel 2.1 Indeks kekentalan oli mesin (Febrianto, 2012)

TEMP. °C	SAE No						
	-29	-18	-7	4	16	27	38
°F	-20	0	20	40	60	80	100
Engine oil (4 stroke)	10W-30, 10W-40, 10W-50						
	20W-40, 20W-50						
	5W-30						
	5W-20						
	0W-20						
	30						

Dari Table 2.1 menjelaskan hubungan antara viskositas minyak pelumas dan pengaruhnya terhadap suhu pada percobaan mesin 4 langkah.

6. Titik tuang

Pada sifat ini dapat diketahui sifat baiknya daya alir pelumas. Daya alir pelumasan dilihat pada saat mengalami temperature rendah. Temperatur terendah diambil dikarenakan pada saat temperature rendah suatu pelumas akan memiliki tingkat viskositas yang tinggi.

7. Titik Nyala

Adalah suatu pengukuran titik nyala pelumas pada temperature terendah. Hal ini difungsikan untuk *safety* yang berhubungan dengan pemakaian. Jika titik nyala pelumas pada suhu rendah masih bisa menyala maka akan mengakibatkan terbakarnya minyak pelumas, hal ini berbahaya karena akan berpengaruh pada *volume* dan viskositas pelumas.

8. Total Base Number (TBN)

Kemampuan pelumas dalam menetralkan keasaman. Pada umumnya angka TBN minyak pelumas yang sudah dipakai akan lebih rendah dari pada minyak pelumas baru, hal ini dikarenakan sebagian basa telah digunakan untuk

menetralkan asam saat mesin bekerja. Dari pengukuran angka TBN ini dapat diidentifikasi pelumas masih layak pakai ataupun tidak.

9. *Total Acid Number* (TAN)

Hampir sama dengan TBN bahwa fungsi dari Total Acid Number adalah untuk mengetahui kadar keasaman pelumas yang terjadi karena peristiwa oksidasi air atau uap air.

10. *Carbon Residue* / Prosentase Karbon

Mengetahui prosentase jumlah karbon dalam kandungan minyak pelumas yang mengendap apabila minyak pelumas diuapkan dengan temperatur tertentu.

11. *Oxidation Stability* (ketahanan Oksidasi)

Salah satu sifat yang harus dimiliki minyak pelumas pada saat proses kerja. Suhu panas yang berkolaborasi dengan udara ruangan akan menyebabkan pelumas terjadi oksidasi, oksidasi ini akan membentuk asam yang berpengaruh pada viskositas pelumas dan dapat menyebabkan terjadinya lumpur yang bersifat korosif.

12. Sifat *detergency* dan *dispersancy*

- Sifat *detergency*: Sifat yang membersihkan komponen yang dilumasi, terutama saluran-saluran maupun bagian-bagian dari mesin yang dilalui minyak pelumas, maka penyumbatan dapat dihindari.
- Sifat *dispersancy*: Mampu menghilangkan pengendapan pada mesin akibat kotoran-kotoran yang terbawa akibat proses kerja mesin, yang jika dibiarkan akan mengendap dan mengakibatkan seperti lumpur (*sludge*).

2.3. Viskositas

2.3.1. Definisi Viskositas

Viskositas suatu fluida merupakan daya hambat yang disebabkan oleh gesekan antara molekul-molekul cairan, yang mampu menahan aliran fluida sehingga dapat

dinyatakan sebagai indikator tingkat kekentalannya. Nilai kuantitatif dari viskositas dapat dihitung dengan membandingkan gaya tekan persatuan luas terhadap gradien kecepatan aliran fluida. Prinsip dasar ini yang dipergunakan untuk menghitung viskositas secara eksperimen menggunakan metode putar, yaitu dengan memasukkan penghambat ke dalam fluida dan kemudian diputar. Semakin lambat putaran penghambat tersebut maka semakin tinggi nilai viskositasnya (Gottlieb 1979; Thibodeau 2004; Warsito et al, 2009).

