

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

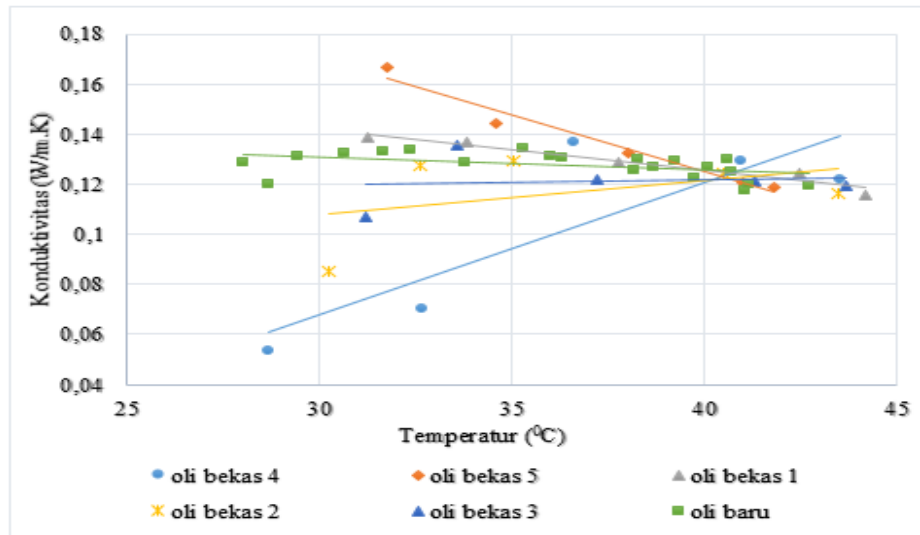
Pada penelitian tentang karakteristik viskositas dan konduktivitas termal tiga produk minyak pelumas beserta pengaruhnya terhadap sepeda motor honda beat PGM FI 110 cc, maka di perlukan jurnal atau kajian pustaka untuk mengetahui metode dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, serta untuk membandingkan hasil penelitian yang telah dilakukan.

Lisunda (2016) analisa karakteristik viskositas dan konduktivitas termal minyak pelumas MPX 2 baru dan MPX 2 bekas serta pengaruhnya terhadap motor Honda Vario 110 cc. Kandungan sampel oli baru masih belum terkontaminasi dari zat sisa hasil kinerja mesin, sehingga menghasilkan tren grafik konduktivitas yang lebih stabil. Sedangkan oli bekas menghasilkan tren grafik yang tidak stabil karena sudah terkontaminasi zat sisa dari kinerja mesin. Banyak faktor yang mempengaruhi hasil pengukuran konduktivitas oli bekas diantaranya kondisi debit air yang tidak stabil saat pengambilan data, pembangkitan energi dari luar dan faktor campuran jelaga (sisa pembakaran pada kendaraan bermotor).

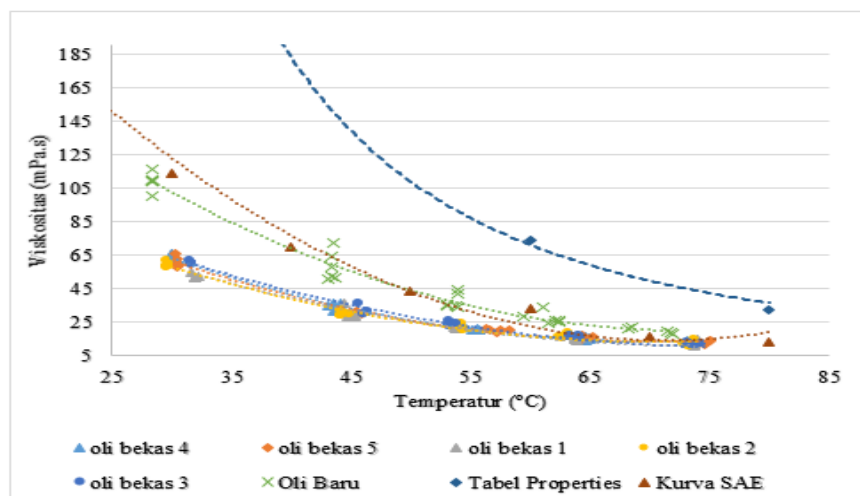
Rahmawan (2016) melakukan analisa tentang pengaruh beberapa minyak pelumas terhadap kinerja motor Suzuki Satria Fu 150 cc. Dari hasil pengujian yang dilakukan penurunan viskositas terlihat setelah naiknya temperatur. Pelumas sintetik memiliki viskositas yang lebih baik dibandingkan dengan pelumas semi sintetik dan mineral. Oli sintesis memiliki perubahan viskositas yang paling rendah yaitu 15,4 mPa.s/°C sedangkan oli semi sintesis 24,2 mPa.s/°C dan oli mineral memiliki perubahan viskositas paling tinggi yaitu 29 mPa.s/°C.

