

## BAB II

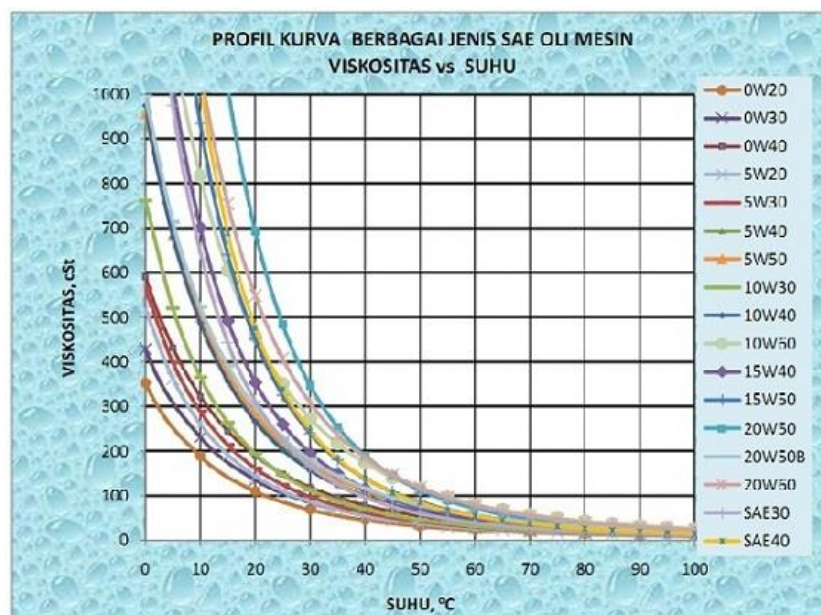
### DASAR TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian ini membahas tentang pengaruh karakteristik dari sampel oli yang diuji beserta pengaruhnya terhadap kinerja sepeda motor. Untuk mendukung penelitian ini maka dibutuhkan beberapa penelitian terdahulu. Adapun penelitian terdahulu yang mendukung penelitian ini akan dijelaskan di bawah.

##### 2.1.1. Pengukuran Viskositas Berbagai Macam SAE Oli Terhadap Perubahan Suhu

Menurut M. Fuad (2011) Viskositas adalah gesekan internal fluida. Gaya viskos melawan gerakan sebagian fluida relatif terhadap yang lain. Viskositas adalah suatu pernyataan “tahanan untuk mengalir” dari suatu sistem yang mendapatkan suatu tekanan. Makin kental suatu cairan, makin besar gaya yang dibutuhkan untuk membuatnya mengalir pada kecepatan tertentu. Viskositas fluida dinotasikan dengan  $\eta$  (“eta”) sebagai rasio tegangan geser.

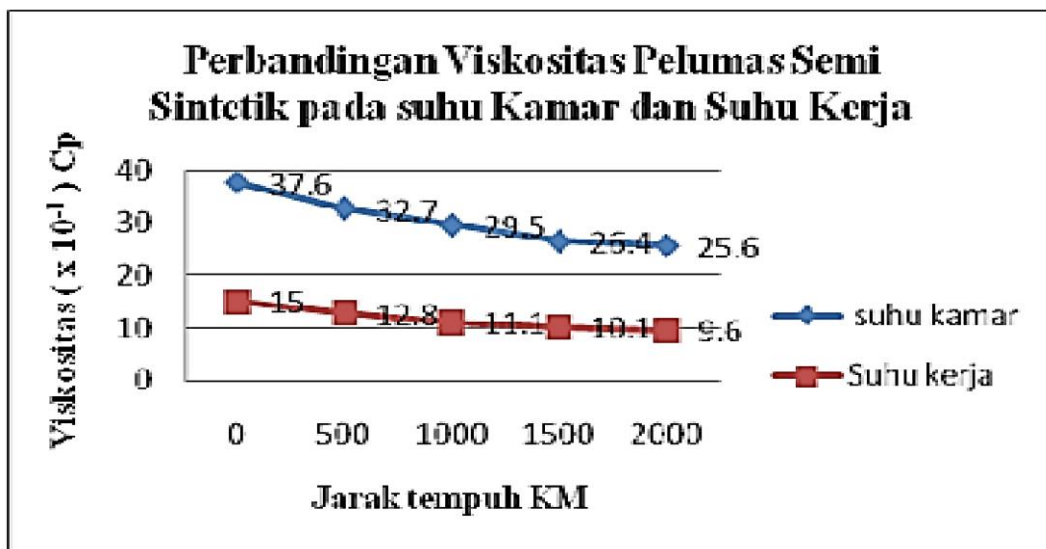


**Gambar 2.1.** Kurva Viskositas Oli Mesin terhadap Suhu (M Fuad, 2011).

Gambar 2.1. menjelaskan profil kurva setiap jenis SAE oli mesin, dari mulai SAE kode rendah sampai tinggi. Dari grafik ini terlihat bahwa sesungguhnya perbedaan nyata kekentalan dari setiap jenis SAE oli mesin hanya terjadi pada suhu-suhu rendah dibawah 40°C. Tetapi diatas suhu itu, grafik kekentalan semua jenis SAE oli mesin menuju ke satu garis lurus (M.Fuad, 2011).

### 2.1.2. Pengaruh jarak tempuh terhadap viskositas oli pada suhu kamar dan suhu kerja

Menurut Arisandi (2012) pada pelumas semi sintetik pada suhu kamar dari 0 km sampai 2000 km mengalami penurunan yang cenderung stabil dan juga pada suhu kerja dari 0 km sampai 2000 km viskositas penurunan pelumas stabil.

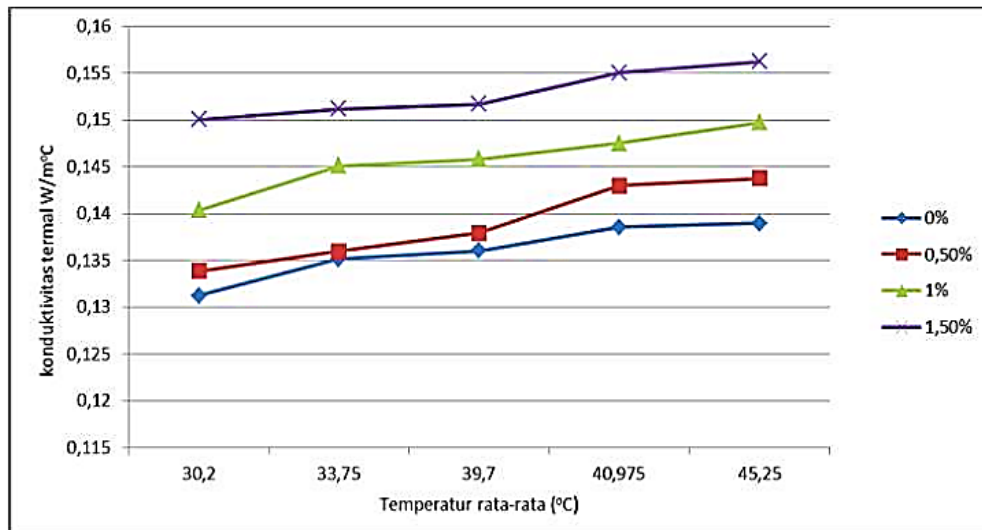


**Gambar 2.2.** Grafik perbandingan viskositas pelumas semi sintetik pada suhu kamar dan suhu kerja.

### 2.1.3. Pengaruh Temperatur dan Fraksi Volume Terhadap Konduktivitas Termal

Irawansyah dan Kamal (2015) melaksanakan penelitian terhadap fluida nano  $TiO_2$ /oli termo XT32 dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur dan fraksi volume terhadap konduktivitas termalnya. Alat yang digunakan untuk pengujian adalah *thermal conductivity for liquids and gases unit* PA Hilton 1111 dengan mengamati perbedaan temperatur pada celah sempit antara plug (T1) dan jacket (T2). Pengambilan data konduktivitas termal dengan

memvariasikan temperatur dan fraksi volume 0,5%, 1%, dan 1,5%. Adapun data yang diperoleh dapat dilihat pada gambar 2.3.



**Gambar 2.3.** Grafik hubungan antara temperatur dan fraksi volume terhadap konduktivitas termal (Irawansyah dan Kamal, 2015)

Gambar 2.3. menunjukkan grafik pengaruh konsentrasi fraksi volume praktikel nano dan temperatur menyebabkan peningkatan nilai konduktivitas termal fluida nano dengan semakin tinggi konsentrasi fraksi volume dan temperatur, semakin besar nilai konduktivitas termalnya.

