

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada penelitian tentang karakteristik viskositas dan konduktivitas termal tiga produk minyak pelumas beserta pengaruhnya terhadap sepeda Motor Honda Megapro 160 cc, perlu beberapa jurnal yang di ambil untuk membahas dari beberapa jenis minyak pelumas yang diuji dengan menganalisis pengaruh terhadap kinerja pada spedomotor Honda.

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).

Arisandi dkk (2012) tujuan dari penelitian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan dasar pelumas/oli terhadap nilai viskositas dan konsumsi bahan bakar. Bahan yang digunakan adalah minyak pelumas mineral, semi sintetis dan *full* sintetis. Pengukuran dilakukan setiap jarak tempuh 500 km dengan jarak total 2000 km. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa oli sintetis mempunyai kesetabilan viskositas paling baik, pada temperatur kerja maupun kamar, oli mineral paling rendah kesetabilan viskositanya baik pada suhu kerja maupun suhu kamar, kesetabilan viskositas pada temperatur kerja cenderung stabil jika dibandingkan pada temperatur kamar untuk semua jenis oli dan konsumsi bahan bakar paling rendah pada pemakaian oli sintetis.

Nurhadiyanto (2011) penelitian yang dilakukan bertujuan mengetahui pengaruh temperatur kerja (pada suhu 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 Viscosimeter sekitar 200 ml (atau sampai penuh) kemudian dipanaskan dengan variasi suhu : 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.

Effendi (2014) melakukan penelitian tentang penurunan viskositas karena pengaruh kenaikan suhu pada beberapa jenis minyak pelumas. Pada enam jenis minyak pelumas yang di uji, rata-rata mengalami perubahan viskositas secara signifikan pada kenaikan temperatur 70 °C. Rata rata penurunan prosentasi minyak pelumas adalah AHM OIL MPX 1 SAE 10W-30 70%, SHELL HELIX HX5 SAE 15W-50 76%, SGO SAE20W-50 62%, Yamalube SAE 20W-40 69%, Top One Prostar SAE 20W-40 73% dan Castrol Active SAE 20W-50 66%.

Siskayani (2015) dalam penelitiannya perbandingan kinerja pelumas mineral dan sintetis pada uji jalan 6000 KM. Dari hasil *road test* yang dilakukan, pada pengukuran viskositas/kekentalan 40 °C dan 100 °C terjadi penurunan yang cukup konstan baik pada kedua minyak pelumas, mineral maupun sintetis. Persentase penurunan viskositas pada minyak pelumas mineral (33%) tidak terlalu jauh berbeda jika dibandingkan dengan minyak pelumas sintetis (30%). *TotalBase Number* (TBN) cukup stabil dan tidak mengalami penurunan yang signifikan. Nilai TBN yang didapat oleh minyak pelumas baru mineral dan sintetis mendekati sama. Bahan bakar yang digunakan juga sama sehingga beban kerja TBN untuk menetralkan asam dalam jangka waktu 6000 KM adalah sama.

Mujiman (2011) pelumasan adalah penopang utama dari kerja sebuah mesin. Semakin baik kualitas oli yang digunakan maka performa dan daya tahan mesin akan semakin optimal. Sebagai pelumas, oli melumasi (*lubricating*) seluruh komponen yang bergerak di dalam mesin untuk mencegah terjadinya kontak langsung antar komponen yang terbuat dari logam. Dalam hal ini, unsur kekentalan (*viskositas*) sangat penting. Sebagai pendingin, oli juga harus mampu mengurangi panas yang ditimbulkan oleh gesekan antar logam pada mesin yang bergerak, seperti klep (katup) atau bearing.