Viskositas adalah gesekan internal fluida. Gaya viskos melawan gerakan sebagian fluida relative terhadap yang lain. Viskositas adalah suatu pernyataan “tahanan untuk mengalir” dari suatu sistem yang mendapat suatu tekanan. Makin kental suatu cairan, makin besar gaya yang dibutuhkan untuk membuatnya mengalir pada kecepatan tertentu. Viskositas fluida dinotasikan dengan η (“eta”) sebagai rasio tegangan geser. Untuk mengukur besaran viskositas diperlukan satuan ukuran. Dalam sistem standar international satuan viskositas ditetapkan sebagai viskositas kinematic dengan satuan ukuran mm^2/s atau cm^2/s . $1 cm^2/s. = 100 mm^2/s$, $1 cm^2/s = 1 St$ (Stokes) (Young, 2002).

2.3.2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Viskositas

Ada beberapa faktor yang sangat berpengaruh terhadap viskositas, yaitu :

1. Temperatur

Sifat yang disebut viskositas fluida ini merupakan ukuran ketahanan sebuah fluida terhadap deformasi atau perubahan bentuk. Viskositas suatu gas bertambah dengan naiknya temperature, karena makin besarnya aktivitas molekuler ketika temperature meningkat. Sedangkan pada zat cair, jarak antar molekul jauh lebih kecil dibanding pada gas, sehingga kohesi molekuler disitu kuat sekali. Peningkatan temperatur mengurangi kohesi molekuler dan ini diwujudkan berupa berkurangnya viskositas fluida (Olson, 1993:21).

2. Tekanan

Semakin besar beban yang diberikan bantalan, maka semakin tinggi pula kenaikan suhu pada pelumas. Kenaikan suhu ini akan berakibat melemahkan ikatan molekul fluida yang kemudian menurunkan viskositasnya. Viskositas semua jenis fluida atau cairan akan menurun dengan naiknya suhu (Komarudin, 2017).

3. Adanya zat lain dari luar

Penambahan gula tebu meningkatkan viskositas air. Adanya bahan tambahan seperti bahan suspensi (misalnya albumin dan globulin) menaikkan viskositas air. Pada minyak ataupun gliserin adanya penambahan air akan menyebabkan viskositas akan turun karena gliserin ataupun minyak akan semakin encer, waktu alirnyapun akan semakin cepat.

4. Bentuk molekul

Viskositas akan naik jika ikatan rangkap semakin tinggi.

5. Ukuran dan berat molekul

Viskositas naik dengan naiknya berat molekul. Misalnya laju aliran alkohol cepat, larutan minyak laju alirnya lambat dan kekentalannya tinggi. Larutan minyak misalnya CPO memiliki kekentalan tinggi serta laju aliran lambat sehingga viskositas juga tinggi.

6. Konsentrasi

Untuk suatu larutan viskositasnya bergantung pada konsentrasi atau kepekatan larutan. Umumnya larutan yang konsentrasinya tinggi, viskositasnya juga tinggi. Sebaliknya larutan yang viskositasnya rendah, konsentrasinya juga rendah.

7. Kekuatan antar molekul

Viskositas air naik dengan adanya ikatan *hydrogen*, viskositas CPO dengan gugus OH pada trigliseridannya naik pada keadaan yang sama.

2.3.2. Pelumas Viskositas

Menurut Shigley (2004) viskositas pelumas didefinisikan dalam dua cara yang berbeda, dan kedua definisi ini sangat banyak digunakan.

a. Kekentalan Dinamik atau Absolute Viskositas Dinamis

Kekentalan dinamik adalah rasio tegangan geser yang dihasilkan ketika fluida mengalir. Dalam satuan SI diukur dalam pascal-detik atau newton detik per meter persegi, tapi centimeter-gram-detik (cgs) Unit, centipoise itu, lebih diterima secara luas, dengan :

$$1 \text{ centipoise (cP)} = 10^{-3} \text{ Pa.s} = 10^{-3} \text{ N.s/m}^2$$

Centipoise adalah satuan viskositas yang digunakan dalam perhitungan berdasarkan Reynolds persamaan dan berbagai persamaan pelumasan elastohydro dynamic.