Hardianto (2016) melakukan penelitian tentang minyak pelumas baru dan bekas. Pemenelitiannya bertujuan untuk menganalisa karakteristik viskositas dan konduktivitas termal minyak pelumas MPX 2 baru dan MPX 2 bekas serta pengaruhnya terhadap motor Honda Vario 125 cc. Pada temperatur yang sama viskositas oli baru lebih tinggi dibandingkan dengan viskositas oli bekas. Pada

temperatur ruangan menunjukkan viskositas oli baru berada pada kisaran 110 (mPas) sedangkan viskositas pada oli bekas berada pada kisaran 50-80 (mPas).



**Gambar 2.1** Grafik Konduktivitas Termal (Hardianto, 2016)



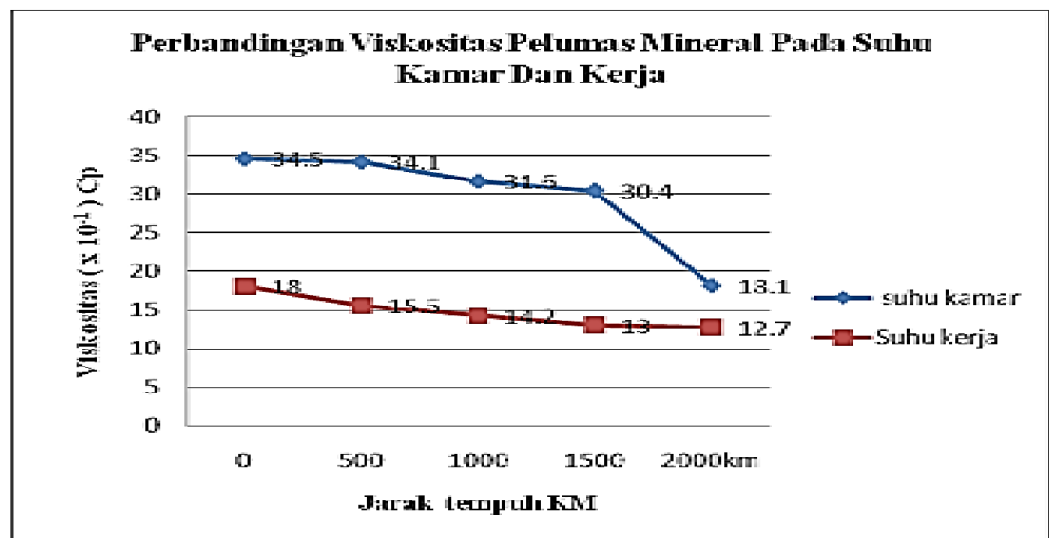
**Gambar 2.2** Grafik Viskositas terhadap temperatur (Hardianto, 2016)

Pada grafik tersebut juga menunjukkan bahwa pada temperatur kerja oli yaitu pada temperatur 40°C-70°C perbandingan oli baru dan oli bekas tidak terlalu jauh. Mulai pada temperatur 55°C viskositas oli baru dan oli bekas menunjukkan selisih yang tidak signifikan. Kemudian pada temperatur 65°C viskositas oli baru dan oli bekas menunjukkan selisih semakin kecil, artinya viskositas oli baru dan oli bekas sudah

mulai terlihat pada titik kestabilannya. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh temperatur pada viskositas.

Wibowo (2016) kajian tentang pengaruh beberapa minyak pelumas terhadap kinerja motor 4 langkah 150 cc. Dari hasil pengujian yang dilakukan penurunan viskositas terlihat setelah naiknya temperatur. Pelumas sintetis memiliki viskositas yang lebih baik dibandingkan dengan pelumas semi sintetis dan mineral. Oli Motul memiliki perubahan viskositas yang paling rendah yaitu 2,22 mPa.s/°C sedangkan oli Yamahalub Sport 2,56 mPa.s/°C dan oli Mesran memiliki perubahan viskositas paling tinggi yaitu 3,47 mPa.s/°C.