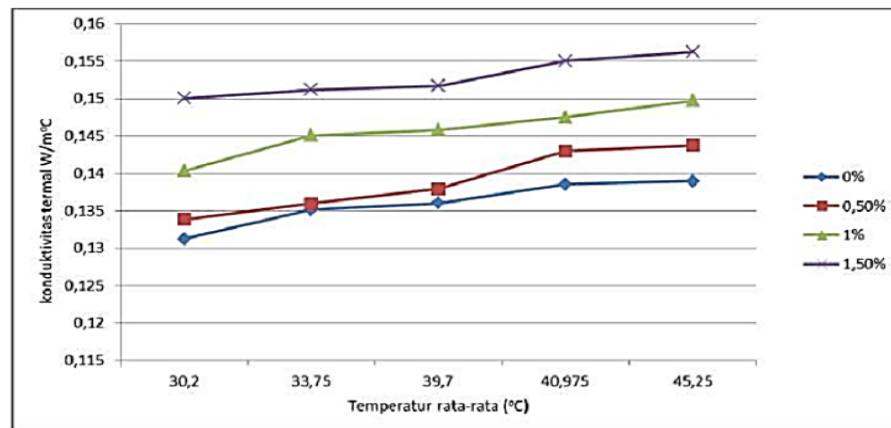
Effendi dan Adawiyah (2014) Rata-rata perubahan kekentalan pelumas pada temperature 70°C pelumas merek SGO SAE 20W-50 18.58, pelumas merek AHM Oil MPX1 SAE 10W-30 16.22 Pelumas merk Yamalube SAE 20W-40 17.27, Pelumas merk Shell Helix HX5 SAE 15W-50 19.51, Pelumas merk Castrol Active SAE 20W-50 18.20,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

Tabel 2.1 Prosentase penurunan kekentalan pada temperatur 70°C (Effendi dan Adawiyah, 2014).

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%

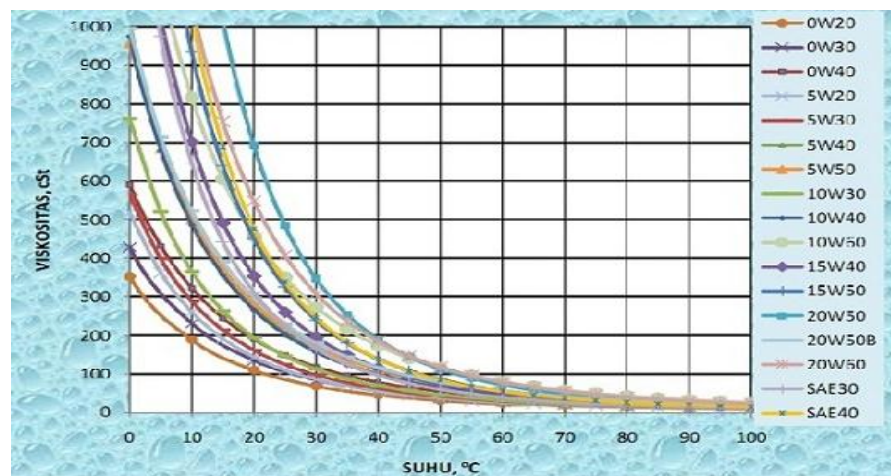
Irwansyah dan Kamal (2015) melaksanakan penelitian terhadap fluida nano TiO₂/oli termo XT32 dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur dan fraksi volume terhadap kunduktivitas termalnya. Alat yang digunakan untuk pengujian adalah *thermal conductivity for liquids and gases unit* PA Hilton 1111 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 (Irwansyah dan Kamal, 2015).

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, maka semakin besar nilai konduktivitas termalnya.



Gambar 2.2 Kurva viskositas oli mesin terhadap suhu (Fuad, 2011).

Gambar 2.2 menjelaskan profil kurva setiap jenis SAE (*Society of Automotive Engineers*) oli mesin, dari mulai SAE kode rendah sampai SAE kode tinggi. Dari grafik dapat dilihat perbedaan nyata kekentalan dari setiap jenis SAE oli mesin hanya terjadi pada suhu rendah dibawah 40°C . Pada grafik diatas kekentalan semua jenis SAE oli mesin menuju ke satu garis lurus (Fuad, 2011).

