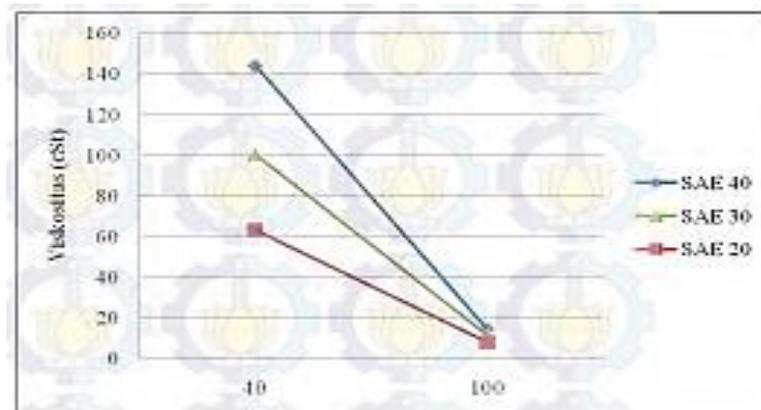


BAB II DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pusaka

Nugroho dan Sunarno, (2012) melakukan penelitian terhadap oli Mesran dengan berbagai macam SAE, yaitu SAE 20, SAE 30 dan SAE 40 dengan bertujuan untuk mengetahui karakteristik oli mesin kendaraan bermotor dengan menggunakan laser Helium - Neon sebagai sumber cahayanya.



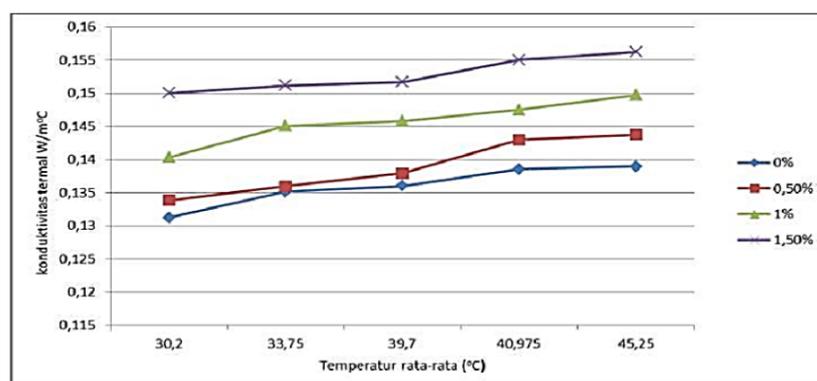
Gambar 2.1 Grafik Viskositas terhadap temperatur

Menurut (Effendi, Adawiyah, 2014) Rata-rata perubahan kekentalan pelumas pada temperature 70oC pelumas merek SGO SAE 20w-50 18.58, pelumas merek AHM Oil MPX1 SAE 10w-30 16.22 Pelumas merek Yamalube SAE 20w-40 17.27, Pelumas merek Shell Helix HX5 SAE 15w-50 19.51, Pelumas merek Castrol Active SAE 20w-50 18.20, Pelumas merek Top One Prostar SAE 20w-40 18.16 dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1. Prosentase Penurunan Kenkentalan pada Temperatur 70⁰C

Merek Pelumas	Pengujian										Rerata
	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%
Yamalube SAE 20w-40	71%	66%	66%	69%	68%	80%	70%	66%	71%	63%	69%
Shell Helix HX5 SAE 15w-50	73%	72%	82%	83%	72%	69%	71%	78%	83%	77%	76%
Castrol Active SAE 20w-50	73%	64%	52%	65%	71%	66%	67%	61%	72%	67%	66%
Top One Prostar SAE 20w-40	85%	66%	69%	77%	76%	68%	77%	69%	67%	74%	73%

Irwansyah 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 yaitu pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Grafik hubungan antara temperatur dan fraksi volume terhadap konduktivitas termal

Grafik diatas 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.