Arisandi dkk (2012) melakukan penelitian terhadap berbagai jenis pelumas, yaitu mineral, sintetis dan semi sintetis dengan bertujuan untuk mengetahui pengaruh bahan dasar pelumas terhadap viskositas dan konsumsi bahan bakar.



**Gambar 2.3** Grafik perbandingan viskositas pelumas mineral pada temperatur kamar dan kerja (Arisandi dkk, 2012)

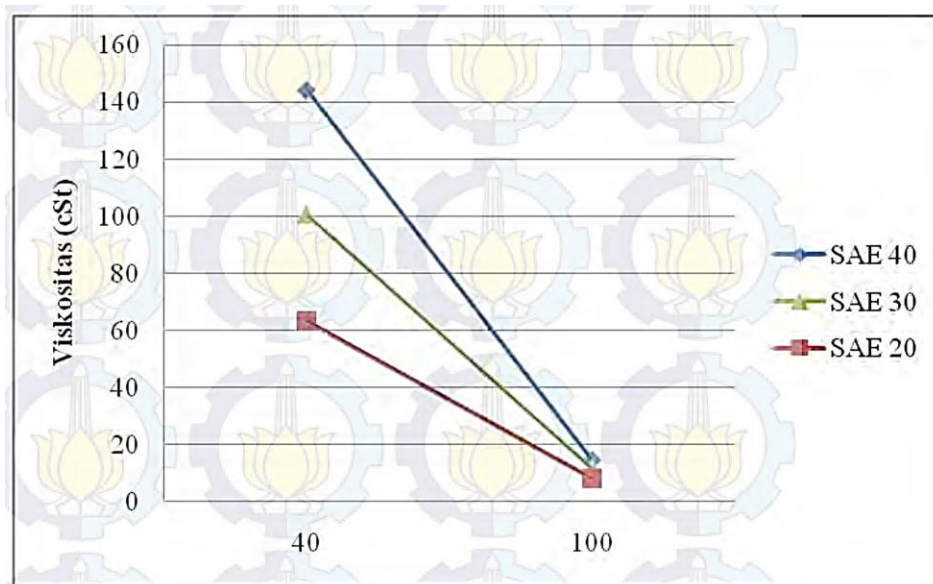
kestabilan nilai viskositas pada temperatur kamar cenderung lebih buruk dibandingkan dengan temperatur kerja, hal tersebut berlaku untuk semua jenis pelumas. Konsumsi bahan bakar dengan menggunakan pelumas sintetis lebih hemat di bandingkan dengan pelumas mineral.

Nurhadiyanto (2011) penelitian yang dilakukan bertujuan mengetahui pengaruh temperatur kerja (pada temperatur 35°C, 55°C, 95°C dan 130°C) pada pelumas jenis SAE 10W-40, SAE 20W-50 dan jenis SAE 40W terhadap viskositas.

Untuk menentukan kekentalan fluida (termasuk oli) digunakan suatu alat yang disebut viscosimeter. Bahan pelumas dimasukkan dalam Viscometer sekitar 200 ml (atau sampai penuh) kemudian dipanaskan dengan variasi temperatur: 28°C, 55°C, 95°C dan 130°C. Hasil pengujian memperlihatkan kenaikan temperatur kerja pada minyak pelumas terutama jenis SAE 10W-40, SAE 20W-50, dan SAE 40W akan mengurangi tingkat kekentalan yang ditandai dengan kenaikan kecepatan rotor dengan beban yang sama. Viskositas pelumas pada suhu rendah berbeda untuk jenis SAE 10W-40, SAE 20W-50, dan SAE 40W, pada suhu tinggi ketiga jenis pelumas memiliki viskositas yang hampir sama.

Silaban (2011) melakukan pengujian kinerja mesin bensin dengan variasi perbandingan pemakaian pelumas sintesis mineral. Hasil pengujian mesin menunjukkan bahwa dengan menggunakan pelumas mineral mengkonsumsi bahan bakar spesifik 0,524 – 1,043 kg/kW-jam, dan dengan menggunakan pelumas sintesis 0,457 – 0,604 kg/kW-jam. Daya poros dengan putaran 1200-2000 rpm yang dihasilkan dengan menggunakan pelumas mineral 1,985 – 3,465 kW, dan dengan menggunakan pelumas sintesis 2,038 – 3,519 kW. Efisiensi termal dengan menggunakan pelumas mineral 8,04 – 15,99 %, dan dengan menggunakan pelumas sintesis 15,21 – 17,56 %.