Silaban (2011) pengujian kinerja mesin bensin berdasarkan perbandingan penggunaaminyak pelumas mineral dan sintetis. Dari hasil pengujian mesin dengan menggunakan minyak pelumas mineral mengkonsumsi bahan bakar spesifik sebesar 0,524 – 1,043 kg/kW-jam, dan dengan menggunakan minyak pelumas sintetis sebesar 0,457 – 0,604 kg/kW-jam. Daya poros yang dihasilkan menggunakan minyak pelumas mineral sebesar 1,985 – 3,465 kW, dan menggunakan minyak pelumas sintetis sebesar 2,038 – 3,519 kW. Efisiensi termal menggunakan minyak pelumas mineral sebesar 8,04 – 15,99 %, dan menggunakan minyak pelumas sintetis sebesar 15,21 – 17,56 %.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pengertian Minyak Pelumas

Arisandi dkk (2012) pelumas/oli yaitu zat kimia yang umumnya berjenis cairan yang diberikan diantara dua benda atau lebih yang besinggungan tujuannya untuk mengurangi gesekan yang berlebihan. Zat ini merupakan fraksi hasil destilasi minyak bumi yang memiliki suhu 105-135 derajat celcius, umumnya unsur pelumas terdiri dari 90% minyak dasar dan 10% zat tambahan. Oli biasanya didapat dari pengolahan minyak bumi melalui proses destilasi bertingkat berdasarkan titik didihnya. Menurut *Environmental Protection Agency* (EPA's), proses pembuatan oli ada beberapa tahap, yaitu :

- a. Destilasi
- b. *Deasphalting* bertujuan untuk menghilangkan kandungan aspal pada oli.
- c. Hidrogenasi untuk menaikkan kualitas viskositas.

- d. Pencampuran katalis untuk menghilangkan kandungan lilin dan menaikkan temperatur pelumas.
- e. *Clay or Hydrogen finishing* untuk meningkatkan warna, stabilitas terhadap perubahan temperatur dan kualitas oli pelumas (Raharjo, 2010).

2.2.2 Fungsi Minyak Pelumas

Akrom (2009) fungsi pelumas adalah sebagai pendingin, yaitu dengan menyerap panas dari bagian-bagian yang bergesekan dan memindahkannya ke sistem pendingin. Oli juga berfungsi sebagai bahan pembersih, yaitu dengan mengeluarkan kotoran pada bagian-bagian mesin dan mencegah karat pada komponen mesin. Salah satu benda yang dapat mempengaruhi kualitas dari pelumas yaitu partikel logam yang tercampur di dalamnya. Partikel logam di dalam oli pelumas tersebut terjadi akibat dua benda logam yang bergesekan, sehingga kandungan partikel logam tersebut dapat merusak elemen mesin, kerja mesin tidak dapat optimal dan tentunya dapat menyebabkan kerugian pada perusahaan. Oleh karena itu harus dilakukan tindakan pencegahan agar pelumas tidak terkontaminasi dari partikel logam agar kualitas dan kerja pelumas tetap optimal. Beberapa fungsi lain yang bervariasi tergantung oli tersebut diaplikasikan, fungsi tersebut antara lain:

a. Pencegahan Korosi

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

b. Mengurangi koefisien gesek.

Salah satu fungsi oli adalah untuk melumasi bagian-bagian mesin yang bergerak untuk mencegah keausan karena komponen yang bergesekan. oli

membentuk *oil film* di dalam dua benda yang bergerak sehingga dapat mencegah gesekan/kontak langsung diantara komponen 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 komponen yang bergerak tersebut akan terbawa/merambat secara konveksi ke minyak pelumas. Sehingga pada kondisi ini oli berfungsi sebagai pendingin mesin

e. Perapat (*Sealing*)

Oli 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 membuat komponen tersebut tidak cepat mengalami keausan saat terjadinya gesekan-gesekan(Arisandi, 2012).

2.2.3 Jenis-Jenis Pelumas

2.2.3.1 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. Oli 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 biasanya 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, perlahan-lahan tumbuh-tumbuhan yang terjebak tersebut mengalami perubahan perubahan selama jutaan tahun dan akhirnya berubah bentuk menjadi minyak bumi mentah biasanya disebut minyak mentah saja (*crude oil*) seperti sekarang yang kita jumpai (Arismunandar, 1988).