b. Viskositas Kinematik

Viskositas kinematik adalah sama dengan viskositas dinamis dibagi dengan kepadatan. Dalam Unit SI adalah meter persegi per detik, akan tetapi satuan cgs, Centistoke, lebih luas diterima, dengan 1 centistoke (Cst) = mm² /s. Centistoke adalah unit yang paling sering dikutip oleh pemasok pelumas dan pengguna. Dalam prakteknya, perbedaan antara viskositas kinematik dan dinamis tidak paling penting penting untuk minyak pelumas, karena kepadatan mereka pada suhu operasi biasanya terletak antara 0,8 dan 1,2. Namun, untuk beberapa sintetis fluorinated minyak dengan kepadatan tinggi, dan untuk gas, perbedaannya bisa sangat signifikan.

Viskositas dari minyak pelumas kebanyakan adalah antara 10 dan 600 cSt pada suhu operasi, dengan angka rata-rata sekitar 90 cSt. Viskositas rendah lebih berlaku untuk bantalan pada roda gigi untuk beban yang ringan, dan kecepatan tinggi atau sistem tertutup sepenuhnya. Sebaliknya, viskositas yang lebih tinggi dipilih untuk roda gigi yang memiliki kecepatan rendah, beban yang tinggi, atau sistem ini berventilasi baik.

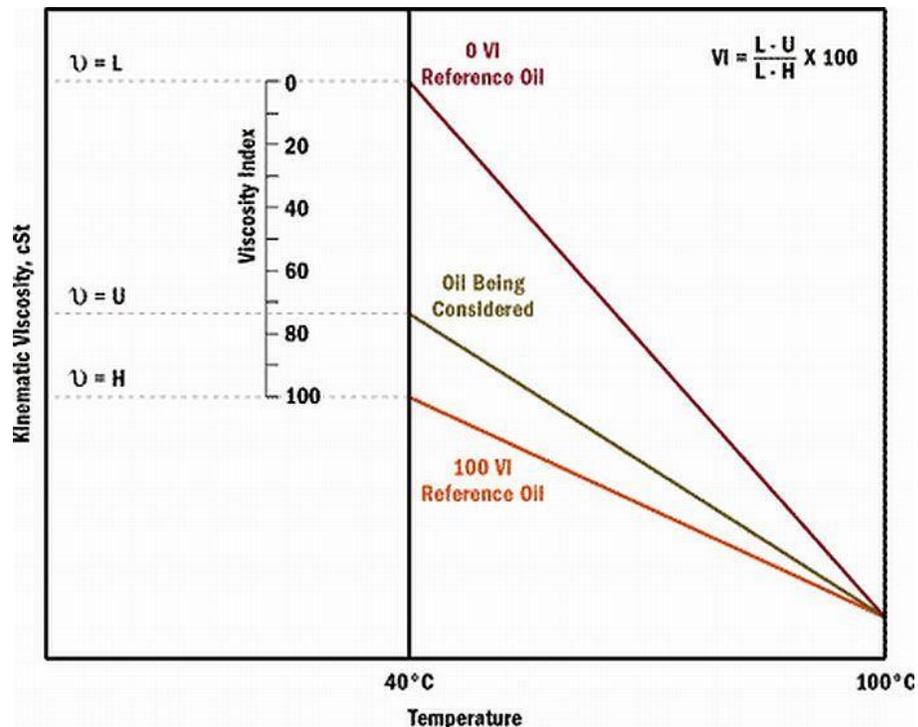
Variasi viskositas minyak dengan suhu akan sangat penting dalam beberapa sistem, dimana suhu operasi baik bervariasi ataupun tidak bervariasi sangat berbeda dengan suhu acuan viskositas minyak. Setiap penurunan viskositas suatu cairan diiringi dengan naiknya suhu, namun tingkat penurunan dapat bervariasi dari satu cairan dengan cairan yang lain dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.2 Tipe operasi viskositas (*Shigley, 2004*).