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).

Perawatan rutin terhadap sepeda motor harus dilakukan, sehingga performa kendaraan tetap dalam kondisi prima dan memperpanjang umur pemakaian. Jika sepeda motor digunakan setiap hari dalam perjalanan jauh akan mengakibatkan umur ekonomis sepeda motor akan lebih pendek. Secara umum, konsep perawatan ini meliputi perawatan berkala, pendeteksi kerusakan, dan service kendaraan. Perawatan berkala dilakukan dengan mengacu pada buku manual yang dikeluarkan oleh pabrikan. Sementara itu, pendeteksi kerusakan pada sepeda motor bias dilakukan dengan memperhatikan adanya operasional kendaraan yang tidak normal. Operasional yang tidak normal bisa menjadi parameter untuk mengetahui kerusakan pada

mesin. Jika ketiga hal tersebut rutin dilakukan, umur sepeda motor akan lebih lama.

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

Analisa minyak pelumas telah menjadi bagian penting untuk pemeliharaan preventive. Laboratorium merekomendasikan bahwa sampel mesin pelumas diambil pada interval dijadwalkan untuk menentukan kondisi pelumas film yang sangat penting untuk operasi mesin-kendaraan. Biasanya 10 kali tes dilakukan pada sampel minyak pelumas:

1) Viskositas

Viskositas ini adalah salah satu sifat yang paling penting dari minyak pelumas. Viskositas sampel minyak dibandingkan dengan sampel yang tidak terpakai untuk menentukan penipisan atau penebalan sampel selama penggunaan. Viskositas rendah akan mengurangi kekuatan film minyak, melemahnya kemampuannya untuk mencegah *metal-to-metal contact*. Viskositas tinggi dapat menghambat aliran minyak ke lokasi penting dalam struktur dukungan bantalan, mengurangi kemampuannya untuk melumasi.

2) 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.

3) BBM Dilusi

Pengenceran karena BBM dalam mesin menyebabkan 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.

4) Padatan Konten

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.

5) 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 mesin diesel minyak penting, karena menunjukkan bahan bakar terbakar efisiensi mesin. Kebanyakan tes untuk jelaga bahan bakar dilakukan dengan analisis inframerah.

6) Oksidasi

Pelumas oksidasi minyak dapat menyebabkan deposito endapan, korosi logam, atau penebalan minyak. Kebanyakan pelumas mengandung inhibitor (zat pengganggu) oksidasi. Namun, ketika aditif yang digunakan oksidasi minyak itu sendiri dimulai. Jumlah oksidasi dalam sampel minyak diukur dengan analisis inframerah diferensial.

7) Nitrase

Nitrase bahan bakar pembakaran di mesin hasil dari nitrase. Produk yang terbentuk sangat asam dan dapat meninggalkan deposito di daerah

pembakaran. Nitration akan mempercepat oksidasi minyak. Inframerah Analisis digunakan untuk mendeteksi dan mengukur produk nitration.

8) Total Acid Number

Total Acid Number ini adalah ukuran dari jumlah asam atau kandungan acid 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.

9) Jumlah Total Base

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.

10) Kandungan Partikel

Tes penghitungan partikel yang penting untuk mengantisipasi sistem potensial atau masalah mesin. Hal ini terutama berlaku dalam sistem hidraulik. 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 yang mungkin memakai normal atau bahwa kegagalan mungkin terjadi sebagai akibat dari lubang sementara atau permanen diblokir. Tidak ada upaya dilakukan untuk menentukan pola pakaian 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.