2.2.3.2 Pelumas Sintetis

Pengertian sintetis secara 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. Banyak kita jumpai umumnya bahan tiruan atau bahan sintetis itu masih relatif lebih murah. 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 sintetis adalah hidrokarbon yang telah diolah secara 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 wajar jika minyak pelumas sintetis mempunyai harga lebih mahal dari pada 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).

2.2.4 Viskositas

2.2.4.1 Pengertian 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 gerakannya 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 kekekantalan 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 aliaran 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).

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

2.2.4.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Viskositas

Faktor-faktor yang mempengaruhi viskositas adalah sebagai berikut :

a. Tekanan

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

b. Temperatur

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

c. 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.

2.2.4.3 Viskositas Pelumas

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

a. Kekentalan Dinamik atau Absolute Viskositas Dinamis

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

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

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

b. Viskositas Kinematik

Viskositas kinematik adalah sama dengan viskositas dinamis dibagi dengan kepadatan. Dalam Unit SI adalah meter persegi per detik, akan tetapi 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 penting untuk minyak pelumas,

karena kepadatan mereka pada suhu operasi biasanya terletak antara 0,8 dan 1,2. Namun, untuk beberapa sintetis fluorinated minyak dengan kepadatan tinggi, dan untuk gas, perbedaannya bisa sangat signifikan.

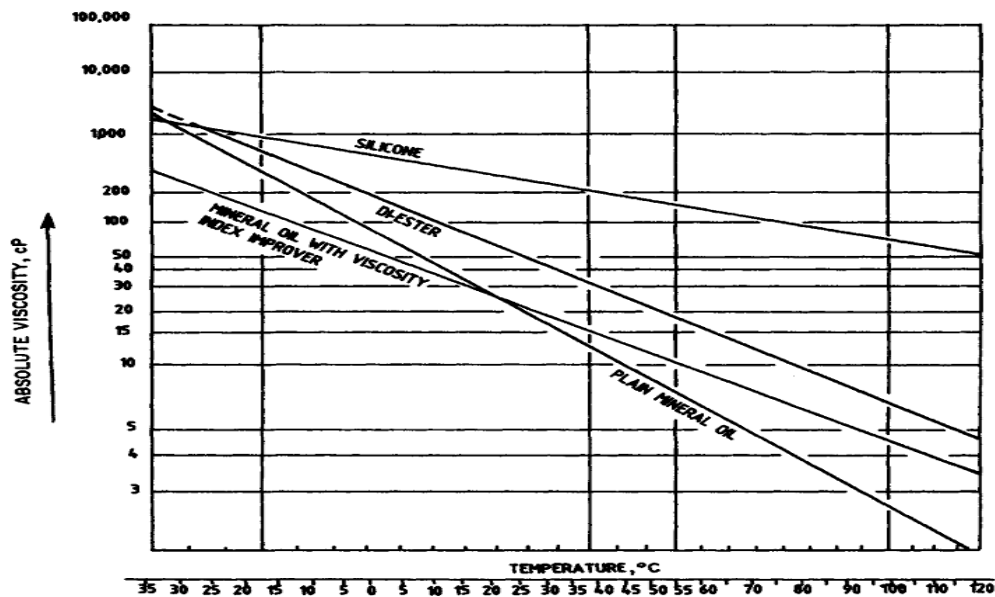
Viskositas dari minyak pelumas kebanyakan adalah antara 10 dan 600 cSt pada suhu operasi, dengan angka rata-rata sekitar 90 cSt. Viskositas rendah lebih berlaku untuk bantalan dari pada gigi, serta di mana beban yang ringan, dan kecepatan tinggi atau sistem tertutup sepenuhnya. Sebaliknya, viskositas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

Variasi viskositas minyak dengan suhu akan sangat penting dalam beberapa sistem, dimana suhu operasi baik bervariasi ataupun tidak bervariasi sangat berbeda dengan suhu acuan viskositas minyak. Setiap penurunan viskositas suatu cairan diiringi dengan naiknya suhu, namun tingkat penurunan dapat bervariasi dari satu cairan dengan cairan yang lain dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2Suhu operasi viskositas (Shigley, 2004).

