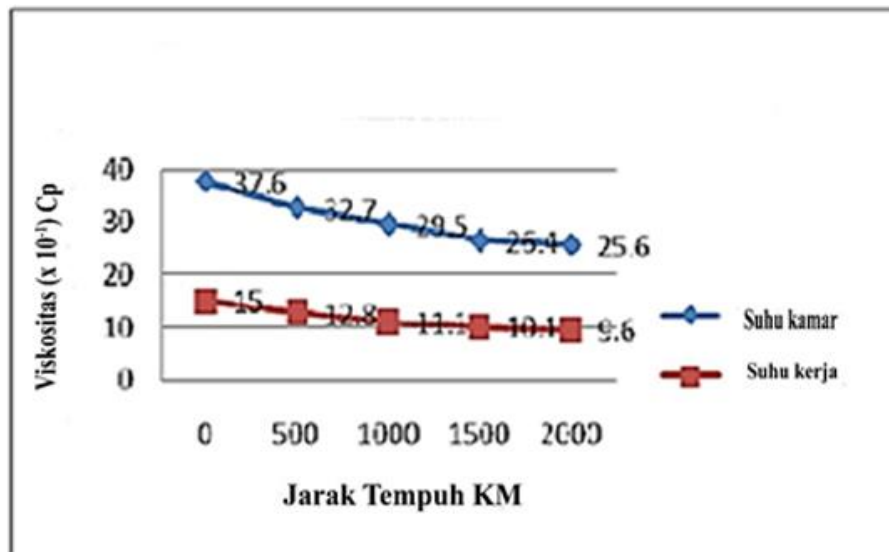


BAB II

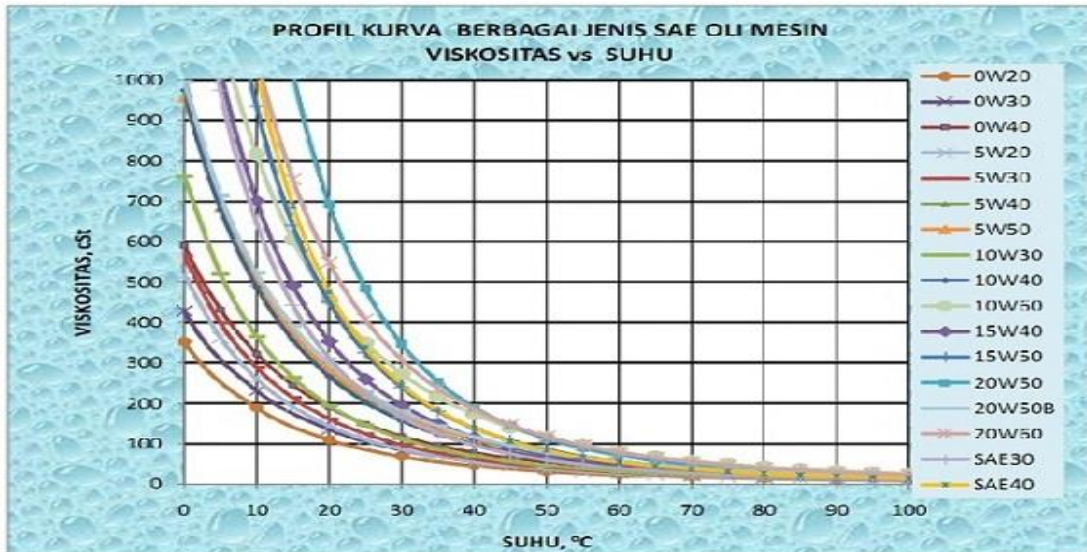
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian berikut membahas tentang pengaruh karakteristik dari semprot oli yang diuji dengan menganalisa pengaruhnya terhadap kinerja sepeda motor. Untuk mendukung penelitian ini maka dibutuhkan beberapa penelitian terdahulu. Menurut Arisandi (2012) pada pelumas semi sintetik pada suhu kamar dari 0 km sampai 2000 km mengalami penurunan yang cenderung stabil dan juga pada suhu kerja dari 0 km sampai 2000 km viskositas penurunan pelumas stabil. Pelumas pada suhu kamar cenderung mengalami penurunan yang cukup signifikan sedangkan pada suhu kerja cenderung setabil, hal ini karena pada temperatur kamar viskositas pelumas tinggi sehingga penurunan viskositas yang drastis akan terlihat. Pada suhu kerja viskositas pelumas sudah turun, sehingga kalau terjadi penurunan viskositas tidak terlalu signifikan.



