

## BAB II

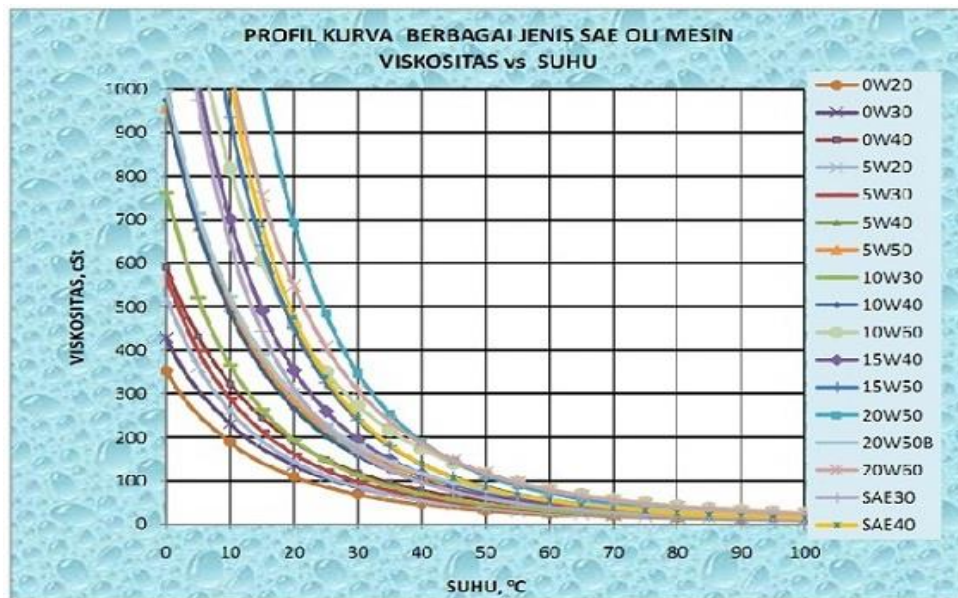
### KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1. Kajian 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.

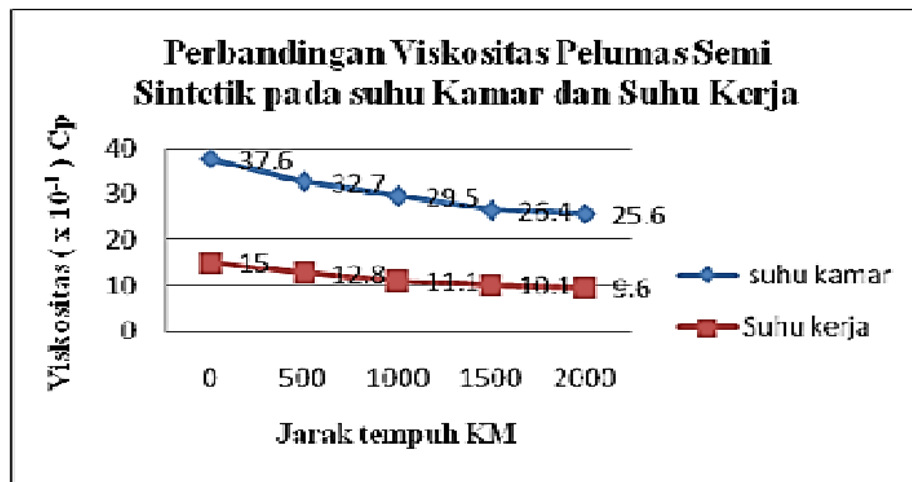
##### 2.1.1. Pengaruh umur pakai terhadap viskositas dan konduktivitas thermal.

Viskositas (kekentalan) berasal dari perkataan *Viscous* (Soedoyo, 1986). Suatu bahan apabila dipanaskan sebelum menjadi cair terlebih dulu menjadi *viscous* yaitu menjadi lunak dan dapat mengalir pelan-pelan. Viskositas dapat dianggap sebagai gerakan di bagian dalam (internal) suatu fluida (Sears & Zemansky, 1982).



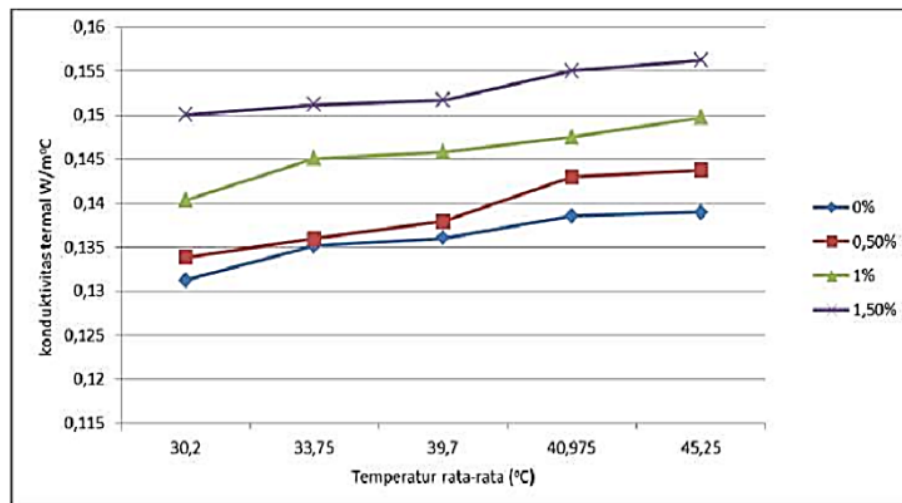
Gambar 2.1. Kurva Viskositas Oli Mesin terhadap Suhu (M Fuad, 2011).