Nugroho dan Sunarno (2012) melakukan penelitian terhadap oli mesin dengan berbagai macam tingkat SAE, yaitu SAE 20, SAE 30, dan SAE 40 dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik oli mesin motor dengan laser Helium-Neon sebagai sumber cahayanya.



**Gambar 2.4** Grafik Viskositas terhadap temperatur (Nugroho dan Sunarno, 2012)

Rata-rata perubahan kekentalan pelumas pada temperature 70°C pelumas merek SGO SAE 20W-50 18.58, pelumas merek AHM Oil PMX1 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 1 Prostar SAE 20W-40 18.16. dapat dilihat pada table 2.1

**Tabel 2.1** Prosentase Penurunan Kekentalan pada Temperatur 70°C (Nugroho dan Sunarno, 2012)

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%

Penggunaan minyak pelumas sintetis memiliki nilai perubahan viskositas yang lebih kecil dibandingkan dengan minyak pelumas semi sintetis dan minyak

pelumas mineral, pengujian konduktivitas termal membuktikan bahwa semakin tinggi temperature maka nilai konduktivitas termalnya akan semakin turun. pada pengujian daya poros menggunakan minyak pelumas sintetis lebih tinggi dibandingkan menggunakan minyak pelumas mineral, sedangkan konsumsi bahan bakar pada uji jalan menggunakan minyak pelumas sintetis lebih irit dibandingkan dengan pelumas semi sintetis dan pelumas mineral.

## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1 Pengertian Minyak Pelumas**

Minyak pelumas adalah zat yang dipakai dalam pemeliharaan mesin untuk melumasi mesin kendaraan bermotor (mobil dan motor), kendaraan diesel, mesin industri, mesin kapal. 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 Jenis-Jenis Minyak Pelumas**

#### **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 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. Suhu kemampuan operasinya cukup lebar untuk dapat melayani penggunaan di dalam industri maupun otomotif atau kendaraan.
2. Sifat-sifat kimia dan fisiknya mudah dikontrol oleh pabrik maupun oleh instansi yang berwenang.
3. Bahan tidak beracun.

4. Sudah dicampur dengan bahan-bahan kimia lain seperti bahan apa yang dikenal dengan nama aditif, dengan maksud untuk meningkatkan kemampuan unjuk kerjanya.
5. Tidak merusak sekat (*seal*)
6. 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 tanam 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 sintetis

Sebenarnya sangatlah sulit untuk mendefinisikan minyak pelumas sintetis itu. Biasanya pengertian bahasa sintetis oleh umum diartikan sebagai bahan tiruan atau buatan dengan pengetahuan bahan tersebut tidak terdapat di dalam alam sebagai bahan jadi. 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 sintetis itu masih relatif lebih murah daripada banyak diburu atau aslinya. Untuk minyak pelumas sintetis ini lain maksudnya. Minyak pelumas sintetis ini menggunakan minyak yang sebagian besar merupakan *liquid* yang tidak langsung produksi dari proses pengilangan . 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 sintesis adalah hidrokarbon yang telah mengalami proses khusus. Khusus dimaksud minyak pelumas sintesis ini sengaja dibentuk bukan saja sama dengan minyak pelumas mineral tetapi bahkan dibentuk melebihi kemampuan minyak pelumas mineral. Maka tidaklah mengherankan minyak pelumas sintesis mempunyai harga lebih mahal daripada minyak pelumas mineral. Pada kenyataannya juga menunjukkan bahwa minyak pelumas sintesis memang lebih unggul di dalam unjuk kerja, baik respon terhadap mesinnya maupun daya tahan lamanya digunakan. Untuk penggunaan tertentu minyak pelumas sintesis mempunyai kualitas lebih baik daripada minyak pelumas mineral (Arismunandar,1988).

### **2.2.3 Fungsi Minyak Pelumas**

(Arisandi dkk, 2012) 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 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.