## 2.2. Landasan Teori

### 2.2.1. Perawatan Mesin

#### 2.2.1.1. Pengertian Perawatan (Maintenance)

Maintenance jika diartikan dalam Bahasa Indonesia ialah pemeliharaan. Namun sampai saat ini masih banyak orang yang menganggap maintenance itu adalah perawatan. Karena banyak yang menganggap perawatan dengan pemeliharaan itu sama, namun pada kenyataannya sangatlah berbedah antara perawatan dan pemeliharaan. Pemeliharaan dan perawatan tidaklah sama, dimana pengertian dari pemeliharaan yaitu tindakan yang dilakukan terhadap suatu alat atau produk agar produk tersebut tidak mengalami kerusakan, Sedangkan pengertian perawatan yaitu

suatu tindakan perbaikan yang dilakukan terhadap suatu alat yang telah mengalami kerusakan agar alat tersebut dapat digunakan kembali.

Kesimpulannya yaitu pemeliharaan dilakukan sebelum suatu alat/produk mengalami kerusakan dan mencegah terjadinya kerusakan, sedangkan perawatan yaitu dilakukan setelah suatu alat mengalami kerusakan (perbaikan).

#### **2.2.1.2. Predictive Maintenance**

*Predictive Maintenance* merupakan perawatan yang bersifat prediksi, dalam hal ini merupakan evaluasi dari perawatan berkala (*Preventive Maintenance*). Pendeteksian ini dapat dievaluasi dari indikator-indikator yang terpasang pada instalasi suatu alat dan juga dapat melakukan pengecekan vibrasi dan alignment untuk menambah data dan tindakan perbaikan selanjutnya.

#### **2.2.1.3. Analisa Minyak Pelumas**

Analisis minyak telah menjadi bantuan penting untuk pemeliharaan prediktif. Laboratorium merekomendasikan bahwa dari sampel pelumas mesin yang diambil, akan banyak memberikan informasi tentang kondisi mesin. Biasanya pengecekan dilakukan pada 10 analisa minyak pelumas:

- a. Viskositas. Ini adalah salah satu sifat yang paling penting dari minyak pelumas. Viskositas dari sampel minyak pelumas yang digunakan, dibandingkan dengan sampel minyak yang tidak terpakai untuk menentukan penipisan atau penebalan film sampel selama penggunaan. Viskositas rendah akan mengurangi kekuatan film minyak, sehingga kemampuannya untuk mencegah *metal-to-metal contact* kecil. Viskositas tinggi dapat menghambat aliran minyak ke lokasi penting dalam struktur dukungan bantalan, mengurangi kemampuannya untuk melumasi.
- b. Kontaminasi, kontaminasi minyak dengan air atau *coolant* dapat menyebabkan masalah besar di sistem pelumasan. Sekarang banyak bahan

aditif yang ditambahkan dalam pelumas, unsur yang sama dengan yang digunakan dalam pendingin aditif. Oleh karena itu, laboratorium harus memiliki analisis yang akurat tentang minyak baru untuk perbandingan.

c. Pengenceran karena BBM. Pengenceran minyak dalam mesin melemahkan kekuatan film minyak, kemampuan penyegelan, dan sifat deterjen. Ini mungkin disebabkan oleh operasi yang tidak benar, kebocoran sistem bahan bakar, masalah pengapian, tidak tepat waktu, atau kekurangan lainnya. Pengenceran bahan bakar dianggap berlebihan saat mencapai tingkat 2.5 sampai 5 persen.

d. Endapan. Adanya padatan dalam sistem pelumas dapat secara signifikan meningkatkan keausan pada bagian yang dilumasi. Setiap kenaikan padatan yang dilaporkan adalah memprihatinkan.

e. Jelaga BBM. Indikator penting untuk minyak yang digunakan dalam mesin diesel, jelaga bahan bakar selalu hadir untuk beberapa tingkat. Sebuah tes untuk mengukur jelaga bahan bakar di minyak mesin diesel sangat penting, karena menunjukkan efisiensi pembakaran bahan bakar mesin. Kebanyakan tes untuk jelaga bahan bakar dilakukan dengan analisis inframerah.

f. Oksidasi. Pelumas oksidasi minyak dapat menyebabkan endapan, korosi logam, atau penebalan minyak. Kebanyakan pelumas mengandung inhibitor oksidasi.

g. Nitration. Bahan bakar pembakaran di mesin hasil dari nitration. Produk yang terbentuk sangat asam dan dapat meninggalkan endapan di daerah pembakaran. Nitration akan mempercepat oksidasi minyak. Analisis inframerah digunakan untuk mendeteksi dan mengukur produk nitration.

h. *Total Acid Number*. Ini adalah ukuran dari jumlah asam atau *acidlike* materi dalam sampel minyak. Karena minyak baru mengandung aditif yang

mempengaruhi jumlah total asam (TAN), penting untuk membandingkan sampel oli bekas dengan yang baru, tidak terpakai, minyak dari jenis yang sama.

i. *Total Base Number*. Jumlah ini menunjukkan kemampuan minyak untuk menetralkan keasaman. Semakin tinggi Jumlah dasar (TBN) semakin besar kemampuannya untuk menetralkan keasaman. Penyebab khas TBN rendah termasuk menggunakan minyak yang tidak tepat untuk sebuah aplikasi, menunggu terlalu lama antara perubahan minyak, *overheating*, dan menggunakan bahan bakar yang sulfurnya tinggi.

j. Kandungan partikel. Tes penghitungan partikel yang penting untuk mengantisipasi sistem potensial atau masalah mesin. Hal ini terutama berlaku dalam sistem hidrolik. Analisis penghitungan partikel menjadi bagian dari analisis minyak pelumas yang normal, sangat berbeda dari analisis memakai partikel. Dalam tes ini, jumlah partikel yang tinggi mengindikasikan mesin dengan pemakaian normal atau bahwa kegagalan mungkin terjadi sebagai akibat dari lubang sementara atau permanen diblokir. Tidak ada upaya dilakukan untuk menentukan pola pakaian, ukuran, dan faktor-faktor lain yang akan mengidentifikasi modus kegagalan dalam mesin. (Mobley, 2008)

### **2.2.2. Oli**

Oli adalah zat yang dipakai dalam pemeliharaan mesin untuk melumasi mesin kendaraan bermotor (mobil dan motor), kendaraan diesel, mesin industri, mesin kapal, dll. Fungsi utamanya adalah untuk melumasi dan mengurangi gesekan, meningkatkan efisiensi dan mengurangi keausan mesin, sebagai pendingin mesin dari panas yang timbul akibat gesekan pada mesin otomotif juga berfungsi sebagai detergen untuk melarutkan kotoran hasil pembakaran sehingga turut membantu perawatan mesin.



**Gambar 2.4.** Contoh oli yang telah dijual di Indonesia

Kode pengenalan oli adalah berupa huruf SAE yang merupakan singkatan dari *Society of Automotive Engineers*. Selanjutnya angka yang mengikuti di belakangnya, menunjukkan tingkat kekentalan oli tersebut. SAE 40 atau SAE 15W-50, semakin besar angka yang mengikuti kode oli menandakan semakin kentalnya oli tersebut. Sedangkan huruf W yang terdapat di belakang angka awal, merupakan singkatan dari Winter. SAE 15W-50, berarti pelumas tersebut memiliki tingkat kekentalan SAE 15 untuk kondisi suhu dingin dan SAE 50 pada kondisi suhu panas. Dengan kondisi seperti ini, pelumas akan memberikan perlindungan optimal saat mesin start pada kondisi ekstrim sekalipun. Sementara itu dalam kondisi panas normal, idelnya oli akan bekerja pada kisaran angka kekentalan 40 – 50 menurut standar SAE.