**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).



**Gambar 2.2.** Grafik perbandingan viskositas pelumas semi sintetik pada suhu kamar dan kerja (Arisandi dkk, 2012)

Menurut (Arisandi dkk, 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 2.3.** Grafik hubungan antara temperatur dan fraksi volume terhadap konduktivitas termal (Irwansyah dan Kamal, 2012)

**Gambar 2.3.** menunjukkan 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. (Irwansyah dan Kamal, 2012).

## 2.2. Landasan Teori

### 2.2.1. Perawatan mesin

#### 2.2.1.1. Pengertian Pemeliharaan (*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 *preventif*. Laboratorium merekomendasikan bahwa sampel mesin pelumas diambil pada interval yang dijadwalkan untuk menentukan kondisi pelumas film yang sangat penting untuk operasi mesin-kendaraan. Biasanya 10 analisa dilakukan pada sampel minyak pelumas:

- a. Viskositas ini adalah salah satu sifat yang paling penting dari minyak pelumas. Viskositas sebenarnya sampel minyak dibandingkan dengan sampel yang tidak terpakai untuk menentukan penipisan atau penebalan sampel selama penggunaan. Berlebihan viskositas rendah akan mengurangi kekuatan film minyak, melemahnya kemampuannya untuk mencegah (gesekan antar komponen). Apabila viskositas terlalu 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 pelumasna sistem. Banyak aditif sekarang digunakan dalam merumuskan pelumas mengandung unsur-unsur yang sama yang digunakan dalam pendingin aditif. Oleh karena

itu, laboratorium harus memiliki analisis yang akurat minyak baru untuk perbandingan.

- c. Pengenceran karena BBM menyebabkan minyak dalam mesin melemahkan kekuatan film minyak, kemampuan penyegelan, dan 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 untuk 5 persen.
- d. Padatan konten ini adalah tes umum. Semua bahan padat dalam minyak diukur sebagai persentase volume sampel atau berat, adanya padatan dalam sistem pelumas dapat secara signifikan meningkatkan keausan pada bagian dilumasi. Setiap kenaikan tak terduga dalam padatan dilaporkan adalah memprihatinkan.
- e. Jelaga BBM, ialah indikator penting yang digunakan untuk menganalisa minyak pelumas pada pembakaran mesin, jelaga bahan bakar selalu hadir untuk beberapa tingkat. Jelaga adalah sisa hasil proses pembakaran. Kebanyakan tes untuk jelaga bahan bakar dilakukan dengan analisis inframerah.
- f. Oksidasi, pelumas oksidasi minyak dapat menyebabkan deposito lacquer, korosi logam, atau penebalan minyak. Kebanyakan pelumas mengandung *inhibitor* oksidasi. Namun, ketika aditif yang digunakan, oksidasi minyak itu sendiri dimulai. Jumlah oksidasi dalam sampel minyak diukur dengan analisis inframerah diferensial.
- g. Nitrase, bahan bakar pembakaran di mesin hasil dari nitrase. Produk yang terbentuk sangat asam dan dapat meninggalkan deposito di daerah pembakaran. Nitrase akan mempercepat oksidasi minyak. Inframerah analisis digunakan untuk mendeteksi dan mengukur produk nitrase.
- 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. analisis rutin pada interval tertentu penting untuk evaluasi ini.

- 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 tinggi-sulfur.

- j. Kandungan Partikel

Tes penghitungan partikel yang penting untuk mengantisipasi sistem potensial atau masalah mesin. Hal ini terutama berlaku dalam sistem hidrolis. Analisis penghitungan partikel menjadi bagian dari analisis minyak pelumas yang normal berbeda dari analisis memakai partikel. Dalam tes ini, jumlah partikel yang tinggi mengindikasikan mesin yang mungkin memakai normal atau mungkin terjadi sebagai akibat dari lubang sementara atau permanen diblokir. Tidak ada upaya untuk menentukan pola pemakaian ukuran. (Moblely, 2008)

## **2.2.2. Oli (*Pelumas*)**

### **2.2.2.1. Pengertian Oli**

Oli adalah zat yang dipakai dalam pemeliharaan mesin untuk melumasi mesin kendaraan bermotor (mobil dan motor), kendaraan diesel, mesin industry, 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 pengenal oli adalah SAE (*Society of Automotive Engineers*), suatu asosiasi yang mengatur standarisasi di berbagai bidang seperti bidang desain teknik, manufaktur, dll. Parameter ini biasanya sudah tercantum pada masing-masing kemasan oli dengan kode SAE, Angka yang mengikuti di belakangnya, menunjukkan tingkat kekentalan oli tersebut. SAE 40 atau SAE 10W-50, semakin besar angka yang mengikuti kode oli menandakan semakin kentalnya oli tersebut. Sedangkan huruf W (*Winter*). SAE 10W-50, berarti pelumas tersebut memiliki tingkat kekentalan SAE 10 untuk kondisi suhu dingin dan SAE 50 pada kondisi suhu panas (Wijaya dan R. Indra, dalam Nugroho dan Sunarno, 2012).