Pelumas	Kisaran viskositas, cSt
Cek dan Instrument Minyak	5-20
Minyak Motor	10-50
Minyak Bantalan Poros	10-300
Minyak Bantalan	20-1500
Minyak Kecepatan Gigi Sedang	50-150
Minyak Gigi Spiral	50-600
Minyak Gigi Cacing	200-1000

Tabel 2.2 menunjukkan perubahan viskositas dengan suhu untuk beberapa minyak pelumas yang khas. Sebuah grafis presentasi jenis ini adalah cara yang paling berguna untuk menampilkan informasi ini, tetapi jauh lebih umum untuk mengutip indeks viskositas (VI).

Indeks Viskositas mendefinisikan hubungan viskositas dengan suhu minyak pada skala tinggi dibandingkan dengan dua minyak standar seperti terlihat pada gambar 2.2



Gambar 2.6 Indeks Viskositas (*Shigley, 2004*).

Gambar 2.2 menjelaskan Indeks viskositas 0, mewakili perubahan yang paling cepat viskositas dengan suhu biasanya ditemukan dengan minyak mineral. Minyak pelumas standar kedua memiliki viskositas indeks dari 100, yang mewakili perubahan terendah viskositas dengan suhu ditemukan dengan minyak mineral dengan tidak adanya aditif yang relevan.

Persamaan untuk perhitungan indek visikositas sampel minyak :

$$VI = \frac{100(L - U)}{L - H} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana U = viskositas sampel dicentistokes di 40°C , L = viskositas dicentistokes di 40°C minyak dari 0 VI memiliki viskositas yang sama di 100°C sebagai minyak tes, dan H = viskositas pada 40°C minyak dari 100 VI memiliki viskositas yang sama di 100°C sebagai minyak tes.

Beberapa minyak sintetis dapat memiliki indeks viskositas lebih dari 150 dengan definisi diatas, tetapi penerapan definisi pada nilai tinggi seperti diragukan. Indeks viskositas minyak dapat ditingkatkan dengan melarutkan didalamnya kuantitas (kadang-kadang setinggi 20 persen) dari polimer yang cocok, disebut viskositas indeks perbaiki. SAE adalah peringkat skala viskositas yang sangat luas digunakan dan direproduksi pada **Tabel 2.3**.

Hal ini dimungkinkan untuk memenuhi minyak lebih dari satu rating. Kriteria indeks viskositas tinggi minyak mineral dapat memenuhi 20W dan 30 dan kemudian akan disebut 20W/30 multigrade oil. Lebih umum, minyak VI tingkatan bisa memenuhi 20W dan 50 kriteria dan kemudian akan disebut 20W/50 minyak rangkap. Perhatikan bahwa pengukuran viskositas digunakan untuk menetapkan peringkat SAE dilakukan keluar pada laju geser yang rendah.

Tabel 2.3. SAE Oil Rating

SAE no.	Maximum viscosity at -18°C , cP	Viscosity at 100°C , cSt	
		Minimum	Maximum
Engine oils			
5W	1 250	3.8	
10W	2 500	4.1	
20W†	10 000	5.6	
20	.....	5.6	<9.3
30	.....	9.3	<12.5
40	.....	12.5	<16.3
50	.....	16.3	<21.9
Gear oils			
75	3 250		
80	21 600		
90	.....	14	<25
140	.....	25	<43
250	.....	43	

†15W may be used to identify 20W oils which have a maximum viscosity of 5000 cP.