## 2.2.3 Viskositas

### 2.2.3.1 Pengetian Viskositas

(Silaban, 2011) Viskositas/kekentalan merupakan sifat terpenting dari minyak pelumas/oli, yang merupakan ukuran yang menunjukkan tahanan minyak/oli terhadap suatu aliran. Pelumas dengan viskositas tinggi adalah kental, berat dan memiliki kemampu aliran yang rendah. Viskositas tinggi mempunyai tahanan yang tinggi terhadap geraknya sendiri serta lebih banyak gesekan di dalam dari molekul-molekul pelumas yang saling meluncur satu diatas yang lain. Jika digunakan pada bagian-bagian mesin yang bergerak, pelumas dengan kekekentalan

tinggi kurang cocok karena tahanannya terhadap gerakan rendah. Keuntungannya adalah dihasilkan lapisan pelumas yang tebal selama penggunaan sehingga mesin cenderung lebih dingin. Pelumas dengan kekentalan rendah mempunyai gesekan didalam dan tahanan yang kecil terhadap aliran. Suatu pelumas dengan kekentalan rendah mengalir lebih tipis. Pelumas ini dipergunakan pada bagian peralatan yang mempunyai kecepatan tinggi dimana permukaannya perlu saling berdekatan seperti pada bantalan turbin.

Kekentalan dapat dinyatakan sebagai tahanan aliran fluida yang merupakan gesekan antara molekul-molekul cairan satu dengan yang lain. Suatu jenis cairan yang mudah mengalir, dapat dikatakan memiliki kekentalan yang rendah, dan sebaliknya bahan-bahan yang sulit mengalir dikatakan memiliki kekentalan yang tinggi. Pelumas cenderung menjadi encer dan mudah mengalir ketika panas dan cenderung menjadi kental dan tidak mudah mengalir ketika dingin. Ada tingkatan permulaan kental dan ada yang dibuat encer (tingkat kekentalannya rendah). Suatu badan internasional SAE (*Society of Automotive Engineers*) yang khusus membidangi pelumas dalam menyatakan standar kekentalan dengan awalan SAE didepan indek kekentalan, umumnya menentukan temperatur yang sesuai dimana pelumas tersebut dapat digunakan. Selanjutnya angka yang mengikuti dibelakangnya, menunjukkan tingkat kekentalan pelumas tersebut. 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. Huruf W (*Winter*) untuk SAE 10W-50, berarti pelumas tersebut memiliki tingkat kekentalan SAE 10 untuk kondisi suhu dingin dan SAE 50 pada kondisi suhu panas (Nugroho dan Sunarno, 2012).

Menurut Arnoldi (2009) SAE 10W-50 berarti oli tersebut memiliki tingkat kekentalan SAE 10 untuk kondisi suhu dingin dan SAE 50 pada kondisi suhu panas. Dengan kondisi seperti ini, oli akan memberikan perlindungan optimal saat mesin start pada kondisi ekstrim sekalipun. Sementara itu dalam kondisi panas normal, idealnya oli akan bekerja pada kisaran angka kekentalan 40-50 menurut standar SAE.

### 2.2.3.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Viskositas

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

a. Tekanan

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

b. Temperatur

Viskositas akan turun dengan naiknya suhu, sedangkan viskositas gas naik dengan naiknya temperatur. 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. Penambahan 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 kekentalannya tinggi serta laju aliran lambat sehingga viskositasnya juga tinggi.

e. Berat molekul

Viskositas akan naik seiring dengan naiknya berat molekul. Jika kekentalannya tinggi maka laju alirannya menjadi lambat.

f. Kekuatan antar molekul

Viskositas akan naik jika ikatan rangkap semakin banyak. Viskositas air naik dengan adanya ikatan hidrogen, viskositas CPO dengan gugus OH pada trigliseridanya naik pada keadaan yang sama.

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 Viskositas Pelumas

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

#### a) Kekentalan Dinamis atau Absolut 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 Kinematis

Viskositas kinematis adalah sama dengan viskositas dinamis dibagi dengan kepadatan. Dalam unit SI adalah meter persegi per detik, akan tetapi satuan cgs, Centistoke, lebih luas diterima, dengan 1 centistoke (cSt) = 1mm<sup>2</sup>/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.