2.2.2.2 Jenis-Jenis Oli

1. Pelumas Mineral

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 disebut antara lain sebagai berikut:

1. 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.
2. Suhu kemampuan operasinya cukup lebar untuk dapat melayani penggunaan di dalam industri maupun otomotif atau kendaraan.
3. Sifat-sifat kimia dan fisiknya mudah dikontrol oleh pabrik maupun oleh instansi yang berwenang.
4. Bahan tidak beracun.
5. Sudah dicampur dengan bahan-bahan kimia lain seperti bahan apa yang dikenal dengan nama aditif, dengan maksud untuk meningkatkan kemampuan unjuk kerjanya.
6. Tidak merusak sekat (*seal*)
7. 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 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*) seperti sekarang yang kita jumpai (Arismunandar,1998).

2. Pelumas sintetik

Sebenarnya sangatlah sulit untuk mendefinisikan minyak pelumas sintesis itu. Biasanya pengertian bahasa sintesis 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. Yang banyak kita jumpai umumnya bahan tiruan atau bahan sintesis itu masih relatif lebih murah daripada banyak diburu atau aslinya. Untuk minyak pelumas tiruan atau minyak pelumas sintesis ini lain maksudnya. Minyak pelumas sintesis ini menggunakan minyak yang sebagian besar merupakan liquid yang tidak langsung produksi dari proses pengilangan. Sifat-sifat dari minyak pelumas sintesis adalah sama dengan minyak pelumas biasa atau konvensional yang berasal dari minyak bumi. Pada kenyataannya yang digunakan atau dinamakan sebagai minyak pelumas sintesis 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 (Arismunandar,1988).

2.2.2.3 Fungsi Pelumas

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 bergesekkan. 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 di saring 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).

2.2.3 Viskositas

2.2.3.1 Pengetian Viskositas

Viskositas adalah ukuran yang menyatakan kekentalan suatu cairan atau fluida (gesekan internal fluida). Gaya viskos melawan gerakan sebagian fluida reatif terhadap gaya yang lain. Viskositas adalah suatu pernyataan “tahanan untuk mengalir” dari suatu sistem yang mendapatkan suatu tekanan. Semakin

kental suatu cairan, semakin besar gaya yang dibutuhkan untuk membuatnya mengalir pada kecepatan tertentu.

2.2.3.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Viskositas

Faktor - faktor yang mempengaruhi viskositas adalah sebagai berikut (Rana, 2015) :

a. Tekanan

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

b. Temperature

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 temperature.

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 alcohol 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

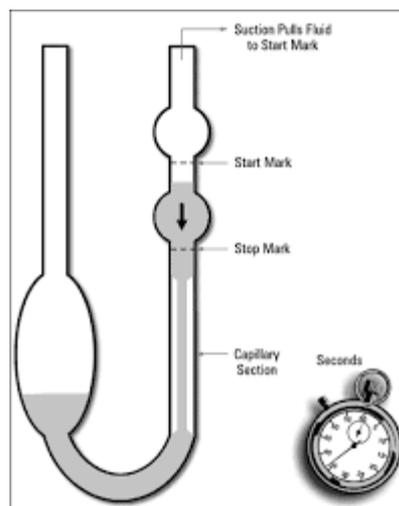
Viskositas berbanding lurus dengan konsentrasi larutan. Suatu larutan dengan konsentrasi tinggi akan memiliki viskositas yang tinggi pula, karena konsentrasi larutan menyatakan banyaknya partikel zat yang terlarut, gesekan antar partikel semakin tinggi dan viskositasnya semakin tinggi pula

2.2.3.3 Alat Ukur Viskositas

Viskometer adalah alat yang digunakan untuk mengetahui viskositas atau kekentalan suatu fluida atau larutan. Kebanyakan viskometer mengukur kecepatan dari suatu cairan mengalir melalui pipa gelas. Ada beberapa macam viscometer yang biasa digunakan antara lain:

1. Viscometer *Kapiler/Ostwald*

Viskositas dari cairan yang ditentukan dengan mengukur waktu yang dibutuhkan bagi cairan tersebut untuk lewat antara dua tanda ketika mengalir karena gravitasi melalui viskometer *ostwald*. Waktu alir dari cairan yang diuji dibandingkan dengan waktu yang dibutuhkan bagi suatu zat yang viskositasnya sudah diketahui (biasanya air) untuk lewat dua tanda tersebut.