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

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

#### 2.2.2.2. Jenis-Jenis Oli

Oli dibedakan menjadi dua jenis, adapun jenis-jenis oli sebagai berikut :

##### a. Pelumas Mineral

Menurut (Wiranto, 1988) seperti telah disinggung minyak pelumas yang diperoleh dari hasil pengolahan bahan tambang atau bahan mineral disebut dengan minyak mineral. Tetapi karena minyak bumi saja yang ekonomis di dalam pengolahannya maka istilah minyak mineral adalah identik dengan minyak pelumas yang berasal dari pengolahan minyak bumi. Minyak mineral merupakan minyak yang paling banyak digunakan sebagai bahan minyak pelumas. Kemampuan dan kelebihan itu dapat disebutkan sebagai berikut:

- a. 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.
- b. Suhu kemampuan operasinya cukup lebar untuk dapat melayani penggunaan di dalam industri maupun otomotif atau kendaraan.
- c. Sifat sifat kimia dan fisiknya mudah dikontrol oleh pabrik maupun oleh instansi yang berwenang.
- d. Bahan tidak beracun.
- e. Sudah dicampur dengan bahan-bahan kimia lain seperti bahan apa yang dikenal dengan nama aditif, dengan maksud untuk meningkatkan kemampuan untuk kerjanya.
- f. Tidak merusak sekat (*seal*)
- g. 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. Apabila ditinjau asal usul dari minyak bumi,



sampai saat ini belum jelas, tetapi menurut suatu teori yang dapat diterima oleh semua pihak menyatakan bahwa bahan-bahan organik itu berasal dari tanaman yang berada di darat maupun di laut yang terjebak dan terjepit oleh lapisan batuan. Dengan perlahan-lahan tumbuhan yang terjebak tersebut mengalami perubahan selama jutaan tahun, yang akhirnya berubah bentuk menjadi minyak bumi mentah biasanya disebut minyak mentah saja (*crude oil*) seperti sekarang yang kita jumpai.

b. Pelumas Sintetis

Oli Sintetis biasanya terdiri atas *Polyalphaolifins* yang datang dari bagian terbersih dari pemilahan dari oli mineral, yakni gas. Senyawa ini kemudian dicampur dengan oli mineral. Inilah mengapa oli sintetis bisa dicampur dengan oli mineral dan sebaliknya. Basis yang paling stabil adalah *polyol-ester*, yang paling sedikit bereaksi bila dicampur dengan bahan lain. Oli sintetis cenderung tidak mengandung bahan karbon reaktif, senyawa yang sangat tidak bagus untuk oli karena cenderung bergabung dengan oksigen sehingga menghasilkan acid (asam). Pada dasarnya, oli sintetis didesain untuk menghasilkan kinerja yang lebih efektif dibandingkan dengan oli mineral.

**2.2.2.3. Beberapa Sifat Penting Minyak Pelumas**

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

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 temperatur 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 membedakanya, 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 temperatur kerja.
3. Titik Tuang pada temperatur tertentu, yang disebut titik tuang, minyak pelumas akan membentuk jaringan Kristal yang menyebabkan minyak itu sukar mengalir. Karena 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

bersatuan. 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).

#### 2.2.2.4. Fungsi Oli

Jenis oli yang digunakan pada mesin khususnya pada motor atau mobil harus memiliki sifat sebagai berikut :

a. Memperkecil koefisien gesek

Salah satu fungsi minyak 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 atau kontak langsung diantara dua benda yang bergesekan.

b. Pendingin (*Cooling*)

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

c. Pembersih (*Cleaning*)

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

d. Perapat (*Sealing*)

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

e. 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.

f. Pencegahan Korosi

Peranan pelumas dalam mencegah korosi, pertama saat mesin idle, pelumas berfungsi sebagai preservative. Pada saat mesin bekerja pelumas melapisi bagian mesin dengan lapisan pelindung yang mengandung aditif untuk menetralkan bahan korosif (Arisandi, M, 2012).

### 2.2.3. Viskositas

#### 2.2.2.1. 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 memiliki ketahanan dari tekanan dan oleh karena itu disebut kental, tetapi fluida yang tidak memiliki ketahanan tekanan dan tegangan disebut fluide ideal.

#### **2.2.2.2. Faktor – faktor yang Mempengaruhi Viskositas**

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi viskositas, antara lain: (Bird, 1987)

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 akan naik dengan turunnya 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. Adanya 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.

### 2.2.2.3. Viskositas Pelumas

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

1. Kekentalan Dinamik atau Absolute 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*.

## 2. 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.

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

Centistoke adalah unit yang paling sering dikutip oleh pemasok pelumas dan pengguna. Dalam prakteknya, perbedaan antara viskositas kinematik dan dinamis penting untuk minyak pelumas, karena kepadatan mereka pada suhu operasi biasanya terletak antara 0,8 dan 1,2. Namun, untuk beberapa sintesis 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.