Menurut *Environmental Protection Agency* (EPA's) dalam jurnal Raharjo (2010), proses pembuatan oli melalui beberapa tahap, yaitu

1. Distilasi.
2. Deasphalting untuk menghilangkan kandungan aspal dalam minyak
3. Hidrogenasi untuk menaikkan viskositas dan kualitas
4. Pencampuran katalis untuk menghilangkan lilin dan menaikkan temperature pelumas paraffin.
5. *Clay or Hydrogen finishing* untuk meningkatkan warna, stabilitas dan kualitas oli pelumas. (Raharjo, 2010)

### 2.2.2.1. Jenis-Jenis Oli

Minyak pelumas mesin atau oli mesin memang banyak jenisnya. Bergantung jenis penggunaan mesin itu sendiri yang membutuhkan oli yang tepat untuk menambah atau mengawetkan usia pakai (*life time*) mesin. adapun jenis-jenis oli sebagai berikut :

#### a. Pelumas Mineral

Menurut Arismunandar (1988) oli mineral adalah oli yang berbahan bakar oli dasar (*base oli*) yang diolah dari minyak bumi. Minyak mineral merupakan minyak yang paling banyak digunakan sebagai bahan minyak pelumas. Kemampuan dan kelebihan itu dapat disebut antara lain sebagai

- Untuk saat ini harganya paling murah dan dapat dikatakan masih banyak tersedia. Walaupun harga minyak bumi terus menanjak, dibandingkan dengan bahan lainnya harganya masih jauh lebih murah.
- Suhu kemampuan operasinya cukup lebar untuk dapat melayani penggunaan di dalam industri maupun otomotif atau kendaraan.
- Sifat sifat kimia dan fisiknya mudah dikontrol oleh pabrik maupun oleh instansi yang berwenang.
- Bahan tidak beracun.
- Sudah dicampur dengan bahan-bahan kimia lain seperti bahan apa yang dikenal dengan nama aditif, dengan maksud untuk meningkatkan kemampuan unjuk kerjanya.
- Tidak merusak sekat (*seal*).
- Mempunyai selang waktu yang ekonomis di dalam melayani mesin.

Bahan mineral minyak bumi yang merupakan bahan yang dapat menghasilkan bahan bakar dan minyak pelumas mayoritasnya terdiri dari elemen-elemen hidrogen dan karbon. Hidrogen dan



karbon merupakan elemen-elemen organik yang membentuk ikatan yang dikenal dengan nama hidrokarbon, elemen-elemen hidrokarbon ini kebanyakan berasal dari tumbuh-tumbuhan. Dengan perlahan-lahan tumbuh-tumbuhan yang terjebak tersebut mengalami perubahan-perubahan selama jutaan tahun, Yang akhirnya berubah bentuk menjadi minyak bumi mentah biasanya disebut minyak mentah saja (*crude oil*).

b. Pelumas Sintetik

Menurut Arismunandar (1988) pengertian bahasa sintetis oleh umum diartikan sebagai bahan tiruan atau buatan dengan pengetahuan bahan tersebut tidak terdapat di dalam alam sebagai bahan jadi. Dan biasanya bahan yang dibuat sebagai bahan tiruan merupakan bahan yang relatif mudah diperoleh dan murah harganya yang kemudian dibuat menjadi bahan tiruan dari bahan tertentu. Sifat-sifat dari minyak pelumas sintetis adalah sama dengan minyak pelumas biasa atau konvensional yang berasal dari minyak bumi. Pada kenyataannya yang digunakan atau dinamakan sebagai minyak pelumas sintetis adalah hidrokarbon yang telah mengalami proses khusus. Khusus dimaksud minyak pelumas sintetis ini sengaja dibentuk bukan saja sama dengan minyak pelumas mineral tetapi bahkan dibentuk melebihi kemampuan minyak pelumas mineral. Maka tidaklah mengherankan minyak pelumas sintetis mempunyai harga lebih mahal daripada minyak pelumas mineral. Pada kenyataannya juga menunjukkan bahwa minyak pelumas sintetis memang lebih unggul di dalam unjuk kerja, baik respon terhadap mesinnya maupun daya tahan lamanya digunakan. Untuk penggunaan tertentu minyak pelumas sintetis mempunyai kualitas lebih baik daripada minyak pelumas mineral.

#### 2.2.2.2. Kualitas Oli

Kualitas oli disimbolkan oleh API (*American Petroleum Institute*). Simbol terakhir SL mulai diperkenalkan 1 Juli 2001. Walau begitu, simbol makin baru tetap bias dipakai untuk kategori sebelumnya. Seperti API SJ baik untuk SH, SG, SF, dan seterusnya. Sebaliknya jika mesin kendaraan menurut SJ maka tidak bias menggunakan tipe SH karena mesin tidak akan mendapat proteksi maksimal sebab oli SH di desain untuk mesin yang lebih lama.

Ada dua tipe API, S (*Service*) atau bias juga (S) diartikan *spark-plug ignition* (pakai busi) untuk mesin bensin. C (*Commercial*) diaplikasikan pada mesin diesel, contohnya kategori C adalah CF, CF-2, CG-4. Bila menggunakan mesin diesel dipastikan memakai kategori yang tepat karena oli mesin diesel berbeda dengan oli mesin bensin karena karakter diesel yang banyak menghasilkan kontaminasi jelaga sisa pembakaran lebih tinggi. Oli jenis ini memerlukan tambahan aditif dispersant dan detergen untuk menjaga oli tetap bersih.

API mesin bensin

- SM (*Current*)

Diperkenalkan pada tahun 2004. Ditujukan untuk semua jenis mesin bensin yang ada pada saat ini. Oli ini didesain untuk memberikan resistensi oksidasi yang lebih baik, menjaga temperature, perlindungan lebih baik terhadap keausan, dan mengontrol deposit lebih baik.

- SL (*Current*)

Merupakan kategori terakhir sampai saat ini. Diperkenalkan pada 1 juni 2001. Oli ini didesain untuk menjaga temperature dan mengontrol deposit lebih baik. Juga bias mengkonsumsi oli lebih rendah. Beberapa oli ini juga cocok dengan spesifikasi terakhir ILSAC sebagai *Energy Conserving*. Untuk mesin generasi 2004 atau sebelumnya.

- SJ (*Current*) : diperkenalkan untuk mesin generasi 2001 atau lebih tua.
- SH (*Obselete*) : untuk mesin generasi 1996 atau sebelumnya.
- SG (*Obselete*) : untuk mesin generasi 1993 atau sebelumnya.
- SF (*Obselete*) : Untuk mesin generasi 1988 atau sebelumnya.

#### API mesin disel

- CJ-4  
Diperkenalkan pada tahun 2006. Untuk mesin *high speed*, mesin 4-langkah yang didesain untuk memenuhi standar emisi tahun 2007. Oli dengan kategori API CJ-4 memiliki kriteria performa lebih baik daripada yang dimiliki oleh oli oli dengan kategori API CI-4 dengan CI-4 PLUS, CI-4, CH-4, CG-4 dan CF-4. Oli dengan kategori API CJ-4 juga mampu secara efektif melumasi mesin-mesin dengan kategori dibawahnya.
- CI-4  
Diperkenalkan sejak 5 September 2002. Untuk mesin *high speed*, *Four stroke engines* yang didesain untuk memenuhi standar emisi tahun 2004. Oli CI-4 diformulasikan menjaga durabilitas mesin dimana gas buangnya disirkulasi ulang. Digunakan untuk mesin yang meminta kandungan belerang / sulfur 0,5 %. Bisa dipakai pada oli CD, CE, CF-4, CG-4 dan CH-4.
- CH-4  
Diperkenalkan sejak 1998. Untuk mesin *high speed*, *four stroke engines* yang didesain untuk memenuhi standar emisi tahun 1998. Digunakan untuk mesin yang meminta kandungan sulfur / belerang 0,5%. cocok untuk standar emisi 1994 bisa dipakai pada oli CD, CE dan CF-4.
- CG-4  
Diperkenalkan sejak 1990. Untuk mesin *high speed*, *four stroke engines* digunakan untuk mesin yang meminta kandungan belerang

/ sulfur kurang 0,5%. Cocok untuk Tandar emisi 1994 bisa dipakai pada oli CD, CE, dan CF-4.

- CF-4

Diperkenalkan sejak 1990. Untuk mesin *high speed, four stroke engines, naturally aspirated* dan mesin *turbocharger*. Bias dipakai pada oli CD, dan CE.

- CF-2

Diperkenalkan sejak 1994. Untuk mesin kinerja sedang, *two stroke engines*, bias dipakai pada oli CD-II

- CF

Diperkenalkan sejak 1994. Untuk mesin *off road, indirect injected* dan beberapa mesin yang memakai bahan bakar dengan kandungan belerang / sulfur diatas 0,5%. Bisa mengganti pada oli CD.