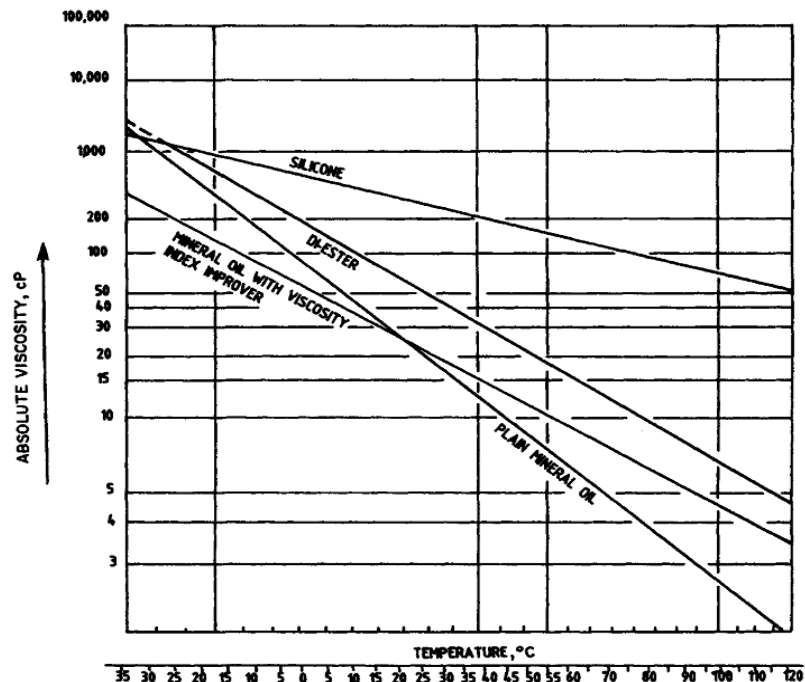
Variasi viskositas minyak dengan suhu akan sangat penting dalam beberapa sistem, dimana suhu operasi baik bervariasi ataupun tidak bervariasi sangat berbeda dengan suhu acuan viskositas minyak. Setiap penurunan viskositas suatu cairan diiringi dengan naiknya suhu, namun tingkat penurunan dapat bervariasi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

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

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

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 2.5** Indeks Viskositas (Shigley, 2004)

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 2.3. Hal ini di mungkinkan untuk memenuhi minyak lebih dari satu rating. Kriteria indeks viskositas tinggi minyak mineral dapat memenuhi 20W dan 30 dan kemudian akan disebut 20W / 30 multigrade oil.

Lebih umum, minyak VI 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 2.3** Skala viskositas SAE (Shigley, 2004)

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	

Pelumas menghilang, dan minyak 20W/50 pada laju geser yang sangat tinggi dapat berperilaku sebagai minyak tipis dari 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 (Shigley, 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 energi 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. Perpindahan Kalor Konduksi

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

b. Perpindahan Kalor 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.

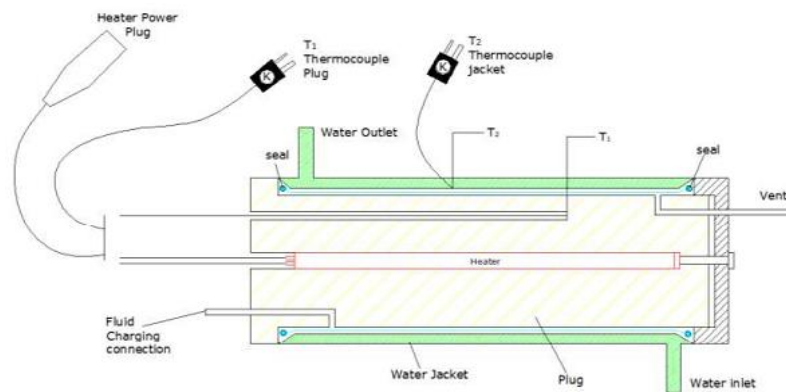
c. Perpindahan Kalor Radiasi

Holman (1993) menyatakan bahwa berlainan dengan mekanisme konduksi dan konveksi, di mana perpindahan energi 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 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 volt meter dan amper meter 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 2.6** Gambar Skema Alat Pengukur Konduktivitas Termal (Santosa dan Nurcahyadi, 2017)

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.