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

Indeks Viskositas mendefinisikan hubungan viskositas dengan suhu minyak pada skala tinggi dibandingkan dengan dua minyak standarseperti terlihat pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Indeks Viskositas (Shigley, 2004).

Gambar 2.3 menjelaskan Indeks viskositas 0, mewakili perubahan yang paling cepat viskositas dengan suhu biasanya ditemukan dengan minyak mineral. Minyak pelumas standar kedua memiliki viskositas indeks dari 100, yang mewakili perubahan terendah viskositas dengan suhu ditemukan dengan minyak mineral dengan tidak adanya aditif yang relevan.

SAE adalah Peringkat skala viskositas yang sangat luas digunakan dan direproduksi pada Tabel 2.3. Hal ini dimungkinkan untuk memenuhi minyak lebih dari satu rating. Kriteria indeks viskositas tinggi 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 2.3Skala viskositas SAE (Shigley, 2004).

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	

Tabel 2.3 menjelaskan sebelum meninggalkan subyek viskositas pelumas, mungkin beberapa unit viskositas usang harus disebutkan, ini adalah viskositas *Saybolt (SUS)* di North Amerika, *Redwood viscosity* in Inggris, dan *Engler viscosity* in benua Eropa (Sigley, 2008).

2.2.5 Konduktivitas Termal

2.2.5.1 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 ditansfer dari suatu titik ke titik yang lain melalui salah satu dari tiga metode yaitu :

a. Konduksi

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

b. Konveksi

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

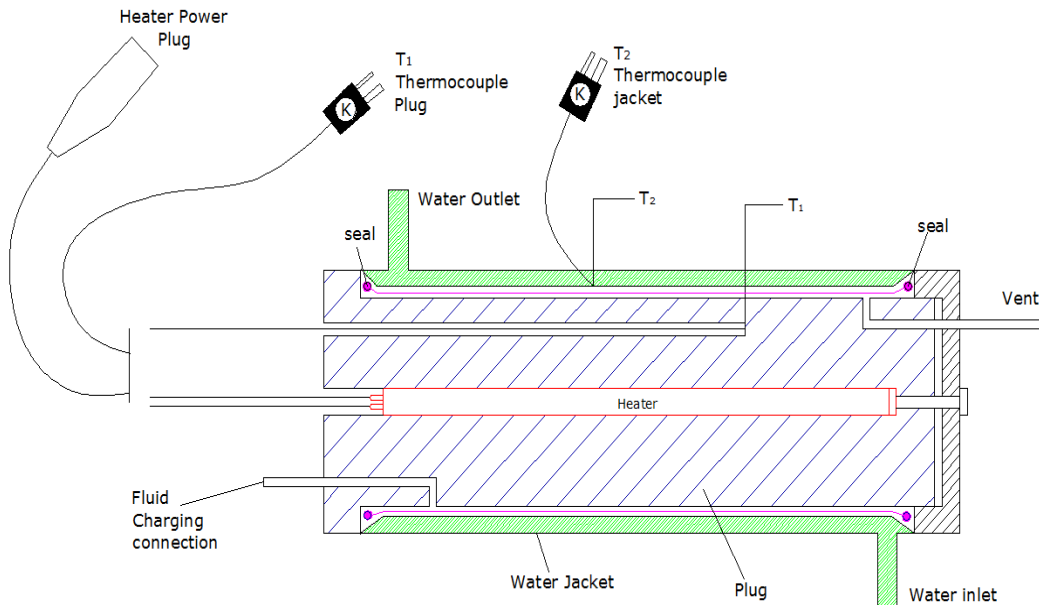
c. Radiasi

Holman (1993) menyatakan bahwa berlainan dengan mekanisme konduksi dan konveksi, di mana perpindahan energi ini terjadi melalui suatu benda, kalor juga dapat berpindah melewati daerah-daerah hampa. Mekanismenya di sini adalah sinaran atau radiasi elektromagnetik.