### 2.2.2.3. Fungsi Oli

Fungsi utama suatu pelumas adalah untuk mengendalikan friksi dan keausan. Namun pelumas juga mempunyai beberapa fungsi lain yang bervariasi tergantung di mana pelumas tersebut diaplikasikan, fungsi tersebut yaitu:

a. Pencegahan Korosi

Peranan pelumas dalam rangka mencegah korosi, pelumas berfungsi sebagai *preservative*. Pada saat mesin bekerja pelumas melapisi bagian mesin dengan lapisan pelindung yang mengandung adiktif untuk menetralkan bahan korosif. Kemampuan pelumas untuk mengendalikan korosi tergantung pada ketebalan lapisan fluida dan komposisi kimianya.

b. Memperkecil koefisien gesek

Salah satu fungsi pelumas adalah untuk melumasi bagian-bagian mesin yang bergerak untuk mencegah keausan akibat dua benda yang bergesekan. Minyak pelumas membentuk oil film di dalam dua benda yang bergerak sehingga dapat mencegah gesekan/kontak langsung diantara dua benda yang bergesekan tersebut.

c. Pembersih (Cleaning)

Kotoran atau geram yang timbul akibat gesekan, akan terbawa oleh minyak pelumas menuju carter yang selanjutnya akan mengendap di bagian bawah carter dan ditangkap oleh magnet pada dasar carter. Kotoran yang ikut aliran minyak pelumas akan disaring di filter oli agar tidak terbawa dan terdistribusi kebagian-bagian mesin yang dapat mengakibatkan kerusakan/mengganggu kinerja mesin.

d. Pendingin (Cooling)

Minyak pelumas mengalir di sekeliling komponen yang bergerak, sehingga panas yang timbul dari gesekan dua benda tersebut akan terbawa/merambat secara konveksi ke minyak pelumas. Sehingga minyak pelumas pada kondisi seperti ini berfungsi sebagai pendingin mesin.

e. Perapat (Sealing)

Minyak pelumas yang terbentuk dibagian-bagian yang presisi dari mesin kendaraan berfungsi sebagai perapat, yaitu mencegah terjadinya kebocoran gas (*blow by gas*) misal antara piston dan dinding silinder.

f. Sebagai Penyerap Tegangan

Oli mesin menyerap dan menekan tekanan lokal yang bereaksi pada komponen yang dilumasi, serta melindungi agar komponen tersebut tidak menjadi tajam saat terjadinya gesekan-gesekan pada bagian-bagian yang bersinggungan (Arisandi, 2012).

#### **2.2.2.4. Beberapa Sifat Penting Minyak Pelumas**

Beberapa sifat minyak pelumas dibawah ini perlu diperhatikan jika diinginkan minyak pelumas memenuhi fungsinya, khusus pada motor bakar torak.

1. Kekentalan, kekentalan minyak pelumas harus sesuai dengan fungsi minyak itu untuk mencegah keausan permukaan bagian yang bergesekan,

terutama pada beban yang besar dan pada putaran rendah. Minyak pelumas yang terlalu kental sukar mengalir melalui salurannya, disamping menyebabkan kerugian daya mesin yang terlalu besar. Biasanya kekentalan minyak pelumas diuji pada temperature 210<sup>0</sup>F dan dinyatakan dengan bilangan SAE; misalnya SAE 30; SAE 40, SAE 50, dan seterusnya. Makin kental makin tinggi bilangan itu. Ada kalanya pengujian tersebut dilakukan pada temperature 0<sup>0</sup>F; untuk membedakannya, dibelakang bilangan SAE tadi ditambahkan huruf W, misalnya, SAE 20 W.

2. Indeks Kekentalan, kekentalan minyak pelumas itu berubah ubah menurut perubahan temperatur. Dengan sendirinya minyak pelumas yang baik tidak terlalu peka terhadap perubahan temperatur, sehingga dapat berfungsi sebagaimana mestinya, baik dalam keadaan dingin, pada waktu mesin mulai berputar maupun pada temperature kerja.
3. Titik Tuang pada temperatur tertentu, yang disebut titik tuang, minyak pelumas akan membentuk jaringan Kristal yang menyebabkan minyak itu sukar mengalir. Kaena itu sebaiknya dipergunakan minyak pelumas dengan titik tuang yang serendah-rendahnya untuk menjamin agar pelumas dapat mengalir dengan lancar kedalam pompa dan salurannya pada setiap keadaan operasi.
4. Stabilitas, beberapa minyak pelumas pada temperatur tinggi akan berubah susunan kimianya sehingga terjadilah endapan yang mengakibatkan cincin torak melekat pada alurnya. Dalam beberapa hal minyak pelumas dapat membentuk lumpur apabila bercampur dengan air dan beberapa komponen hasil pembakaran. Selain itu lumpur tersebut akan mengubah kekentalan dan menutup saluran minyak. Karena itu bak minyak pelumas haruslah mendapat ventilasi yang cukup baik agar minyak pelumas atau gas pembakaran dapat keluar dengan leluasa dari bak minyak pelumas.

5. Kelumasan Minyak pelumas harus memiliki kelumasan, atau sifat melumasi, yang cukup baik, yaitu dapat membasahi permukaan logam. Hal ini berarti bahwa dalam segala keadaan selalu akan terdapat lapisan minyak pada permukaan bagian mesin yang bersatukan. Sifat ini sangat penting untuk melindungi permukaan bagian tersebut, misalnya pada waktu start pada saat minyak pelumas belum cukup banyak atau pompa minyak pelumas belum bekerja sebagai mana mestinya (Arismunandar, 1988).

### **2.2.3. Viskositas**

#### **2.2.3.1. Pengertian Viskositas**

Viskositas adalah ukuran kekentalan suatu fluida yang menunjukkan besar kecilnya gesekan internal fluida. Viskositas adalah ukuran yang menyatakan kekentalan suatu cairan atau fluida. Kekentalan merupakan sifat cairan yang berhubungan erat dengan hambatan untuk mengalir. Beberapa cairan ada yang mengalir dengan cepat, sedangkan lainnya mengalir secara lambat. Cairan yang mengalir cepat contohnya seperti air, alkohol, dan bensin karena memiliki nilai viskositas kecil. Sedangkan cairan yang mengalir lambat seperti gliserin, minyak asto dan madu karena mempunyai nilai viskositas yang besar. Jadi viskositas tidak lain menentukan kecepatan mengalirnya suatu cairan (Yazid, 2005).

Viskositas menjelaskan ketahanan internal fluida untuk mengalir dan mungkin dapat dipikirkan sebagai pengukuran dari pergeseran fluida. Sebagai contoh, viskositas yang tinggi dari magma akan menciptakan statovolcano yang tinggi dan curam, karena tidak dapat mengalir terlalu jauh sebelum mendingin, sedangkan viskositas yang lebih rendah dari lava akan menciptakan volcano yang rendah dan lebar. Seluruh fluida (kecuali superfluida) memiliki ketahanan dari tekanan dan oleh karena itu disebut kental, tetapi fluida yang tidak memiliki ketahanan tekanan dan tegangan disebut fluide ideal.

### 2.2.3.2. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Viskositas

Bird (1987) Faktor-faktor yang mempengaruhi viskositas adalah sebagai berikut:

a. Tekanan

Viskositas cairan naik dengan naiknya tekanan, sedangkan viskositas gas tidak dipengaruhi oleh tekanan.

b. Temperatur

Viskositas akan turun dengan naiknya suhu, sedangkan viskositas gas naik dengan naiknya suhu. Pemanasan zat cair menyebabkan molekul-molekulnya memperoleh energi. Molekul-molekul cairan bergerak sehingga gaya interaksi antar molekul melemah. Dengan demikian viskositas cairan akan turun dengan kenaikan temperatur.

c. Kehadiran zat lain

Penambahan gula tebu meningkatkan viskositas air, adanya bahan tambahan seperti bahan suspensi menaikkan viskositas air. Pada minyak ataupun gliserin adanya penambahan air akan menyebabkan viskositas turun karena gliserin maupun minyak akan semakin encer, waktu alirnya semakin cepat.

d. Ukuran dan berat molekul

Viskositas naik dengan naiknya berat molekul. Misalnya laju aliran alkohol cepat, larutan minyak laju aliran lambat dan kekentalanya tinggi serta laju aliran lambat sehingga viskositasnya juga tinggi.

e. Berat molekul

Viskositas akan naik jika ikatan rangkap semakin banyak.