Gambar 2.2 Viscometer *Ostwald*

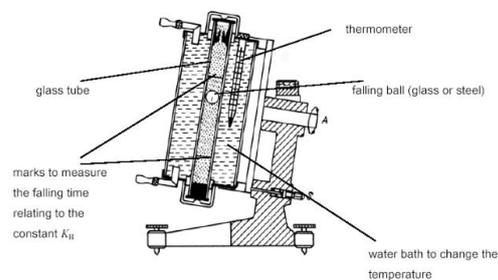
Cara penggunaannya adalah :

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.Usahkan saat melakukan penghitungan kita menggenggam di lengan yang tidak berisi cairan.

2. Viskometer *Hoppler*

Berdasarkan hukum stokes pada kecepatan bola maksimum, terjadi keseimbangan sehingga gaya gesek = gaya berat. Prinsip kerjanya adalah menggelindingkan bola (yang terbuat dari kaca) melalui tabung gelas yang berisi zat cair yang diselidiki. Kecepatan jatuhnya bola merupakan fungsi dari resiprok sampel.



Gambar 2.3 Viskometer *Hoppler*

Prosedur penggunaanya adalah :

1. Ukur diameter bola
2. Timbang massa bola
3. Ukur panjang tabung viscometer dari batas atas - batas bawah
4. Tentukan massa jenis masing- masing cairan
5. Ukur temperature 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.

3. Viskometer *Cup dan Bob*

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



Gambar 2.4 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 pemakaian adalah sampel ditempatkan di tengah-tengah papan, kemudian dinaikkan hingga posisi dibawah kerucut. Kerucut digerakkan oleh motor dengan bermacam kecepatan dan sampelnya digeser di dalam ruang semitransparan yang diam dan kemudian kerucut yang berputar.

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 2.5 Viskometer *Cone dan Plate*

Prosedur Kalibrasi untuk Viskometer *Cone/Plate*

1. Atur jarak antara *cone spindle* dengan *plate* sesuai dengan instruksi 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 sampel 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 viskositas 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 standard adalah 1% dari nilai Viskositas cairan yang bersangkutan.

2.2.3.4 Viskositas Pelumas

Viskositas pelumas didefinisikan dalam dua cara yang berbeda, dan kedua definisi ini sangat banyak digunakan.

- a) Kekentalan Dinamik atau Absolute Viskositas Dinamis
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, akantetapi satuan cgs, Centistoke, lebih luas diterima, dengan 1 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 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.

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.