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*

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

Keterangan:

V = Voltage (V)

I = Current (A)

T1 = Temperatur *Plug* (°C)

T2 = Temperatur *jacket* (°C)

Qe = *Element heat input* (W)

Qi = *Incidental heat transfer rate* (W)

$\Delta r$  = *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 Sistem Pelumasan

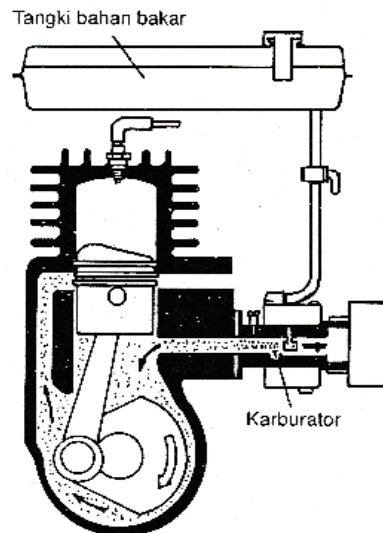
Menurut (Daryanto, 2004) sistem pelumasan di kelompokkan menjadi tiga macam. Berikut adalah macam-macam sistem pelumasan:

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

### 2.2.5.1 Sistem pelumasan bentuk kabut

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

- a. mesin pemotong rumput



**Gambar 2.7** Pelumasan campur bahan bakar (Daryanto, 2004)

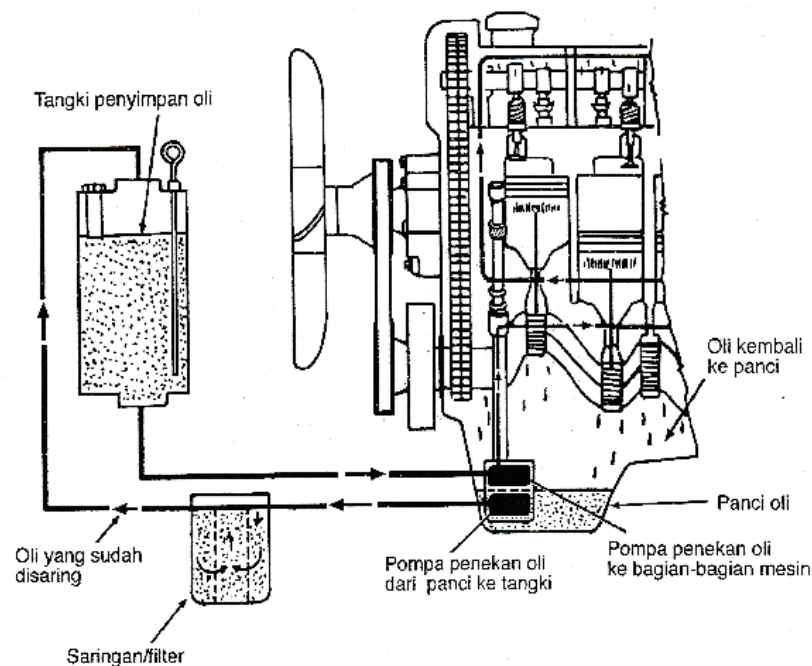
- b. Sepeda motor
- c. Kapal boat
- d. Generator dan kompresor

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 pelumasan 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.



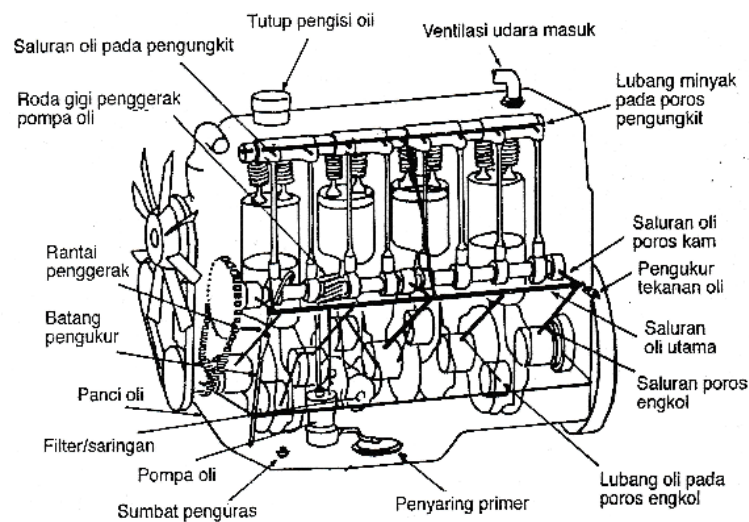
**Gambar 2.8** Sistem pelumasan tipe kering (Daryanto, 2004)

Oli pelumas ditempatkan pada tangki atau tempat pelumas di luar mesin. Pelumas dialirkan dengan tekanan pompa di bagian-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