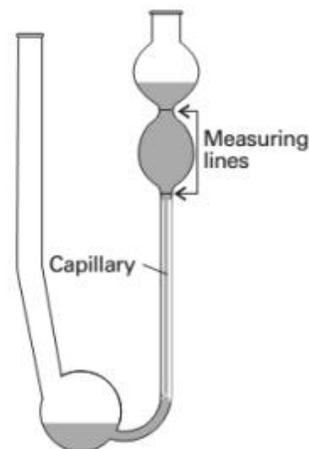
2.3.3. Pengukuran Viskositas

Viskometer adalah alat yang dipergunakan untuk mengukur viskositas atau kekentalan suatu larutan. Kebanyakan viscometer mengukur kecepatan dari suatu cairan mengalir melalui pipa gelas (gelas kapiler), bila cairan itu mengalir cepat maka viskositas cairan itu rendah (misalnya cair) dan bila cairan itu mengalir lambat maka dikatakan viskositasnya tinggi (misalnya madu). Viskositas dapat diukur dengan mengukur laju aliran cairan yang melalui tabung berbentuk silinder. Ini merupakan salah satu cara yang paling mudah dan dapat digunakan baik untuk cairan maupun gas.

Cara menentukan viskositas suatu zat menggunakan alat yang dinamakan viscometer. Ada beberapa tipe viscometer yang biasa digunakan antara lain :

1. Viskometer Oswald

Yang diukur adalah waktu yang dibutuhkan oleh sejumlah cairan tertentu untuk mengalir melalui pipa kapiler dengan gaya yang disebabkan oleh berat cairan itu sendiri.



Gambar 2.7 Viskometer Oswald

Didalam percobaan diukur waktu aliran untuk volume V melalui pipa kapiler yang vertical. Jumlah tekanan (P) dalam hokum Poiseulle adalah perbedaan tekanan antara kedua permukaan cairan, dan berbanding lurus dengan berat jenis cairan (ρ). Dalam praktek R dan L sukar diukur secara teliti

dalam persamaan Poiseuille. Karena viskositas cairan ditetapkan dengan cara membandingkan dengan cairan yang mempunyai viskositas tertentu, misalnya air.

Cara penggunaannya adalah :

1. Penggunaan viscometer yang sudah bersih.
 2. Pipetkan cairan ke dalam viscometer dengan menggunakan pipet.
 3. Lalu hisap cairan dengan menggunakan push ball sampai melewati 2 batas.
 4. Siapkan stopwatch, kendurkan cairan sampai batas pertama lalu mulai penghitungannya.
 5. Catat hasil, dan lakukan penghitungan dengan rumus.
 6. Usahakan saat melakukan penghitungan kita menggenggam dilengan yang tidak berisi cairan.
2. Viskometer Hoppler

Yang dikukur adalah waktu yang diperlukan oleh sebuah bola untuk melewati cairan pada jarak untuk tinggi tertentu. Karena adanya gravitasi benda yang jatuh melalui medium yang berviskositas dengan kecepatan yang semakin besar sampai mencapai kecepatan maksimum.



Gambar 2.8 Viskometer Hoppler

Kecepatan maksimum akan dicapai jika gravitasi (g) sama dengan tahanan medium (f) besarnya gaya tahanan (*frictional resistance*) untuk benda yang berbentuk bola stokes.

Prosedur penggunaannya adalah :

1. Ukur diameter
 2. Timbang masa bola
 3. Ukur panjang tabung viscometer dari batas atas – batas bawah
 4. Tentukan massa jenis masing – masing cairan
 5. Ukur temperatur alat viskositas Hoppler
 6. Isi tabung dengan aquades dan dimasukkan bola
 7. Pada saat bola diatas, *stopwatch* dihidupkan
 8. Pada saat bola dibawah, *stopwatch* dimatikan
 9. Catat waktu bola jatuh dari batas atas sampai batas bawah
 10. Tabung dibalik
 11. Ulangi prosedur 3-6 kali sebanyak 3 kali berturut-turut, pada temperature lain dan cairan yang lain.
3. Viskometer *Cup* dan *Bob*

Prinsip kerjanya sampel digeser dalam ruangan dinding luar dari *bob* dan dinding dalam dari *cup* dimana *bob* masuk persis ditengah-tengah.