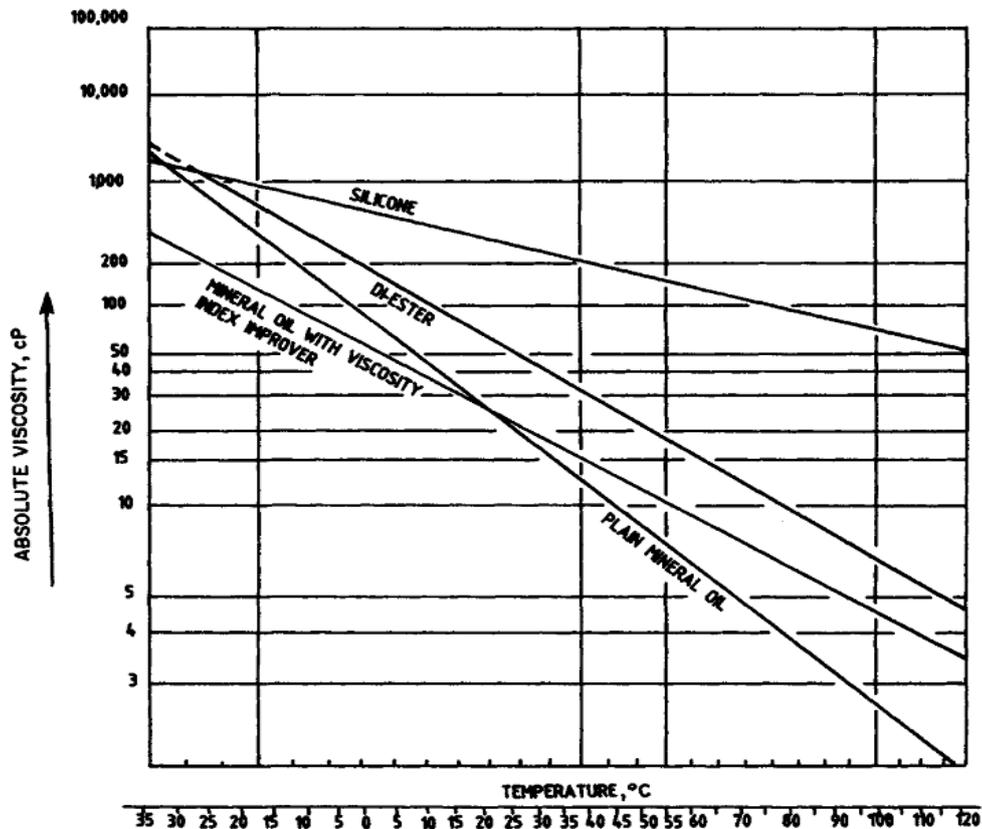
Typical Operating Viscosity Ranges

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 2.6 Suhu operasi viskositas

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. Salah satunya minyak standar memiliki



Gambar 2.7 Indeks Viskositas

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.

SAE adalah Peringkat skala viskositas yang sangat luas digunakan dan direproduksi pada Tabel 20.2. Hal ini dimungkinkan untuk memenuhi minyak lebih dari satu rating. Kriteria indeks viskositas tinggi A minyak mineral dapat memenuhi 20W dan 30 dan kemudian akan disebut 20W / 30 multigrade oil.

Lebih umum, minyak VI ditingkatkan 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 of SAE Oil Ratings

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	

Gambar 2.8 Skala viskitas SAE

Pelumas menghilang, dan minyak 20W/50 pada laju geser yang sangat tinggi dapat berperilaku sebagai minyak tipis dari a 20W, yaitu, sebuah 15W atau bahkan 10W. Dalam prakteknya, ini mungkin tidak penting, karena dalam kecepatan tinggi bantalan viskositas mungkin akan tetap menghasilkan film minyak yang memadai ketebalan.

Secara teoritis indeks viskositas penting hanya di mana suhu yang signifikan variasi berlaku, tetapi sebenarnya ada kecenderungan untuk hanya menggunakan minyak viskositas indeks tinggi dalam pembuatan berkualitas tinggi pelumas. Akibatnya, indeks viskositas tinggi sering dianggap sebagai kriteria kualitas pelumas, bahkan di mana indeks viskositas seperti adalah sedikit atau tidak penting.

Sebelum kita meninggalkan subyek viskositas pelumas, mungkin beberapa unit viskositas usang harus disebutkan. Ini adalah viskositas *Saybolt (SUS) di North Amerika*, *Redwood viscosityin Inggris*, dan *Engler viscosityin benua Eropa*. Ketiga adalah utilitas praktis kecil, tapi sudah sangat luas digunakan, dan usaha keras telah dilakukan dengan standarisasi organisasi untuk bertahun-tahun untuk menggantikan mereka seluruhnya oleh viskositas kinematik (Sigley, 2008).

2.2.4 Konduktivitas Termal

2.2.4.1 Pengertian Konduktivitas Termal

Konduktivitas atau kehantaran termal, adalah suatu besaran intensif bahan yang menunjukkan kemampuannya untuk menghantarkan panas. Panas yang ditransfer dari satu titik ke titik lain melalui salah satu dari tiga metode yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. Konduktivitas termal merupakan laju aliran panas dikali jarak persatuan luas dan perbedaan suhu.