2.2.5.2 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 termal efektifnya akan diukur memenuhi/mengisi ruang kecil di antara sebuah *plug* yang dipanaskan dan sebuah selubung (*jacket*) yang didinginkan oleh air. *Plug* tersebut dipanaskan dengan menggunakan sebuah pemanas *catridge* yang dihasilkan dengan daya yang dikendalikan oleh voltmeter dan ampermeter standar yang terpasang pada panel seperti terlihat pada gambar 2.4. *Plug* tersebut dibuat dari aluminium untuk mengurangi kelembaban 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 2.4 Skema alat pengukur konduktivitas termal (Santoso dan Nurcahyadi 2016).

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 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)

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

2. *Temperature Different* (Δt)

$$\Delta T = T1 - T2 \dots\dots\dots (2.2)$$

3. *Conduction Heat Transfer Rate* (Q_c)

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

4. *Thermal Conductivity* (W/m.K)

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

Keterangan :

V = Voltage (V)

I = Current (A)

T1 = Temperatur *Plug* ($^{\circ}\text{C}$)

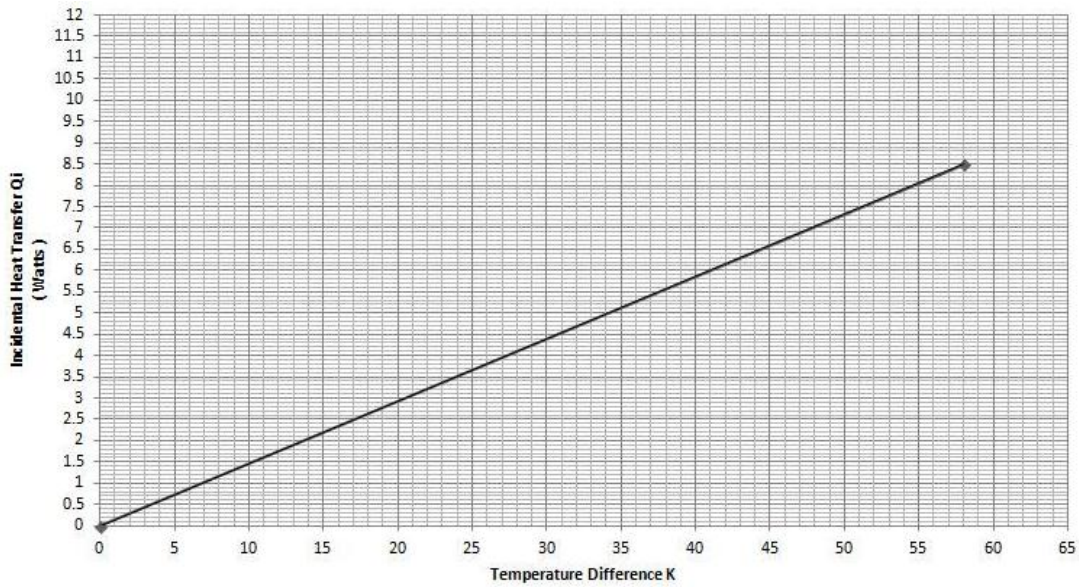
T2 = temperatur *jacket* ($^{\circ}\text{C}$)

Qe = *Element heat input*(W)

Qi = *Incidental heat transfer rate* (W). Nilai Qi didapat dari tabel kalibrasi seperti yang terlihat pada gambar 2.5

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

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



Gambar 2.5 Grafik kalibrasi Qi (Santoso dan Nurcahyadi, 2016)

2.2.6 Jenis-Jenis Pelumasan

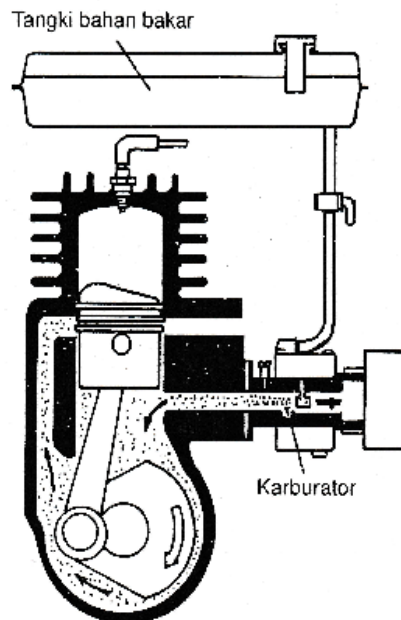
Daryanto (2004) ada tiga macam sistem pelumasan, yaitu :