Gambar 2.1. Perbandingan viskositas pelumas semi sintetik pada suhu kamar dan kerja (Arisandi, 2012)



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

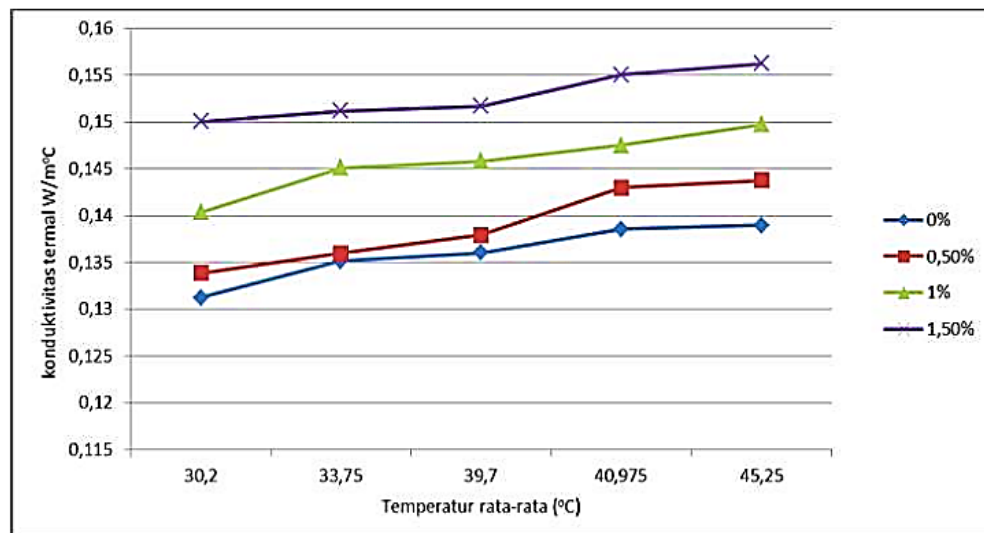
Gambar 2.2. menjelaskan profil kurva setiap jenis SAE oli mesin, dari mulai SAE kode rendah sampai tinggi. Dari Grafik tersebut terlihat bahwa sesungguhnya perbedaan nyata kekentalan dari setiap jenis SAE oli mesin hanya terjadi pada suhu-suhu rendah di bawah 40°C. tetapi di atas suhu tersebut, grafik kekentalan semua jenis SAE oli mesin menuju satu garis lurus (Fuad, 2011). Hal ini dikarenakan molekul pada oli akan bergerak dengan cepat pada saat temperatur tinggi sehingga ikatan antar molekul menjadi lemah dan menyebabkan oli menjadi encer.

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%

Mengacu pada Tabel 2.1. menurut Effendi dan Adawiyah (2014) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa rata-rata perubahan kekentalan pada kenaikan temperatur 70°C keenam merek pelumas tersebut adalah sama secara signifikan. Rata-rata penurunan kekentalan minyak pelumas adalah SGO SAE 20w-50 62%, AHM oli MPX1 SAE 10w-30 76%, Yamalube SAE 20w-40 69%, Shell Helix HX5 SAE 15w-50 76%, Castrol Active SAE 20w-50 66% dan Top One Prostar SAE 20w-40 73%.

Irawansyah dan Kamal (2015) melakukan penelitian terhadap fluida nano TiO₂/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 pada Gambar 2.3.



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

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

konduktivitas termalnya dengan kata lain penambahan konsentrasi partikel nano mampu meningkatkan nilai konduktivitas termal fluida. Adanya kenaikan nilai konduktivitas termal ini diharapkan fluida nano bisa diaplikasikan di bidang *engineering* sebagai fluida pemindah panas yang memiliki performa yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan fluida tanpa penambahan partikel nano.

Jadi dapat diambil kesimpulan bahwa dari penelitian sebelumnya yang telah penulis kaji, diperlukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh karakteristik nilai viskositas dan konduktivitas termal beberapa jenis minyak pelumas terutama perbandingan antara minyak pelumas baru dan bekas terhadap temperatur mesin dan kinerja motor. Dimana nanti akan membedakan antara minyak pelumas baru dan bekas dengan parameter uji nilai viskositas, konduktivitas termal dan pengaruh kinerja motor dengan menggunakan minyak pelumas tersebut serta mengetahui nilai konsumsi bahan bakar pada kendaraan yang dipakai.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Perawatan Mesin

2.2.1.1. Pengertian Perawatan (*Maintenance*)

Pemeliharaan (*maintenance*) adalah sebuah pekerjaan yang dilakukan secara berurutan untuk menjaga atau memperbaiki fasilitas yang ada sehingga sesuai dengan standar fungsional dan kualitas. 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. (Sehrawat dan Narang, 2001)

Menjaga kendaraan untuk selalu dalam kondisi prima merupakan hal yang penting agar kendaraan tetap awet dan tahan lama. Konsep perawatan meliputi perawatan berkala, pendeteksi kerusakan, dan service. Perawatan kendaraan secara berkala sesuai dengan yang tertera pada buku panduan

pemilik maka performa kendaraan dan komponen kendaraan akan lebih panjang usia pakainya.