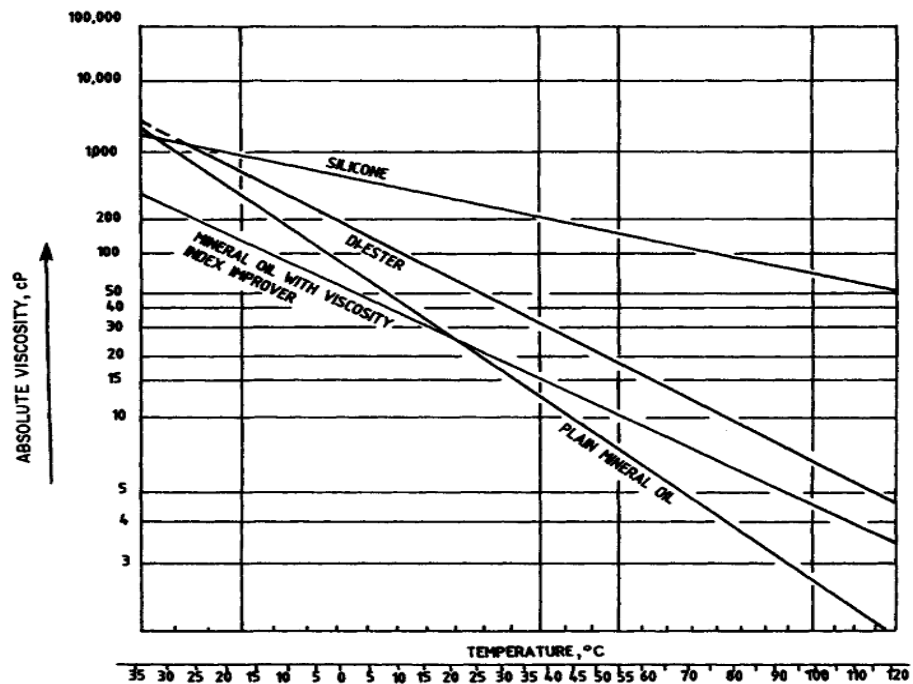
Beberapa ciri viskositas yang berkisar pada suhu operasi ditunjukkan pada **Tabel 2.1**. Variasi viskositas minyak dengan suhu akan sangat penting dalam beberapa sistem, dimana suhu operasi baik bervariasi ataupun tidak bervariasi sangat berbeda dengan suhu acuan viskositas minyak. setiap penurunan viskositas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

Tabel 2.1 *Typical operating viscosity range*

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

Tabel 2.1. 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-suhu minyak pada skala tinggi dibandingkan dengan dua minyak standar.



Gambar 2.5. Indek Viskositas



Salah satunya minyak standar memiliki 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 :

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

Dimana U = viskositas sampel di centistokes di 40°C, L = viskositas di centistokes 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 di atas, tetapi penerapan definisi pada nilai tinggi seperti diragukan. Indeks viskositas minyak dapat ditingkatkan dengan melarutkan di dalamnya kuantitas (kadang-kadang setinggi 20 persen) dari polimer yang cocok, disebut viscositas indeks perbaiki. SAE adalah Peringkat skala viskositas yang sangat luas digunakan dan direproduksi pada **Tabel 2.2**.

**Tabel 2.2. SAE Oil Ratings**

SAE no.	Maximum viscosity at -18°C, cP	Viscosity at 100°C, cSt	
		Minimum	Maximum
<b>Engine oils</b>			
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
<b>Gear oils</b>			
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.

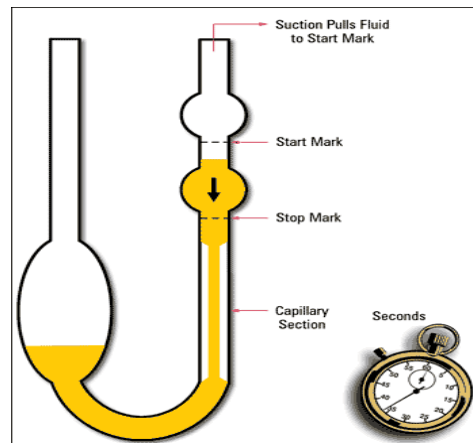
#### 2.2.2.4. Pengukuran Viskositas

Viskometer alat yang dipergunakan untuk mengukur viskositas atau kekentalan suatu larutan. Kebanyakan viskometer 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).

Ada beberapa viskometer yang sering digunakan untuk menentukan viskositas suatu larutan, yaitu:

##### a. Viskometer Ostwald

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



**Gambar 2.6.** Viskometer Oswald

Didalam percobaan diukur waktu aliran untuk volume  $V$  (antara tanda a dan b) melalui pipa kapiler yang vertical. Jumlah tekanan ( $P$ ) dalam hukum Poiseuille adalah perbedaan tekanan antara kedua permukaan cairan, dan berbanding lurus dengan berat jenis cairan ( $\rho$ ). Dalam praktek  $R$  dan  $L$  sukar diukur secara teliti dalam persamaan Poiseuille. Karenanya viskositas cairan ditetapkan dengan cara membandingkan dengan cairan yang mempunyai viskositas tertentu, misalnya air.

Cara penggunaannya adalah:

1. Menggunakan viskometer yang sudah bersih.
2. Pipetkan 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.

## b. Viskometer Hoppler

Pada viskometer ini yang diukur adalah waktu yang dibutuhkan oleh sebuah bola logam untuk melewati cairan setinggi tertentu. Suatu benda karena adanya gravitasi akan jatuh melalui medium yang berviskositas (seperti cairan misalnya), dengan kecepatan yang semakin besar sampai mencapai kecepatan maksimum. Kecepatan maksimum akan tercapai bila gravitasi sama dengan *frictional resistance medium*.