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

2.2.6.1 Sistem Pelumasan 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.



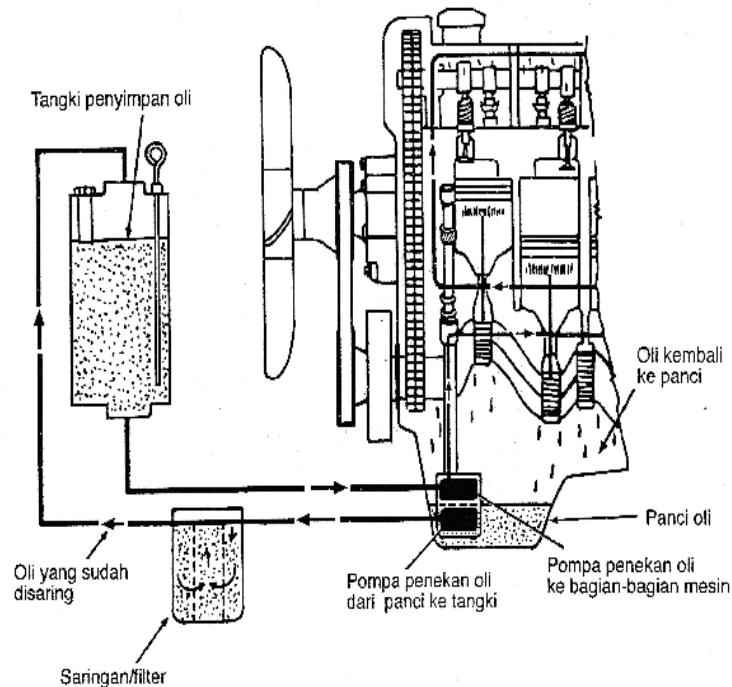
Gambar 2.6 Pelumasan campur bahan bakar (Daryanto, 2004)

Gambar 2.6 menjelaskan sistem kerjanya yaitu 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.

2.2.6.2 Sistem Pelumasan Kering

Sistem pelumasan terlihat pada gambar 2.7 kering jarang digunakan pada kendaraan bermotor, walaupun beberapa truk berat menggunakannya. Pelumasan kering banyak digunakan pada :

- a. Sepeda Motor
- b. Traktor penggali tanah
- c. Mesin-mesin tak bergerak (*stationer*), misalnya generator.



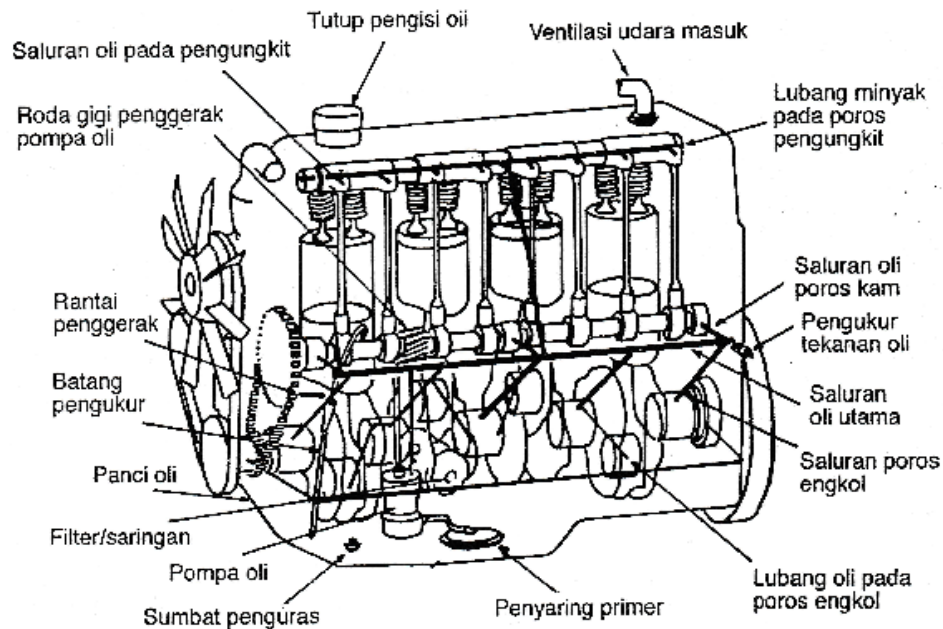
Gambar 2.7 Sistem pelumasan tipe kering (Daryanto, 2004)