Konduksi termal merupakan suatu fenomena transport dimana perbedaan temperatur menyebabkan transfer energy termal dari satu daerah benda panas ke daerah yang lain dari benda yang sama pada temperatur yang lebih rendah. Panas yang ditransfer dari suatu titik ke titik yang lain melalui salah satu dari tiga metode yaitu:

a. Konduksi

Holman (1993) menyatakan bahwa pada suatu benda terdapat gradient suhu (temperature gradient), maka menurut pengalaman akan terjadi perpindahan energy dari bagian bersuhu tinggi ke bagian bersuhu rendah .

b. Konveksi

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

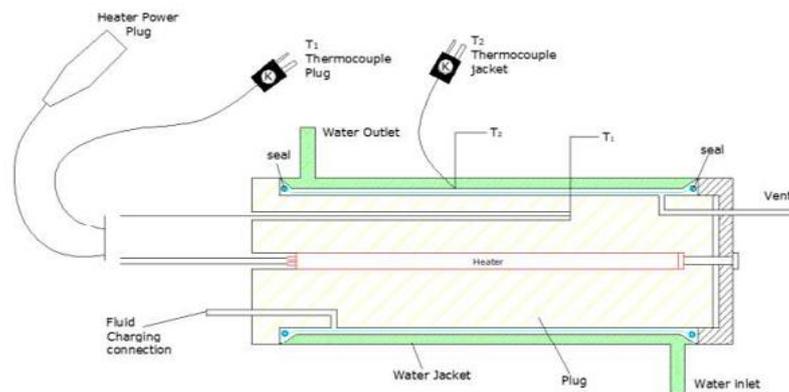
c. Radiasi

Holman (1993) menyatakan bahwa berlainan dengan mekanisme konduksi dan konveksi, di mana perpindahan energy terjadi melalui bahan antara,

kalor juga dapat berpindah melali daerah-daerah hampa. Mekanismenya di sini adalah sinaran atau radiasi elektromagnetik.

2.2.4.2 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 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 aluminium 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 2.9. 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*

$$Q_e = V \cdot I \dots \dots \dots (2.1)$$

2. *Temperature Different*

$$\Delta t = T_1 - T_2 \dots \dots \dots (2.2)$$

3. *Conduction Heat Transfer Rate*

$$Q_c = Q_e - Q_i \dots \dots \dots (2.3)$$

4. *Thermal Conductivity*

$$K_{\text{fluida}} = \frac{Q_c \cdot \Delta r}{A \cdot \Delta t} \dots \dots \dots (2.4)$$

Δr = Radial clearance, jarak antara plug dan jacket sebesar 0.34 mm

A = Luas efektif antara plug dan jacket sebesar 0.0133 m²

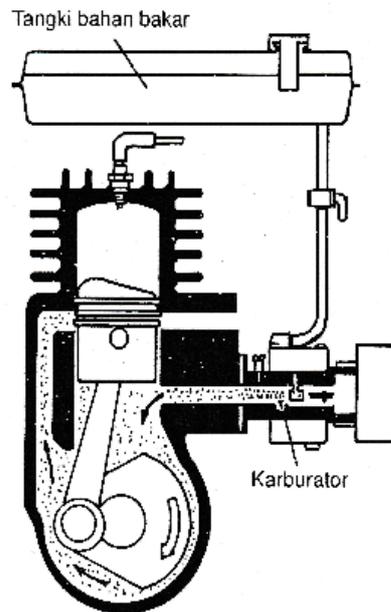
2.2.5 Sistem Pelumasan

Menurut (Daryanto, 2004) ada tiga macam sistem 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,