**Gambar 2.7.** 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.

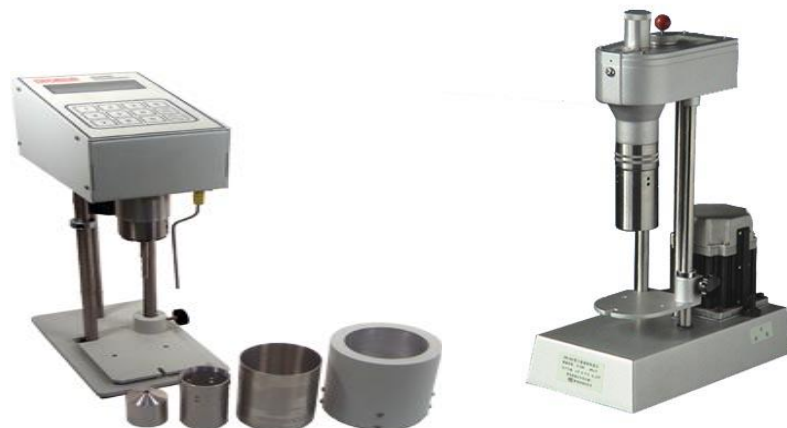
Prosedur penggunaannya adalah:

1. Ukur diameter bola.
2. Timbang massa bola.
3. Ukur panjang tabung viskometer dari batas atas sampai 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 temperature lain dan cairan yang lain.

### c. 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. Kelemahan viskometer ini adalah terjadinya aliran sumbat yang disebabkan geseran yang tinggi disepanjang keliling bagian *tubes* hingga menyebabkan penurunan konsentrasi. Penurunan konsentrasi ini menyebabkan bagian tengah zat yang ditekan keluar memadat. Hal ini disebut aliran sumbat.



**Gambar 2.8.** Viskometer Cup dan Bob.

### d. Viskometer Cone/ Plate

Viskometer *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 and plate* memberikan presisi yang diperlukan untuk pengembangan data rheologi lengkap.

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

- a. Dipakai pada *cone* dan *plate*.
- b. Ukuran sample.
- c. Waktu yang dibutuhkan untuk memungkinkan sampel untuk menstabilkan pada pelat sebelum terbaca.
- d. Kebersihan kerucut dan plat.
- e. Jenis bahan, tinggi atau rendah viskositas, ukuran partikel.
- f. Tipe *cone*, *cone* rentang yang lebih rendah memberikan akurasi yang lebih tinggi.
- g. Shear rate ditempatkan untuk sampel.



**Gambar 2.9.** Viskometer Cone dan Plate

Cara pemakaiannya adalah sampel ditempatkan ditengah-tengah papan, kemudian dinaikkan hingga posisi dibawah kerucut. Kerucut digerakkan oleh motor dengan berbagai macam kecepatan dan sampelnya digeser didalam ruang sempit antara papan yang diam kemudian kerucut berputar (Martin, 1993).

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

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.

#### Catatan:

- a. *Spindle* harus berputar minimum 5 putaran sebelum pengukuran diambil.
- b. Penggunaan *standard* pada rentang 5 cP s.d 5.000 cP dianjurkan untuk *instrument cone/plate*. Jangan gunakan *viscosity standard* diatas 5.000 cP.

Toleransi dari viskometer Brookfield adalah 1% dari *Full Scale Range (FSR)*. *FSR* adalah nilai maksimum yang mampu diukur oleh alat dengan kombinasi *setting spindle* dan kecepatan putar *spindle* yang kita tetapkan. Sedangkan toleransi dari cairan standar adalah 1% dari nilai viskositas cairan yang bersangkutan.

## 2.2.4. Konduktivitas Termal

### 2.2.3.1. Pengertian Perpindahan Kalor

Perpindahan panas merupakan ilmu untuk meramalkan perpindahan energy 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)

#### **2.2.3.2. 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)

#### **2.2.3.3. Pengertian Konduktivitas Termal**

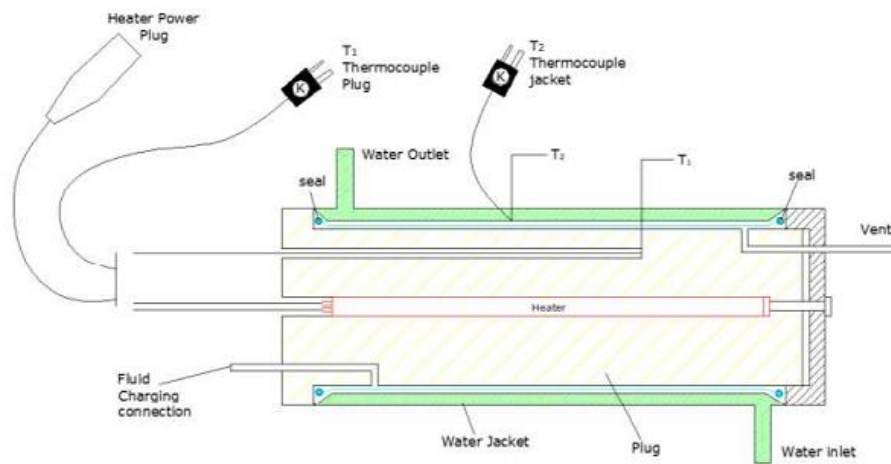
Termal konduktivitas adalah proses untuk memindahkan energi dari bagian yang panas ke bagian yang dingin dari substansi oleh interaksi *molecular*. Dalam fluida, pertukaran energi utamanya dengan tabrakan langsung. Pada solid, mekanisme utama adalah *vibrasi molecular*. Konduktor listrik yang baik juga merupakan konduktor panas yang baik pula. (Holman, 1993)