Gambar 2.9 Viskometer *Cup* dan *Bob*

Kelemahan viscometer ini adalah terjadinya aliran sumbat yang disebabkan geseran yang disebabkan geseran yang tinggi disepanjang keliling bagian tube sehingga menyebabkan penurunan konsentrasi. Penurunan konsentrasi ini menyebabkan bagian tengah zat yang ditekan keluar memadat. Hal ini disebut aliran sumbat.

4. Viskometer Cone dan Plane

Cara pemakaiannya adalah sampel ditempatkan ditengah-tengah papan, kemudian dinaikkan hingga posisi dibawah kerucut. Kerucut digerakkan oleh motor dengan bermacam kecepatan dan sampelnya digeser didalam ruang sempit antara papan yang diam dan kerucut yang berputar.

Viskometer *Cone/Plate* adalah alat ukur kekentalan yang memberikan peneliti suatu instrument yang canggih untuk menentukan secara rutin viskositas absolut cairan dalam volume sampel kecil. *Cone* dan *plate* memberikan presisi yang diperlukan untuk pengembangan data rheology lengkap.

Ada beberapa hal yang mempengaruhi akurasi dari alat ini, misalnya :

1. Dipakai pada *cone* dan *plate*
2. Ukuran sample

3. Waktu yang dibutuhkan untuk memungkinkan sampel untuk menstabilkan pada pelat sebelum terbaca
4. Kebersihan kerucut pada alat
5. Jenis bahan, tinggi, atau rendah viskositas, ukuran partikel
6. Tipe *cone*, *cone* rentang yang lebih rendah memberikan akurasi yang lebih tinggi
7. *Shear rate* ditempatkan untuk sampel



Gambar 2.10 Viskometer *Cone* dan *Plate*

Prosedur Kalibrasi untuk *Cone/Plate* Viskometer

1. Atur jarak antara *cone spindle* dengan *plate* sesuai dengan *instruction manual*.
2. Pilih viskositas standar yang akan memberikan nilai pembacaan antara 10% hingga 100% dari *Full Scale Range* (FSR). Sebaiknya pilih standar dengan nilai mendekati 100% FSR.
3. Masukkan sample ke dalam cup dan biarkan selama 15 menit untuk mencapai suhu setting.
4. Lakukan pengukuran dan catat hasilnya baik % Torque dan Cp.

2.4. Konduktivitas Thermal

Konduktivitas termal adalah suatu fenomena transport dimana perbedaan temperature menyebabkan transfer energy termal dari satu daerah benda panas ke daerah yang sama pada temperature yang lebih rendah. Panas yang ditransfer dari satu titik ke titik lain melalui salah satu dari tiga metoda yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. Metode perpindahan kalor :

a. Perpindahan Kalor Konduksi

Holman (1993) menyatakan bahwa pada suatu benda terdapat gradient suhu (temperatur gradient), maka menurut pengalaman akan terjadi perpindahan energy dari bagian bersuhu tinggi ke bagian bersuhu rendah. Kita katakan bahwa energy berpindah secara konduksi atau hantaran dan bahwa laju perpindahan kalor berbanding dengan gradient suhu normal.

b. Holman (1993) menyatakan plat logam panas akan menjadi dingin lebih cepat bila ditaruh didepan kipas angin dibandingkan dengan ditaruh diudara tenang. Dari kasus itu dapat dikatakan bahwa kalor konveksi ke luar, dan proses ini dinamakan perpindahan kalor secara konveksi. Kecepatan udara yang ditiupkan ke plat panas ini akan mempengaruhi laju perpindahan kalor.