Gambar 2.10 Pelumasan campur bahan bakar

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

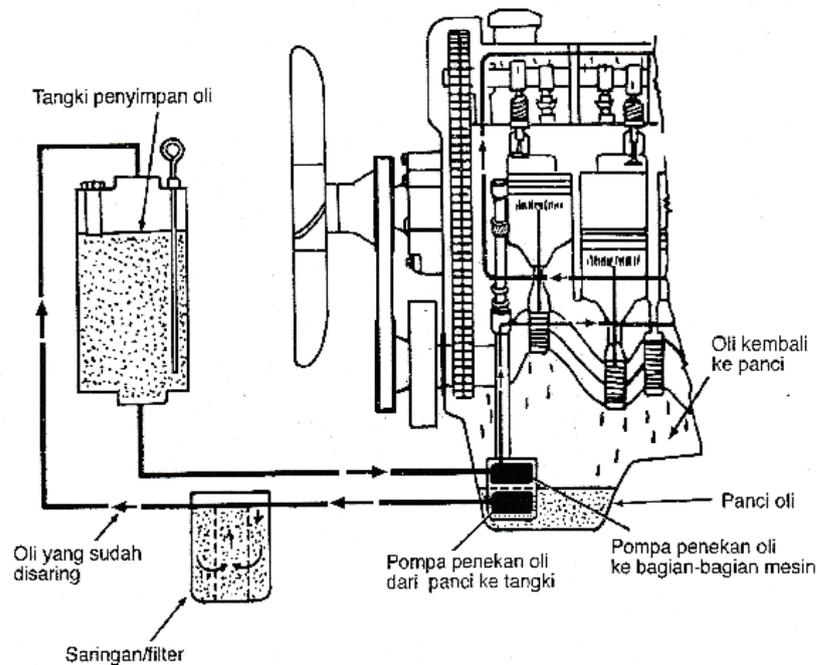
Oli pelumas dicampurkan pada bensin dengan perbandingan tertentu dan dimasukkan ke dalam tangki minyak. Campuran bensin dan oli ini dimasukkan melalui karburator ke dalam ruang pemutar mesin dalam bentuk kabut sehingga oli memberi pelumas kepada mesin-mesin yang berputar akibat pembakaran. Cara lainnya 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:

- a. Sepeda motor,
- b. Traktor penggali tanah, dan

c. Mesin-mesin tak bergerak (stationer), misalnya generator.



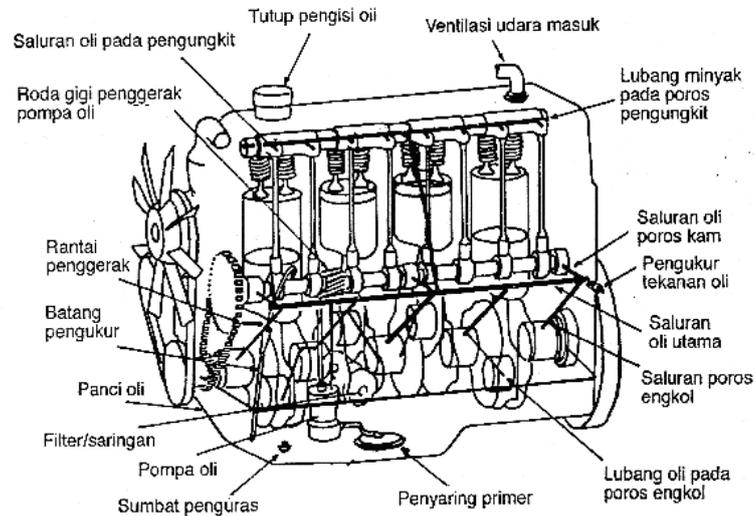
Gambar 2.11 Sistem pelumasan tipe kering

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 serempunya 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 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 bagian mesin di bagian bawah separo ruangan. Kadang-kadang pada ujung besar dari poros batang torak terdapat penggaruk oli yang berfungsi membantu pengambilan