#### **2.2.3.4. Pengukuran Konduktivitas Termal.**

Pengukuran konduktivitas dapat dilakukan dengan metode *steady state cylindrical cell*. Dasar dari pengukuran konduktivitas termal efektif ini berdasarkan pada pengesetan perbedaan temperature dari sampel fluida yang ada di dalam sebuah ruang sempit berbentuk annular (*radial clearance*). Sampel fluida yang konduktivitas thermal 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.** Gambar 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. (Irwansyah, 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

$$\Delta t = T1 - T2 \dots \dots \dots (2.3)$$

## 3. Conduction Heat Transfer Rate

$$Q_c = Q_e - Q_i \dots \dots \dots (2.5)$$

## 4. Thermal Conductivity

$$K_{\text{fluida}} = \frac{Q_c \cdot \Delta r}{A \cdot \Delta t} \dots \dots \dots (2.6)$$

$\Delta r$  = Radial clearance, jarak antara *plug* dan *jacket* sebesar 0.34

A = Luas efektif antara *plug* dan *jacket* sebesar 0.0133

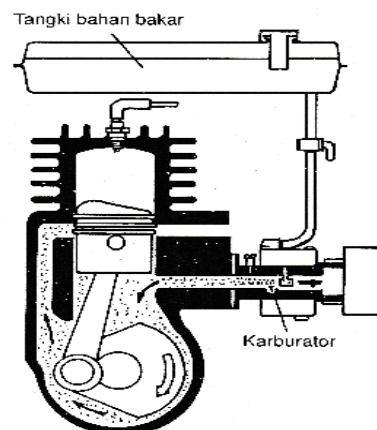
### 2.2.5. Sistem Pelumasan

Menurut (Daryanto, 2004) ada tiga macam system pelumasan. Berikut adalah macam-macam sistem pelumasan:

#### 2.2.5.1. Sistem pelumasan bentuk kabut

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

- a. Mesin pemotong rumput
- b. Sepeda motor,
- c. Kapal boat,
- d. Generator dan kompresor.



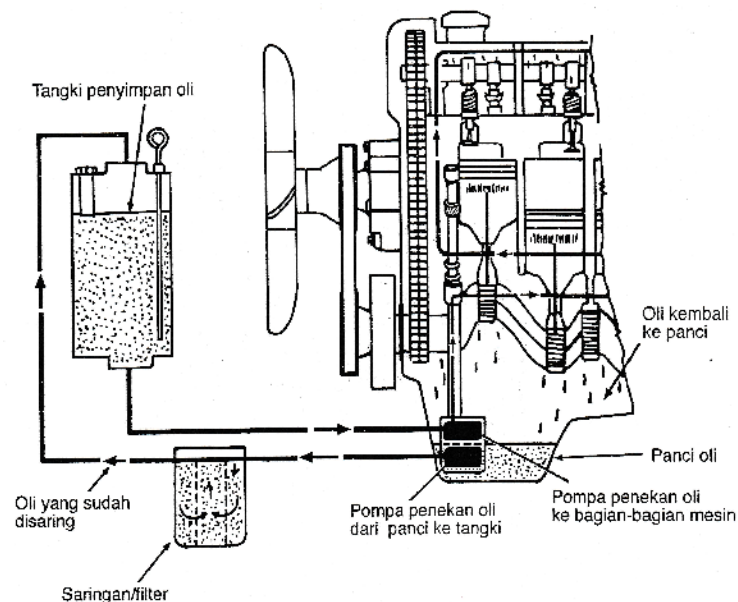
**Gambar 2.11.** Pelumasan campur bahan bakar

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 pelumasan kering jarang digunakan pada kendaraan bermotor, walaupun beberapa truk berat menggunakannya. Pelumasan kering banyak digunakan pada:

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

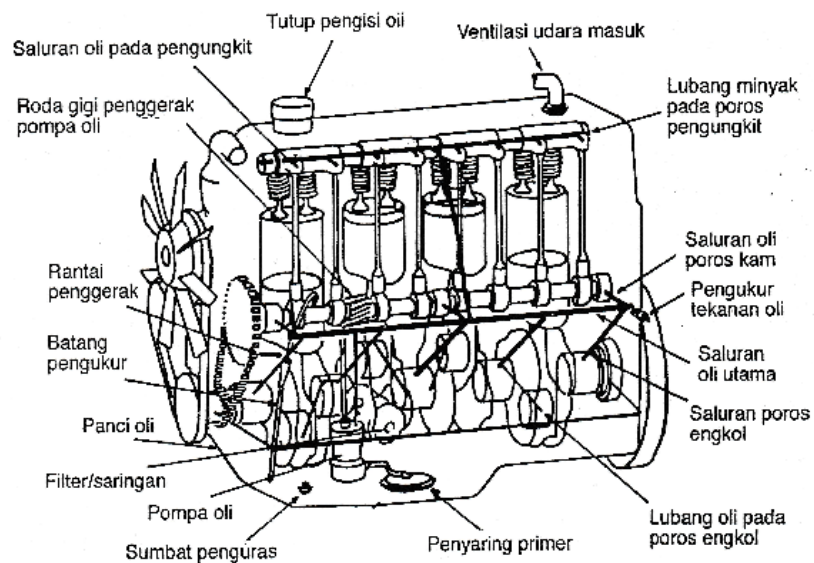


**Gambar 2.12.** Sistem pelumasan tipe kering

Oli pelumas ditempatkan pada tangki atau tempat pelumas di luar mesin. Pelumas dialirkan dengan tekanan pompa diedarkan 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 diedarkan seperti tadi.