f. Kekuatan antar molekul

Viskositas air naik dengan adanya ikatan hidrogen.



g. Konsentrasi larutan

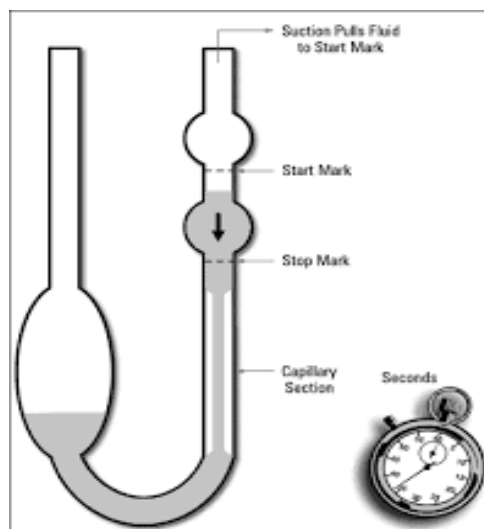
Viskositas berbanding lurus dengan konsentrasi larutan. Suatu larutan dengan konsentrasi tinggi akan memiliki viskositas yang tinggi pula, karena konsentrasi larutan menyatakan banyaknya partikel zat yang terlarut, gesekan antar partikel semakin tinggi dan viskositasnya semakin tinggi pula.

### 2.2.3.3. Alat Ukur Viskositas

Cara menentukan viskositas suatu zat menggunakan alat yang dinamakan viskometer. Ada beberapa tipe viskometer 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 2.5.** Viskometer Oswald

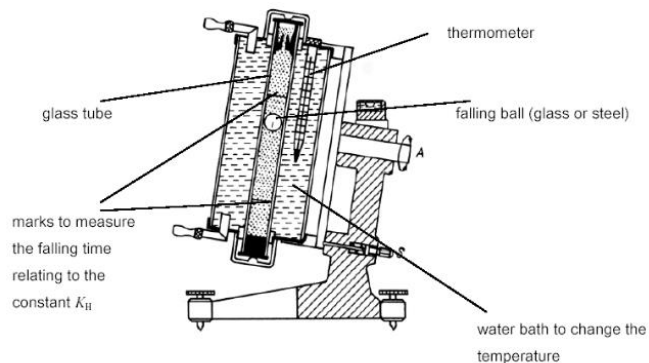
Cara penggunaannya adalah :

1. Menggunakan viskometer yang sudah bersih.
2. Masukkan cairan ke dalam viskometer dengan menggunakan pipet.
3. Lalu hisap cairan dengan menggunakan *pushball* sampai melewati 2 batas.

4. Siapkan *stopwatch*, kendurkan cairan sampai batas pertama lalu mulai penghitungan.
5. Catat hasil, Dan lakukan penghitungan dengan rumus.
6. Usahakan saat melakukan penghitungan kita menggenggam di lengan yang tidak berisi cairan.

## 2) Viskometer Hoppler

Yang diukur 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 2.6.** Viskometer Hoppler

Prosedur penggunaannya adalah :

1. Ukur diameter bola
2. Timbang massa bola
3. Ukur panjang tabung viskometer 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 sebanyak 3 kali berturut- turut, pada temperatur lain dan cairan yang lain

### 3) Viskometer *Cup* dan *Bob*

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



**Gambar 2.7.** Viskometer *Cup* dan *Bob*

Kelemahan viscometer ini adalah terjadinya aliran sumbat yang disebabkan geseran yang tinggi di sepanjang 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 *Plate*

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 kemudian kerucut yang berputar.

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

### Prosedur Kalibrasi untuk *Cone/Plate Viscometer*

1. Atur jarak antara cone spindle dengan plate sesuai dengan Instruction Manual
2. Pilih Viskositas standard yang akan memberikan nilai pembacaan antara 10% hingga 100% dari *Full Scale Range* (FSR). Sebaiknya pilih standard 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.

#### 2.2.3.5. Viskositas Pelumas

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

##### a. Kekentalan Dinamis atau Absolut

Viskositas dinamis atau absolut 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.

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

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, akantetapi satuan cgs, Centistoke, lebih luas diterima.

$$1 \text{ centistoke (cSt)} = 1 \text{ mm}^2/\text{s}$$

Centistoke adalah unit yang paling sering dikutip oleh pemasok pelumas dan pengguna. Dalam prakteknya, perbedaan antara viskositas kinematik dan dinamis tidak paling 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 dari pada gigi, serta di mana beban yang ringan, dan kecepatan tinggi atau sistem tertutup sepenuhnya. Sebaliknya, viskositas yang lebih tinggi dipilih untuk gigi dan di mana kecepatan rendah, beban yang tinggi, atau sistem ini berventilasi baik.

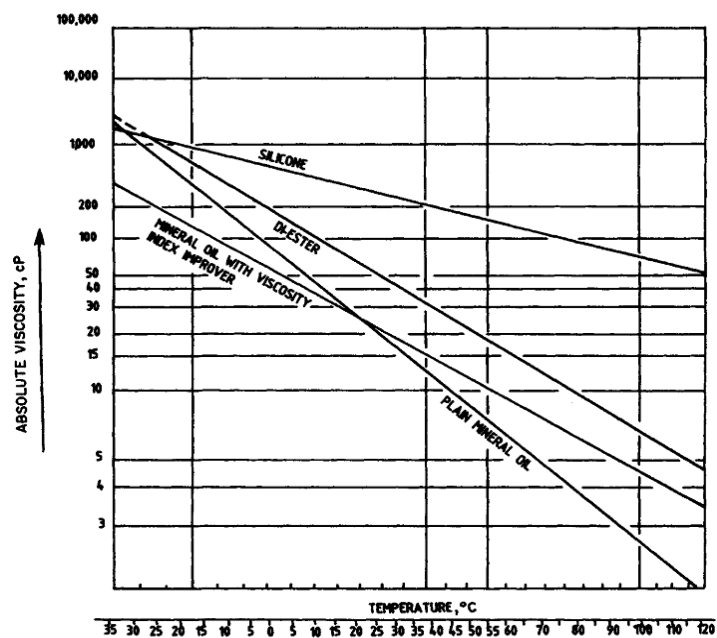
Beberapa ciri viskositas yang berkisar pada suhu operasi ditunjukkan pada Table 2.1. Variasi viskositas minyak dengan suhu akan sangat penting dalam beberapa sistem, dimana suhu operasi baik bervariasi ataupun tidak bervariasi sangat berbeda dengan suhu acuan viskositas minyak. Setiap penurunan viskositas suatu cairan diiringi dengan naiknya suhu, namun tingkat penurunan dapat bervariasi dari satu cairan dengan cairan yang lain.

**Tabel 2.1.** *Typical Operating Viscosity Ranges*

Lubricant	Viscosity range, cSt
Clocks and instrument oils	5-20
Motor oils	10-50
Roller bearing oils	10-300
Plain bearing oils	20-1500
Medium-speed gear oils	50-150
Hypoid gear oils	50-600
Worm gear oils	200-1000

Gambar 2.11. 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.



**Gambar 2.9.** Grafik variasi viskositas dengan temperature (Shigley, 2004).

Salah satu minyak standar indeks viskositas 0, mewakili perubahan yang paling cepat viskositas dengan suhu biasanya ditemukan dengan minyak mineral. Minyak 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 indeks viskositas sampel minyak adalah

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

Dengan:

- IV = Indeks viskositas
- U = Viskositas kinematika (cSt) pada 40°C dari minyak yang dicari indeks viskositasnya
- L = Viskositas kinematika (cSt) pada 40°C dari minyak yang indeks viskositas = 0, yang mempunyai viskositas pada 100 °C dengan minyak yang indeks viskositasnya dicari.
- H = Viskositas kinematika (cSt) pada 40°C dari minyak yang indeks viskositas = 100 yang mempunyai viskositas kinematika yang sama pada 100°C dengan minyak yang dicari IV-nya

Indeks viskositas ini dapat dicari dengan cara yang sama untuk suhu 100°F dan 210°F, dimana suhu tersebut merupakan suhu yang digunakan sebelum unit sistem internasional digunakan. Ada beberapa minyak pelumas seperti minyak pelumas multigrade mempunyai indeks viskositas lebih dari 100. Untuk menghitung indeks viskositas dari minyak ini dilakukan dengan cara menentukan viskositas kinematik pada 40 °C yang akan lebih kecil daripada harga terendah H untuk viskositas yang layak pada 100 °C. Tinggi rendahnya indeks ini menunjukkan ketahanan kekentalan minyak pelumas terhadap perubahan suhu. Makin tinggi angka indeks minyak pelumas, makin kecil perubahan *viscosity*-nya pada penurunan atau kenaikan suhu. Nilai *viscosity index* ini dibagi dalam 3 golongan, yaitu:

1. HVI (*High Viscosity Index*) di atas 80 yaitu kesetabilan kekentalan oli terhadap perubahan temperatur di atas viskositas 80 dinyatakan tinggi.
2. MVI (*Medium Viscosity Index*) 40 – 80 yaitu kesetabilan kekentalan oli terhadap perubahan temperatur viskositas 40 – 80 dinyatakan sedang.