c. Perpindahan Kalor Radiasi

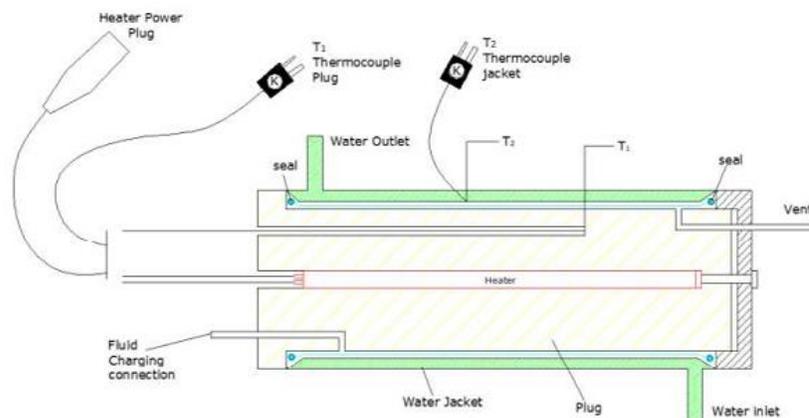
Holman (1993) menyatakan bahwa berlainan dengan mekanisme konduksi dan konveksi, dimana perpindahan energy terjadi melalui bahan antara, kalor juga dapat berpindah melalui daerah-daerah hampa. Mekanismenya disini adalah sinaran radiasi elektromagnetik.

2.4.1. Pengukuran Konduktivitas Termal

Pengukuran konduktivitas dapat dilakukan dengan metode steady *state cylindrical cell*. Dasar dari pengukuran konduktivitas termal efektif ini berdasarkan pada pengesetan perbedaan temperatur dari sampel fluida yang ada didalam sebuah ruang sempit berbentuk annular (*radial clearance*). Sampel fluida yang konduktivitas thermal efektifnya akan diukur memenuhi/mengisi ruang kecil diantara sebuah plug

yang dipanaskan dan sebuah selubung (*jacket*) yang didinginkan oleh air. Plug tersebut dipanaskan dengan menggunakan sebuah pemanas *catridge* yang dihasilkan dengan daya yang dikendalikan oleh voltmeter dan ammeter standar yang terpasang pada panel. *Plug* tersebut dibuat dari alumunium untuk mengurangi kelembapan termal dan variasi temperatur yang ada dan mengandung sebuah elemen pemanas yang berbentuk silinder yang mana resistensinya dalam suhu kerja (*working temperatur*) diukur dengan akurat.

Heater powe plug



Gambar 2.11. Gambar skema alat pengukur konduktivitas termal

Ruang bebas tersebut cukup kecil untuk mencegah adanya konveksi alamiah (*natural convection*) didalam sampel fluida tersebut. Karena radial *clearance* yang retalif sangat kecil tersebut. Sampel fluida yang ada didalam ruang tersebut dapat digambarkan sebagai sebuah pelapis tipis (*lamina*) dari area permukaan (*face area*) l dan ketebalan r terhadap perpindahan panas dari panas yang berasal dari plug ke selubung (*jacket*). Perhitungan yang diperlukan untuk mengukur konduktivitas termalnya adalah temperatur plug (T_1) dan jacket (T_2) dengan menyesuaikan variable transformer (Irwansyah dan Kamal,2015).

Persamaan untk perhitungan konduktivitas termal sebagai berikut :

1. Elemen Heat Input

$$Q_c = V.I \dots\dots\dots (2.2)$$

2. Temperatur Different

$$\Delta T = T_1 - T_2 \dots\dots\dots (2.3)$$

3. Conduction Heat Transfer Rate (Qc)

$$Q_c = Q_e - Q_i \dots\dots\dots (2.4)$$

4. Thermal Conductivity

$$K_{fluida} = \frac{Q_c \cdot \Delta r}{A \cdot \Delta t} \dots\dots\dots (2.5)$$

Δr = Radial clearance, jarak antara plug dan jacket sebesar 0,34 mm.