### 2.2.5.3. Sistem Pelumasan Basah

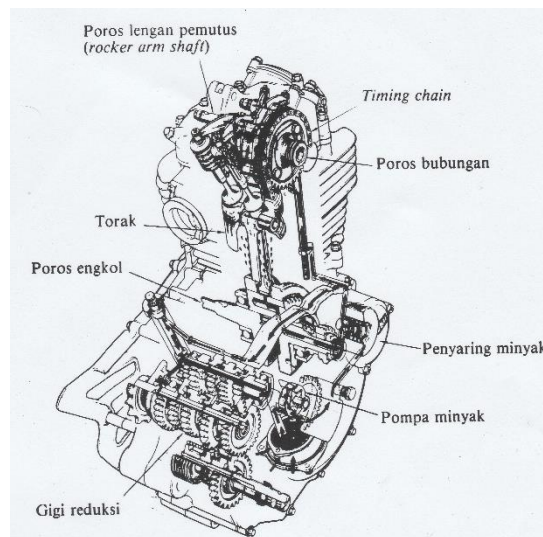
Sistem ini lazim digunakan pada motor mobil yang modern. Oli pelumas ditempatkan pada tempat oli atau penyaring yang dipasang di bagian dasar atau posisi paling bawah dari ruang mesin penggerak (poros engkol). Pelumas dialirkan kebagian mesin yang bergerali dengan kombinasi dari pemancaran penyemprotan 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 torakterdapat 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 (Daryanto, 2004)

#### 2.2.5.4. Sistem Pelumasan Motor 4 Langkah

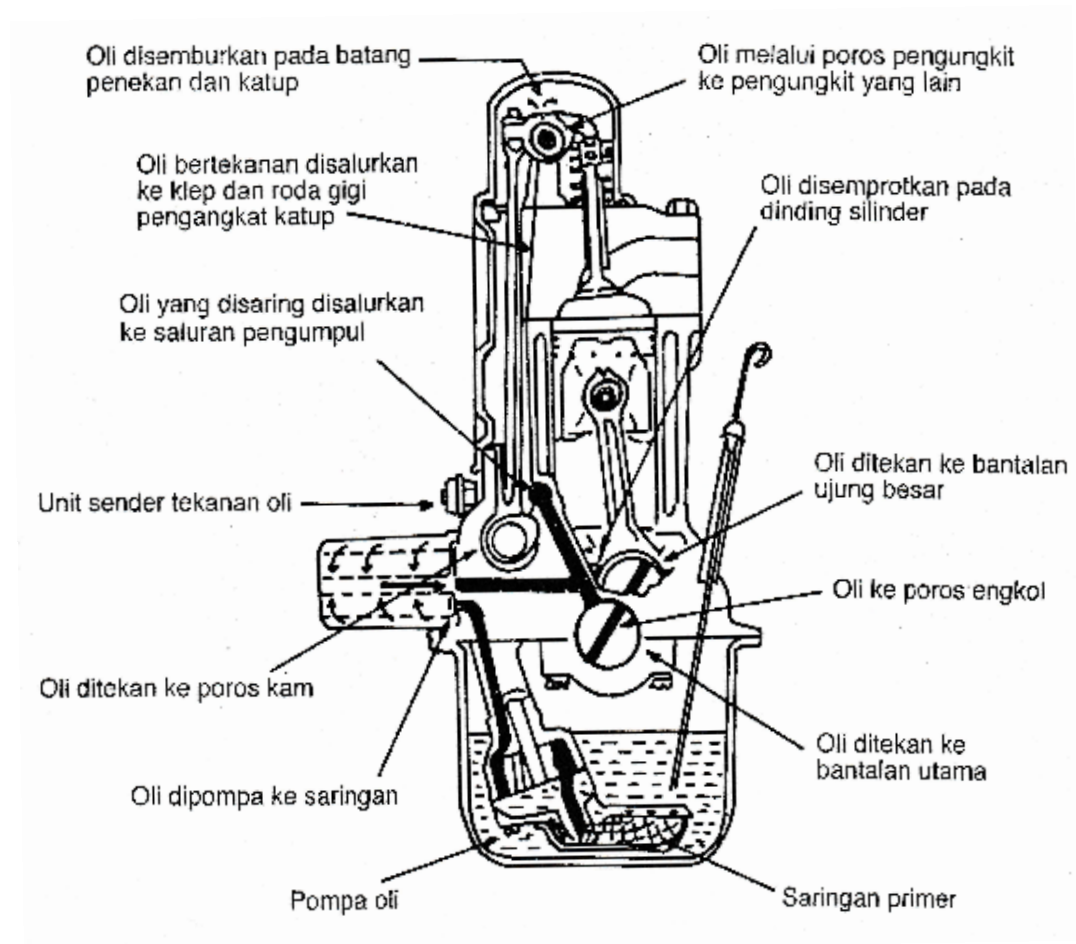
Menurut Daryanto, Minyak motor di simpan di tempat di bak minyak di rumah poros engkol dan mengalirnya ke bagian yang berputar di motor dengan menggunakan pompa minyak. Saluran dan sistem pengaliran minyaknya pada motor yang satu tidak sama dengan motor yang lain tetapi umumnya seperti terlihat pada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