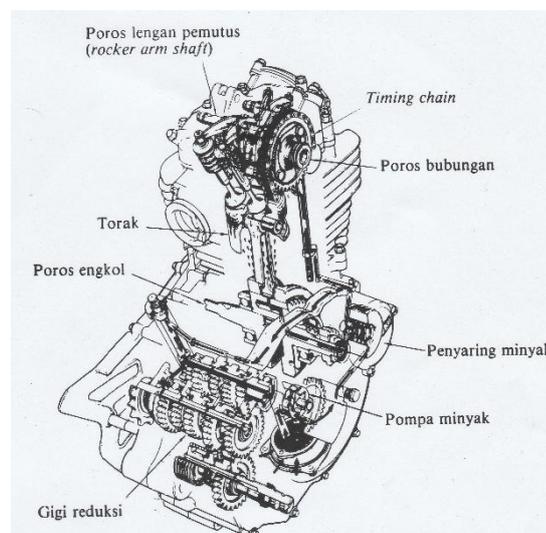
oli. Jika putaran mesin meningkat tinggi maka oli berubah menjadi kabut lembut sehingga bisa masuk ke bagian dalam bawah mesin.



Gambar 2.12 Sistem pelumasan basah

2.2.5.4 Sistem Pelumasan Motor 4 Langkah

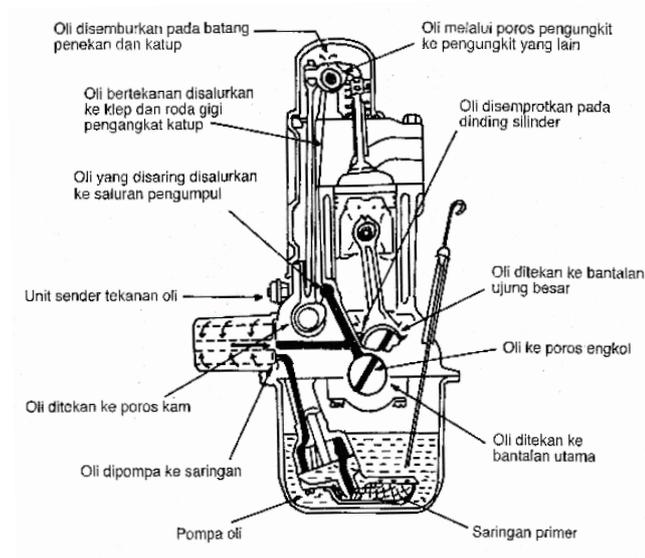
Menurut Daryanto, Minyak motor di simpan di tempat di bak minyak di rumah poros engkol dan mengalirnya ke bagian yang berputar di motor dengan menggunakan pompa minyak. Saluran dan sistem pengaliran minyaknya pada motor yang satu tidak sama dengan motor yang lain tetapi umumnya seperti terlihat pada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



Gambar 2.13 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.

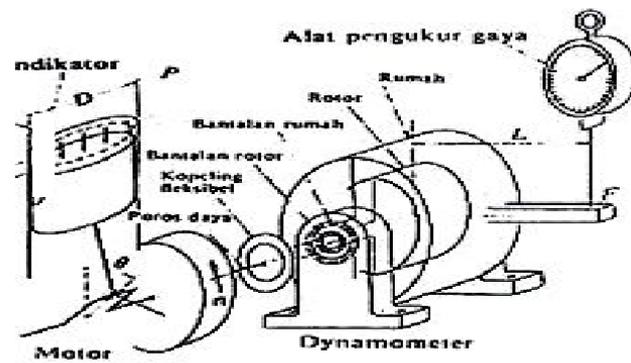


Gambar 2.14 Sistem pelumasan

2.2.6 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 Skema alat uji dynamometer dapat dilihat pada gambar 2.15.



Gambar 2.15. Skema Alat Uji Dynamometer (Purnomo, 2013)