A = Luas efektif antara plug dan jacket sebesar 0,0133 m²

Keterangan :

T1 = Temperatur Plug (°C)

T2 = Temperature Jacket (°C)

V = Voltage (V)

I = Current (A)

Qe = Element Heat Input (W)

Δt = Temperatur Different (K)

Δr = radial clearance (m)

Qi = Incidental Heat Transfer (W)

Qc = Conduction Heat Transfer Ratec(W)

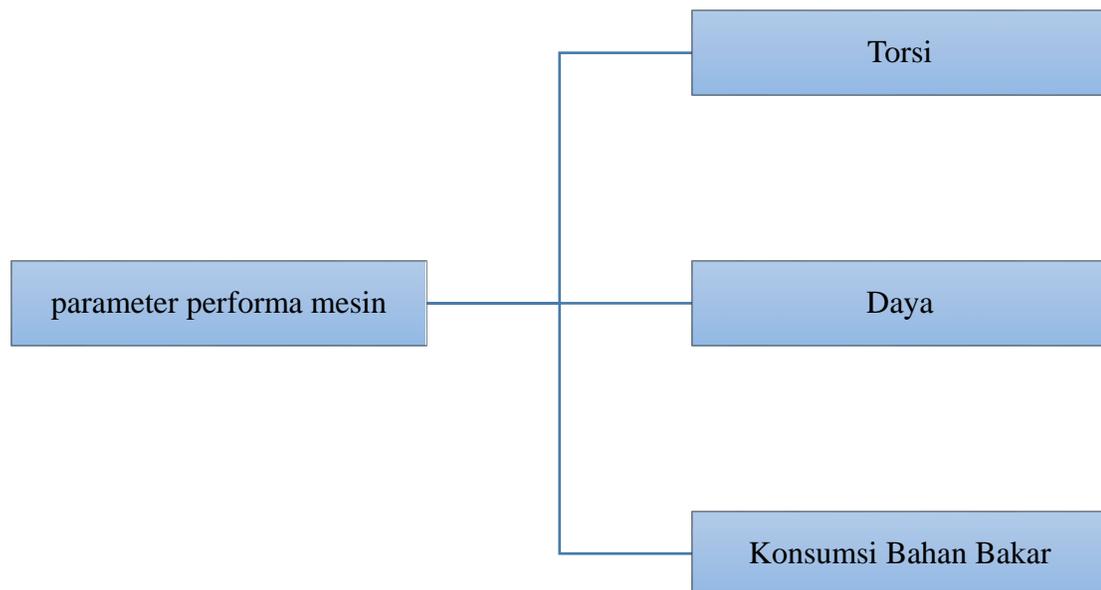
A = Luas efektif antara plug dan jacket (m²) = 0.0133 m²

K = Thermal Conductivity (W/m.K)

2.5. Kinerja Mesin

Menganalisa performa mesin berfungsi untuk mengetahui nilai torsi, nilai daya, nilai konsumsi bahan bakar dari mesin tersebut (Nurdianto, 2015).

Parameter performa mesin dapat dilihat dari berbagai hal diantaranya yang terdapat dalam diagram dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.12. Parameter Performa Mesin

2.5.1 Torsi

Torsi atau momen putar motor adalah gaya dikalikan dengan jarak panjang lengan, pada motor bakar gaya adalah daya motor sedangkan panjang lengan adalah panjang lengan torak . Torsi dapat diperoleh dari hasil kali antara gaya dengan jarak (Arends dan Berenschot, 1980)

$$T = F \times r \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

T = Torsi (N.m)

F = Gaya penyeimbang yang diberikan (N)

r = Jarak lengan torsi (m)

2.5.2. Daya

Daya motor merupakan salah satu parameter dalam menentukan performa motor. Pengertian dari daya itu adalah besarnya kerja motor selama kurun waktu tertentu (Arends dan Berenschot, 1980).

$$P = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{60000} \text{ (kW)} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

P = Daya (kW)

N = Putaran Mesin (rpm)

T = Torsi (Nm)

2.5.3. Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar spesifik adalah bakar terpakai tiap daya yang dihasilkan (Wiranto, 1988)

$$SFC = \frac{M_f}{p} \text{ (1/kWH)} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

Mf = Konsumsi bahan bakar (kg/jam)

SF = Konsumsi Bahan Bakar (1/kWH)

B = Volume buret yang dipakai dalam pengujian (mm)

T_t = Waktu yang diperlukan kosongan bured dalam detik (s)

ρ_{bb} = Massa jenis bahan bakar (kg/l)