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

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

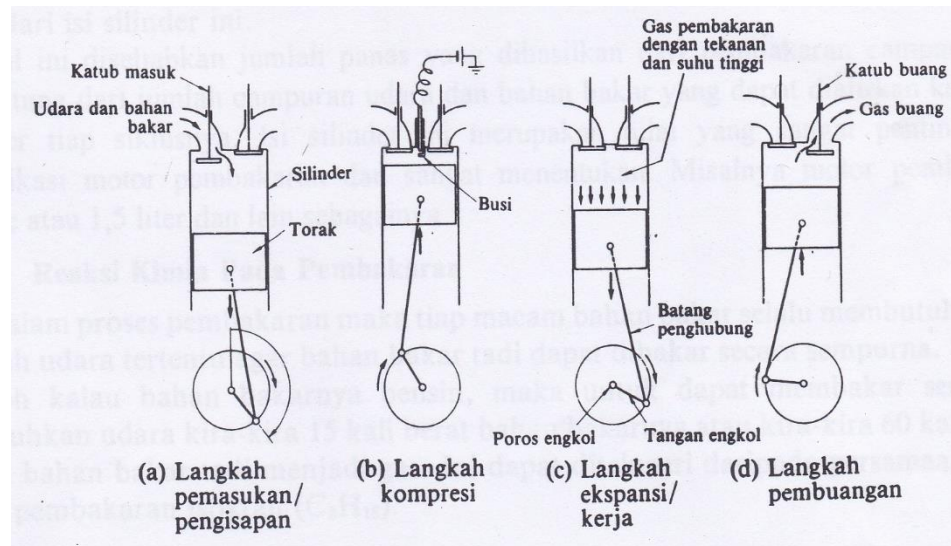
Panci oli adalah reservoir untuk oli pelumasan. Isinya diukur dengan jumlah oli dengan bantuan tongkat pengukur pada bagian samping mesin dan harus mencukupi pada saringan pick up yang di bawah kondisi pengoperasian secara normal.



**Gambar 2.15.** Sistem pelumasan

### 2.2.5.5. Kerja Mesin 4 Langkah

Menurut (Daryanto, 2004) Skema kerja mesin 4-langkah.



**Gambar 2.16.** Cara kerja motor 4-langkah (Daryanto, 2004)

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 listerik yang dihasilkan oleh busi dengan dua ujung electrodenya. Percikan api listerik 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 berkurang. 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.

## **2.2.6. Dynamometer**

Dynamometer atau dyno test, adalah sebuah alat yang juga digunakan untuk mengukur putaran mesin/RPM dan torsi dimana tenaga/daya yang dihasilkan dari suatu mesin atau alat yang berputar dapat dihitung.

### **2.2.4.1. Jenis *Dynamometer***

*Dynamometer* dapat dibagi dalam dua jenis yang pertama adalah yang memalang langsung terhadap mesin, dikenal dengan nama Dynamometer Mesin- *engine dyno*, dan sebuah *dyno* yang dapat mengukur daya dan torsi tanpa memindahkan mesin kendaraan dari rangka kendaraan, dan dikenal sebagai sebuah Dynamometer rangka – *chassis dyno*.

#### **a. *Dinamometer Mesin (engine dynamometer)***

Dinamometer Mesin atau engine dyno digunakan untuk mengetahui besar jumlah tenaga atau daya yang dikeluarkan oleh suatu mesin. Dalam prakteknya, dynamometer mesin mengukur tenaga sebenarnya yang dari mesin kendaraan bermotor. Dynamometer Mesin memberikan data yang terbaca dalam satuan daya kuda atau horsepower. Satuan ini dinotasikan dengan dua huruf yaitu, dk.

#### **b. *Dinamometer rangka (chasis dynamometer)***

Dinamometer rangka/sasis adalah suatu alat uji otomotif yang digunakan untuk mengukur daya sebenarnya yang diberikan motor kepada roda–roda penggerak.



### 2.2.7. 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.

$$(T = F \times r) \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

$$T = \text{Torsi (N.m)}$$

$$F = \text{gaya penyeimbang yang diberikan (N)}$$

$$r = \text{jarak lengan torsi (mm)}$$

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:

$$P = \frac{2\pi.n.T}{60000} (kW) \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana:

$$P = \text{Daya (kW)}$$

$$N = \text{Putaran Mesin (rpm)}$$

$$T = \text{Torsi (Nm)}$$

(Winarno, 2001)

### 2.2.8. Konsumsi Bahan Bakar

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

$$SFC = \frac{M_f}{p} \text{ (kg/kwh)} \dots\dots\dots(2.9)$$

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)