3. LVI (*Low Viscosity Index*) di bawah 40 yaitu kesetabilan kekentalan oli terhadap perubahan temperatur viskositas dibawah 40 dinyatakan rendah.

#### **2.2.4. Konduktivitas Termal**

##### **2.2.4.1. Proses Perpindahan Kalor**

Perpindahan panas merupakan ilmu untuk meramalkan perpindahan energi dalam bentuk panas yang terjadi karena adanya perbedaan suhu di antara benda atau material. Dalam proses perpindahan energi tersebut tentu ada kecepatan perpindahan panas yang terjadi, atau yang lebih dikenal dengan laju perpindahan panas. Maka ilmu perpindahan panas juga merupakan ilmu untuk meramalkan laju perpindahan panas yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu. Perpindahan kalor dapat didefinisikan sebagai suatu proses berpindahnya suatu energi (kalor) dari satu daerah ke daerah lain akibat adanya perbedaan temperatur pada daerah tersebut. Ada tiga bentuk mekanisme perpindahan panas yang diketahui, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. (Holman, 1993)

##### **2.2.4.2. Proses Perpindahan Kalor Secara Konduksi**

Perpindahan kalor secara konduksi adalah proses perpindahan kalor dimana kalor mengalir dari daerah yang bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur rendah dalam suatu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung sehingga terjadi pertukaran energi dan momentum. Kemampuan suatu medium untuk memindahkan kalor secara konduksi disebut sebagai konduktivitas termal. (Holman, 1993)

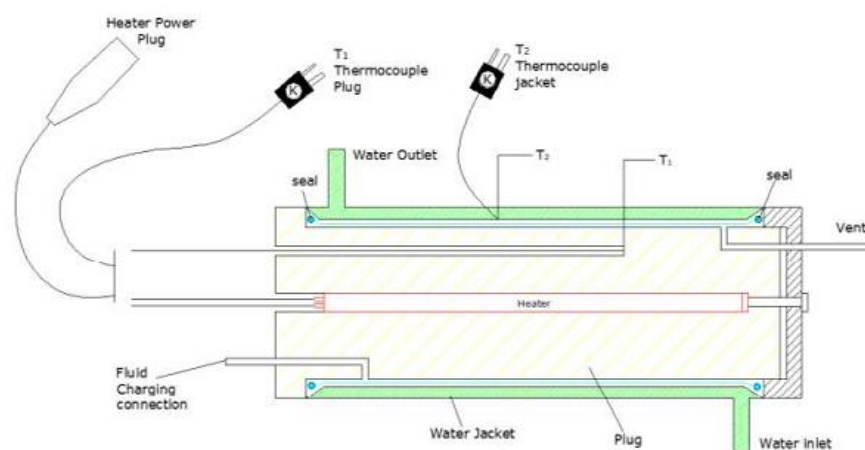
##### **2.2.4.3. Pengertian Konduktivitas Termal**

Termal konduktivitas adalah proses untuk memindahkan energi dari bagian yang panas ke bagian yang dingin dari substansi oleh interaksi *molecular*. Dalam fluida, pertukaran energi utamanya dengan tabrakan langsung. Pada solid, mekanisme utama adalah *vibrasi molecular*.

Konduktor listrik yang baik juga merupakan konduktor panas yang baik pula. (Holman, 1993)

#### 2.2.4.4. Pengukuran Konduktivitas Termal.

Pengukuran konduktivitas dapat dilakukan dengan metode *steady state cylindrical cell*. Dasar dari pengukuran konduktivitas termal efektif ini berdasarkan pada pengaturan perbedaan temperatur dari sampel fluida yang ada di dalam sebuah ruang sempit berbentuk annular (*radial clearance*). Sampel fluida yang konduktivitas termal efektifnya akan diukur memenuhi/mengisi ruang kecil di antara 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 temperature*) diukur dengan akurat.



**Gambar 2.10.** Skema alat pengukur konduktivitas termal

Ruang bebas tersebut cukup kecil untuk mencegah adanya konveksi alamiah (*natural convection*) di dalam sampel fluida tersebut. Karena radial *clearance* yang relatif kecil tersebut, sampel fluida yang ada di dalam 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 variabel transformer. (Irawansyah dan Kamal : 2015)

Persamaan untuk perhitungan konduktivitas termal sebagai berikut:

1. *Elemen Heat Input*

$$Q_e = V \cdot I \dots \dots \dots (2.2)$$

2. *Temperature Different*

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

3. *Conduction Heat Transfer Rate*

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

4. *Thermal Conductivity*

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

$\Delta r$  = Radial clearance, jarak antara plug dan jacket  
sebesar 0,34 mm

$A$  = Luas efektif antara plug dan jacket sebesar 0,0133 m<sup>2</sup>

### 2.2.5. Jenis-jenis Sistem Pelumasan

Menurut Daryanto, (2004) ada tiga macam sistem pelumasan, yaitu

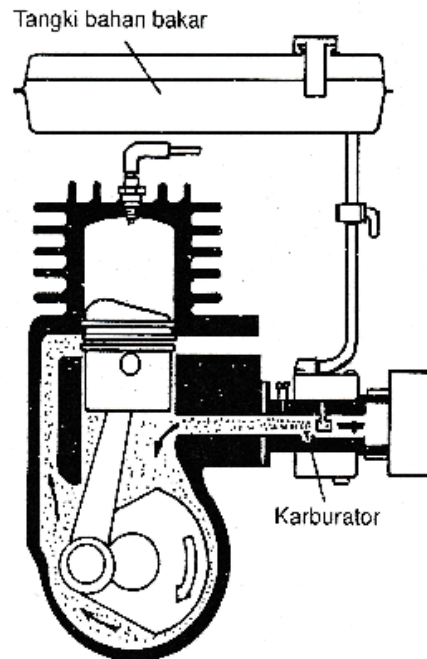
- a. Bentuk kabut,
- b. Bentuk kering, serta
- c. Bentuk basah.

Berikut ini adalah keterangan lebih lanjut dari ketiga sistem pelumasan tersebut.

### 2.2.5.1. Sistem Pelumasan Bentuk Kabut

Sistem pelumasan kabut ini dipakai pada mesin kecil dua tak, yaitu

- a. Mesin pemotong rumput,



**Gambar 2.11.** Pelumasan campur bahan bakar

- b. Sepeda motor,
- c. Kapal boat,
- d. Generator dan kompresor.

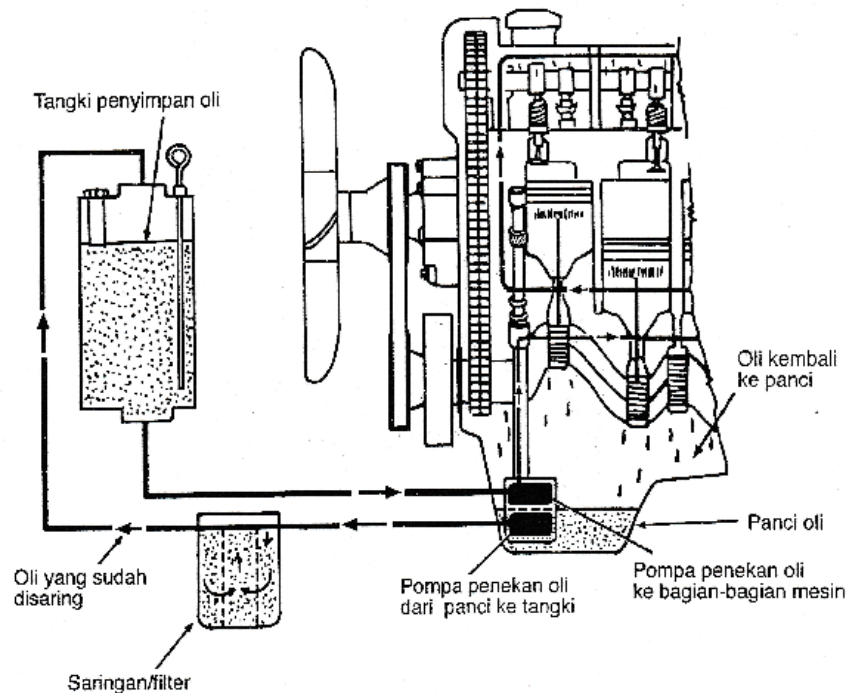
Oli pelumas dicampurkan pada bensin dengan perbandingan tertentu dan dimasukkan ke dalam tangki minyak. Campuran bensin dan oli ini dimasukkan melalui karburator ke dalam ruang pemutar mesin dalam bentuk kabut sehingga oli memberi pelumas kepada mesin-mesin yang berputar akibat pembakaran. Cara lainnya ialah memakai pompa oli yang menekan oli ke dalam aliran udara. Jumlah oli yang dimasukkan/diinjeksikan itu dikontrol oleh katup.