Gambar 2.7 menjelaskan sistem kerjanya yaitu 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 menuju ke tempat penampungan di bagian bawah sebuah pompa atau gayung tempat oli itu dinaikkan lagi ke panci oli untuk disirkulasikan kembali.

2.2.6.3 Sistem Pelumasan Basah

Sistem ini sering digunakan pada motor mobil yang modern. Oli pelumas ditempatkan pada tempat oli atau penyaring yang dipasang di bagian dasar atau posisi paling bawah dari ruang mesin penggerak (poros engkol). Pelumas dialirkan kebagian mesin yang bergerak dengan kombinasi dari pemancaran penyemprotan dan tekanan. Waktu poros engkol dari mesin itu berputar, ujung besar dari poros batang torak tercelup oli di dasar ruang mesin dan menyiramkan oli ke seluruh bagiara mesin di

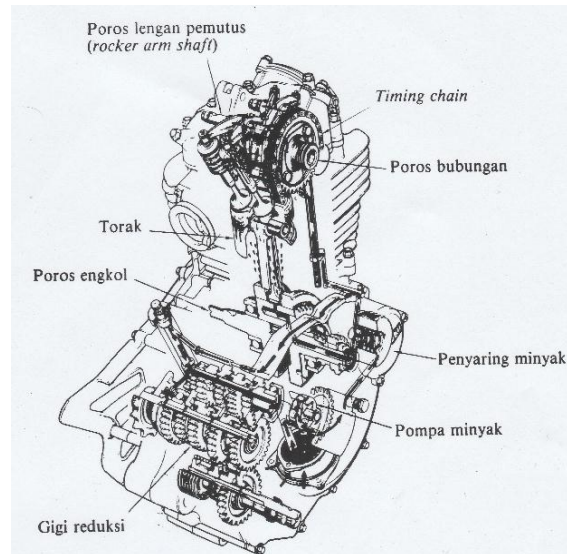
bagian bawah setengah ruangan. biasanya pada ujung besar dari poros batang torak terdapat penggaruk oli yang berfungsi membantu pengambilan oli. Jika putaran mesin meningkat tinggi maka oli berubah menjadi kabut lembut sehingga bisa masuk ke bagian dalam bawah mesin seperti yang terlihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Sistem pelumasan basah (Daryanto, 2004).

2.2.7 Sistem Pelumasan Motor 4 Langkah

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 minyak pada motor yang satu tidak sama dengan motor yang lain tetapi umumnya seperti terlihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Sistem pelumasan motor 4-langkah (Dayanto, 2004)

- a. Minyak mengalir melalui bantalan utama poros engkol ke batang torak dari sini minyak disemprotkan ke 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 minyak dipompakan kedua poros dirumah transmisi dan setelah melumasi roda roda gigi mengalir melalui antar poros dan akhirnya melumasi kopleng.

2.2.8 Parameter Unjuk Kerja Mesin

2.2.8.1 Torsi Mesin

Torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja, besaran torsi adalah besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang di hasilkan 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)

2.2.9.2 Daya Mesin

Daya motor merupakan salah satu parameter dalam menentukan performa motor. Pengertian dari daya itu adalah besarnya kerja motor selama kurun waktu tertentu. (Arends & Berenschot, 1980). Pengukuran dilakukan dengan menggunakan dinamometer dan tachometer atau alat lain dengan fungsi yang sama. Untuk menghitung besarnya daya motor 4 langkah digunakan rumus:

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

Dengan :

P = Daya (kW)

n = Putaran Mesin (rpm)

T = Torsi (N.m)

2.2.9.3 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/L)

s = Jaraktempuh (Km)

v = Volume bahanbakar (L)