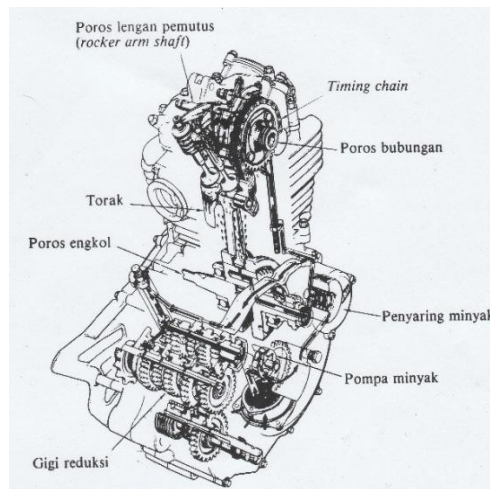
posisi paling bawah dari ruang mesin penggerak (poros engkol). Pelumas dialirkan kebagian mesin yang bergerak dengan kombinasi dari pemancaran penyemprotan dan tekanan. Waktu poros engkol dari mesin itu berputar, ujung besar dari poros batang torak tercelup oli di dasar ruang mesin dan menyiramkan oli ke seluruh bagian mesin di bagian bawah separuh 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 2.9** Sistem pelumasan basah (Daryanto, 2004)

### 2.2.6 Sistem Pelumasan Motor 4 Langkah

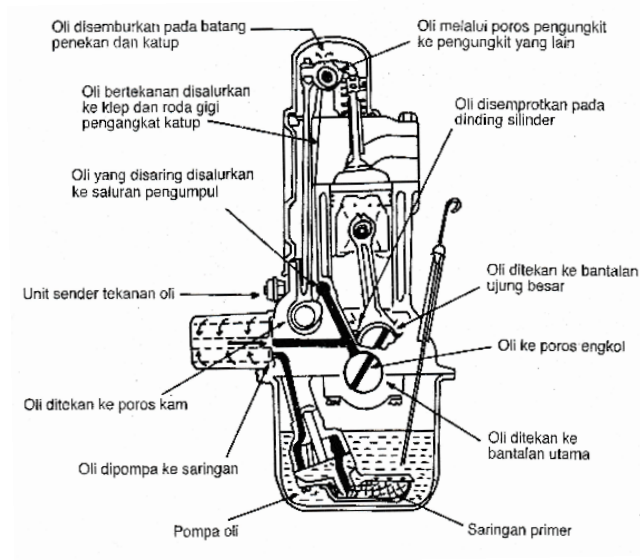
Menurut Daryanto (2004) Minyak motor di simpan di tempat di bak minyak di rumah poros engkol dan mengalirnya ke bagian yang berputar di motor dengan menggunakan pompa minyak. Saluran dan sistem pengaliran minyaknya pada motor yang satu tidak sama dengan motor yang lain tetapi umumnya seperti terlihat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



**Gambar 2.10** Sistem pelumasan motor 4-langkah (Daryanto, 2004)

- 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 kopleng.

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 2.11** Sistem pelumasan (Daryanto, 2004)

## 2.2.7 Parameter Unjuk Kerja Mesin

### 2.2.7.1 Torsi Mesin

Torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja, besaran torsi adalah besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya. Torsi atau momen putar motor adalah gaya dikalikan dengan jarak panjang lengan dirumuskan sebagai berikut:

$$T = F \times r \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

T = Torsi benda berputar (N.m)

F = Gaya sentrifugal dari benda yang berputar (N)

r = Jarak lengan torsi (m)

### 2.2.7.2 Daya Mesin

Daya motor merupakan salah satu parameter dalam menentukan performa motor. Pengertian dari daya itu adalah besarnya kerja motor selama kurun waktu tertentu. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan dinamometer dan tachometer atau alat lain dengan fungsi yang sama. Untuk menghitung besarnya daya motor 4 langkah digunakan rumus:

$$P = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{60.000} (kW) \dots\dots\dots(2.6)$$

Dengan:

P = Daya (kW)

n = Putaran Mesin (rpm)

T = Torsi (Nm)

### 2.2.7.3 Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar merupakan ukuran bahan bakar yang dikonsumsi motor untuk menghasilkan tenaga mekanis, laju pemakaian bahan bakar tiap detiknya dapat ditentukan dengan rumus:

$$\dot{M}_f = \frac{s}{v} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dengan:

$\dot{M}_f$  = Konsumsi Bahan Bakar (Km/Liter)

s = Jarak Tempuh (Km)

v = Volume Bahan Bakar (Liter)