### 2.2.5.2. Sistem Pelumasan Kering

Dengan pengecualian kendaraan tertentu, misalnya motor balap, sistem pelumasin kering jarang digunakan pada kendaraan bermotor,

walaupun beberapa truk berat menggunakannya. Pelumasan kering banyak digunakan pada:

- Sepeda motor,
- Traktor penggali tanah, dan
- Mesin-mesin tak bergerak (*stationer*), misalnya generator.



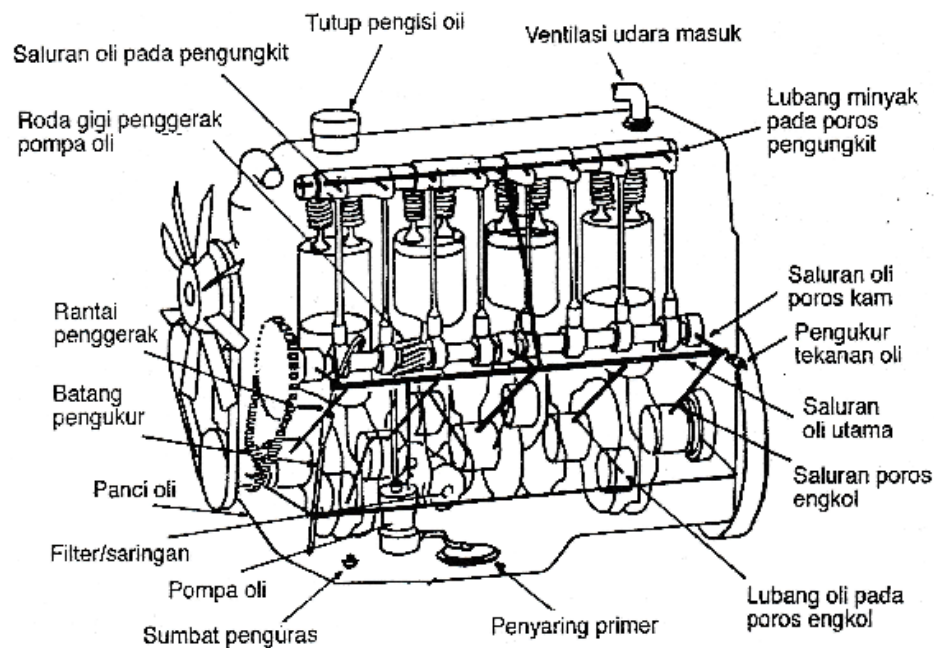
**Gambar 2.12.** Sistem pelumasan tipe kering

Oli pelumas ditempatkan pada tangki atau tempat pelumas di luar mesin. Pelumas dialirkan dengan tekanan pompa didarkan kebagian-bagian mesin yang bergerak melalui pipa atau alur-alur dalam blok mesin. Setelah seluruh komponen diberi pelumas, oli jatuh ke tempat penampungan di bagian bawah sebuah pompa atau gayung tempat oli itu dinaikkan lagi ke tempat serepnya untuk didarkan seperti tadi.

### 2.2.5.3. Sistem Pelumasan Basah

Sistem ini lazim digunakan pada motor mobil yang modern. Oli pelumas ditempatkan pada tempat oli atau penyaring yang dipasang di bagian dasar atau posisi paling bawah dari ruang mesin penggerak (poros engkol). Pelumas dialirkan kebagian mesin yang bergerak dengan kombinasi dari pemancaran penyemprotan dan tekanan. Waktu poros

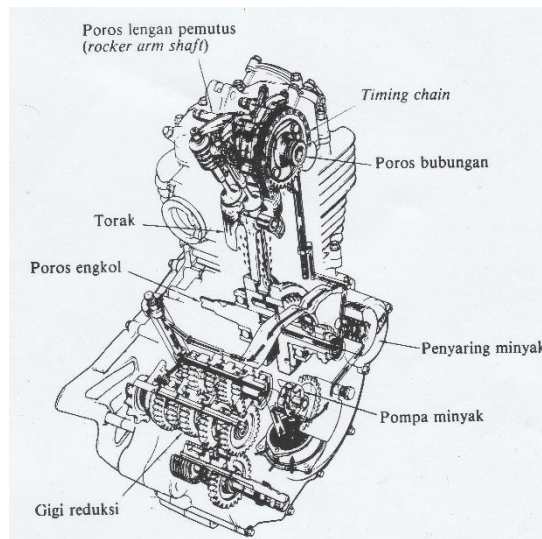
engkol dari mesin itu berputar, ujung besar dari poros batang torak tercelup oli di dasar ruang mesin dan menyiramkan oli ke seluruh bagiara mesin di bagian bawah separo ruangan. Kadang-kadang pada ujung besar dari poros batang torak terdapat penggaruk oli yang berfungsi membantu pengambilan oli. Jika putaran mesin meningkat tinggi maka oli berubah menjadi kabut lembut sehingga bisa masuk ke bagian dalam bawah mesin.



**Gambar 2.13.** Sistem pelumasan basah

#### 2.2.5.4. Sistem Pelumasan Motor 4 Langkah

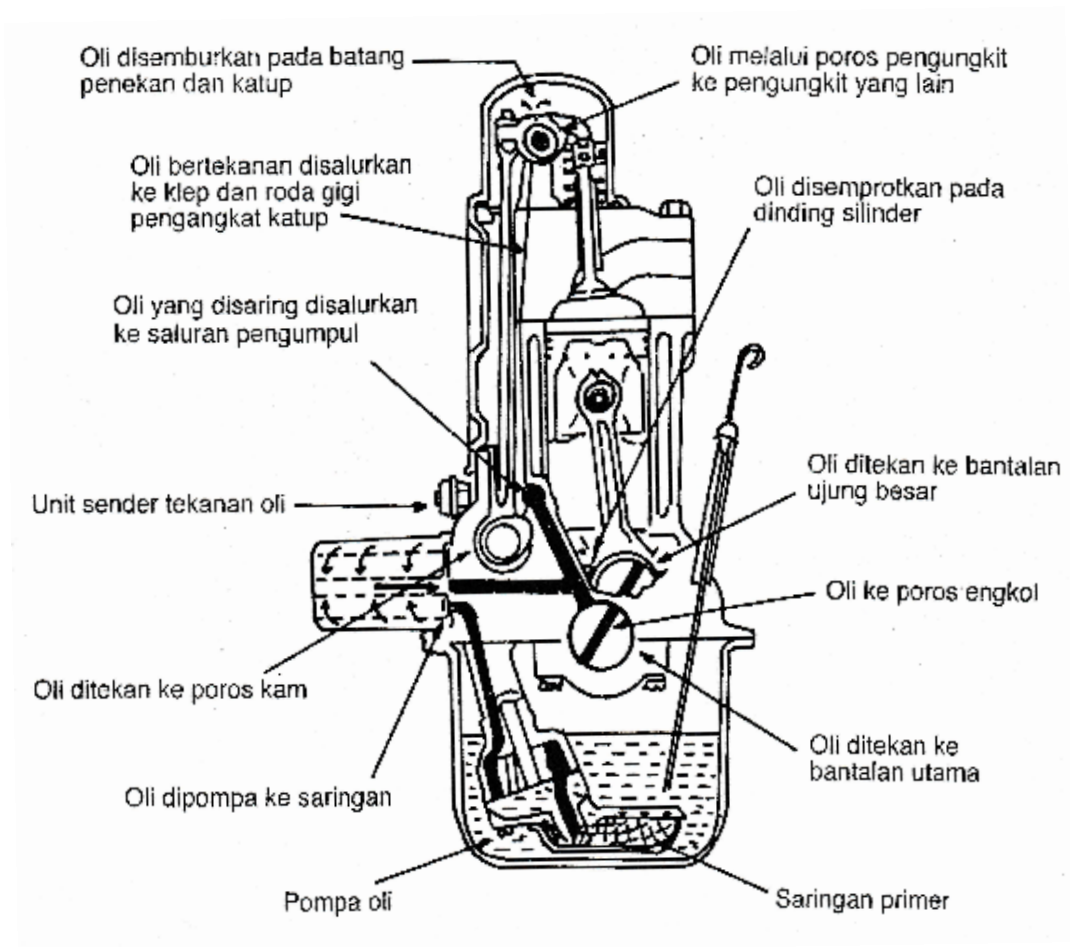
Menurut Daryanto, (2004) Minyak motor di simpan di tempat di bak minyak di rumah poros engkol dan mengalirnya ke bagian yang berputar di motor dengan menggunakan pompa minyak. Saluran dan sistem pengaliran minyaknya pada motor yang satu tidak sama dengan motor yang lain tetapi umumnya seperti terlihat pada gambar 2.14. sepeda motor di rumah melalui 3 cara:



**Gambar 2.14.** Sistem pelumasan motor 4-langkah

- a. Minyak mengalir melalui bantalan utama poros engkol ke kepala besar batang torak dari sini minyaknya disemprotkan dan pelumas kepala kecil, silinder dan torak.
- b. Minyak dialirkan melalui saluran di dalam silinder ke poros hubungan dan dari sini minyak disemprotkan untuk melumasi lengan pemutus dan porosnya.
- c. Jalan yang ketiga minyaknya dipompakan kedua poros dirumah transmisi dan setelah melumasi roda roda gigi mengalir melalui antar poros dan akhirnya melumasi kopling.

Panci oli adalah reservoir untuk oli pelumasan. Isinya ctiukur dengan jumlah oli dengan bantuan tongkat pengukur pada bagian samping mesin dan harus mencukupi pada saringan *pick up* yang di bawah kondisi pengoperasian secara normal.

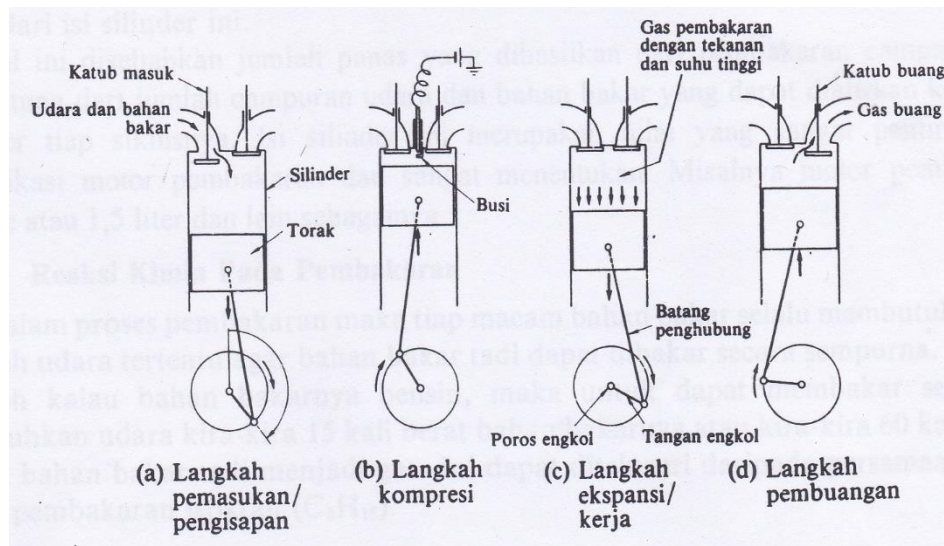


**Gambar 2.15.** Sistem pelumasan



### 2.2.6. Kerja mesin 4-Langkah

Menurut Daryanto, (2004) kerja mesin 4-langkah ditunjukkan pada gambar 2.16.



**Gambar 2.16.** Cara kerja motor 4-langkah

#### a. Langkah pemasukan

Katub masuk terbuka dan torak bergerak dari batas atas (dinamakan titik mati atas: TMA) menuju ke batas bawah (dinamakan titik mati bawah: TMB) maka campuran udara dan bahan bakar mengalir masuk ke dalam silinder

#### b. Langkah kompresi

Katub masuk tertutup dan torak bergerak menekan campuran udara dan bahan bakar yang menimbulkan tekanan. Sewaktu torak mendekati pada TMA, ditimbulkan percikan api listrik yang dihasilkan oleh busi dengan dua ujung elektrodanya. Percikan api listrik ini membakar campuran udara dan bahan bakar sehingga mulai terjadi bakaran.

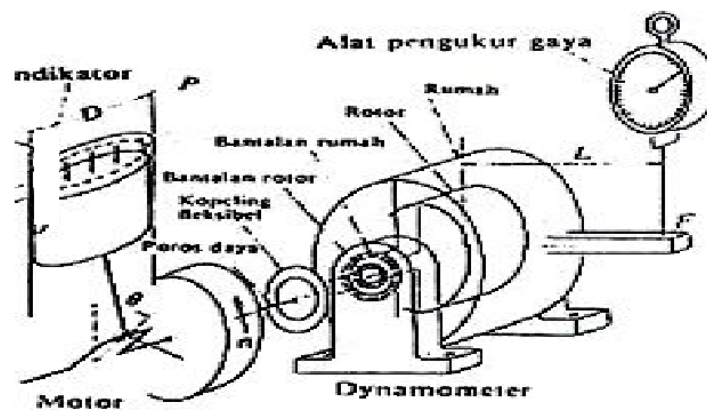
#### c. Langkah ekspansi

Campuran udara dan bahan bakar yang terbakar berturutan menimbulkan tekanan yang lama kelamaan menjadi maksimum. Tekanan maksimum ini menekan torak ke bawah dan baik tekanan maupun suhu dari gas pembakaran mulai mengurang. Gaya gerak yang ditimbulkan oleh

gerakan torak ini diteruskan kepada poros engkol melalui tangkai torak dan engkol dan dengan demikian poros engkol dipaksa untuk berputar mengatasi tahanan geseran.

### 2.2.7. Dynamometer

Dynamometer merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengukur daya, putaran mesin dan torsi yang dikeluarkan atau dihasilkan dari suatu mesin kendaraan bermotor. Skema alat uji dynamometer dapat dilihat pada gambar 2.17.



Gambar 2.17. Skema Alat Uji Dynamometer (Purnomo, 2013)

### 2.2.8. Torsi dan Daya Poros

Torsi atau momen putar motor adalah gaya dikalikan dengan jarak panjang lengan (Arends & Berenschot, 1980:21), pada motor bakar gaya adalah daya motor sedangkan panjang lengan adalah panjang langkah torak. Torsi dapat diperoleh dari hasil kali antara gaya dengan jarak.

$$(T=Fxr).....(2.6)$$

Dengan:

$T$  = Torsi (N.m)

$F$  = gaya penyeimbang yang diberikan (N)

$r$  = jarak lengan torsi (mm)

Daya motor merupakan salah satu parameter dalam menentukan performa motor. Pengertian dari daya itu adalah besarnya kerja motor selama kurun waktu tertentu. (Arends&Berenschot 1980: 18)

Untuk menghitung besarnya daya motor 4 langkah digunakan rumus:

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

Dengan:

P = Daya (kW)

N = Putaran Mesin (rpm)

T = Torsi (Nm)

(Winarno, 2001)

### **2.2.9. Konsumsi bahan bakar spesifik (spc/ *spesifik fuel consumption*)**

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

$$SFC = \frac{Mf}{p} (kg/kwh) \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan:

SFC = konsumsi bahan bakar spesifik (kg/kwh)

Mf = konsumsi bahan bakar (kg/jam)

B = volume buret yang dipakai dalam pengujian (cc)

Tt = waktu yang diperlukan kosongan bured dalam detik (s)

$\rho_{bb}$  = massa jenis bahan bakar (kg/l)