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. (Syamarianto, 2012)

2.2.2. Pengertian Minyak Pelumas

Pelumas merupakan zat kimia pada umumnya cair yang fungsi utamanya adalah mengurangi gesekan dan keausan (*wear*) antara dua bidang atau permukaan yang bersinggungan, sebagai media pembawa panas/pendingin, dan juga mencegah karat. Zat ini merupakan fraksi hasil destilasi minyak bumi yang memiliki suhu 105-135°. Umumnya pelumas terdiri dari 90% minyak dasar dan 10% zat tambahan.

Pelumas dapat digolongkan menjadi tiga golongan yaitu pelumas mineral, pelumas organik, dan pelumas sintetis. Pelumas mineral berasal dari pengilangan minyak bumi dari jenis parafinik (*parafinic base*) yang tersebar di seluruh muka bumi dan nafthenik (*naphtenic base*) dari Venezuela dan Amerika. Pelumas organik merupakan pelumas yang berasal dari jenis tumbuh-tumbuhan. Biasanya tumbuhan yang dipakai adalah tumbuhan jarak yang disebut dengan minyak jarak. Pelumas sintetis adalah pelumas yang bahan dasarnya dari proses sintesa hidrokarbon. Lebih jauh lagi pelumas sintetis dibagi menjadi sintetis murni (*full synthetic*) 100% sintetis dan semi sintetis (*semi synthetic*) campuran antara cairan sintetis dengan base oil mineral.



Gambar 2.4. Contoh oli yang dijual di pasaran Indonesia
(<http://alfaoliminimarket.blogspot.com/>)

Kebutuhan akan kualitas pelumas yang baik sangat dominan, terutama dihadapkan dengan perkembangan alih teknologi dan tuntutan konsumen akan kualitas pelumas. Jenis minyak pelumas yang sesuai dapat digunakan menurut tipe performa, maupun kebutuhan penggunaannya. Mesin yang bekerja pada kecepatan tinggi memerlukan nilai viskositas yang lebih rendah dari mesin dengan kecepatan rendah.

Untuk memenuhi syarat akan kualitas pelumas yang baik, tentunya pelumas harus mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

1. Kekentalan yang sesuai, baik pada suhu tinggi maupun suhu rendah.
2. Membentuk lapisan pelumas yang kuat.
3. Titik tuang rendah.
4. Mempunyai daya melicin.
5. Tingkat korosi rendah.
6. Kemampuan membersihkan baik.
7. Tidak beracun.
8. Tidak mudah terbakar.
9. Ramah lingkungan.

Kode pengenalan pada oli adalah SAE (*Society of Automotive Engineers*), suatu asosiasi yang mengatur standarisasi di berbagai bidang seperti bidang desain teknik, manufaktur, dll. Standar kekentalan SAE (*SAE grade viscosity*) SAE 15W/40, angka pertama adalah nilai viskositas dalam satuan centiPoises (cP). Kode angka multi grade yang dapat diartikan bahwa pelumas memiliki tingkat kekentalan sama dengan SAE 15 pada suhu udara dingin (*W=Winter*) dan SAE 40 pada kondisi suhu panas. Parameter ini tercantum pada setiap kemasan oli.

2.2.2.1. Fungsi Minyak Pelumas (Oli)

Fungsi utama minyak pelumas pada sistem pelumasan mesin khususnya pada sepeda motor ataupun mobil harus memiliki fungsi sebagai berikut:

a. Memperkecil koefisien gesek

Dalam komponen mesin terutama bagian yang bergesekan pasti akan aus akibat dari kedua komponen bergesekan. Dengan adanya minyak pelumas akan membentuk lapisan tipis (*Oil film*) yang akan mengurangi koefisien gesek antar dua logam tersebut.

b. Pendingin (*Cooling*)

Minyak pelumas mengalir disekeliling komponen yang bergerak, sehingga panas yang timbul dari gesekan dua benda tersebut akan terbawa atau merambat secara konveksi ke minyak pelumas sehingga tingkat panas bisa berkurang dan mesin terhindar dari overheating.

c. Pembersih (*Cleaning*)

Dalam minyak pelumas terdapat detergent yang akan membilas kotoran yang masuk di dalam sistem karena adanya partikel padat yang terperangkap diantara permukaan logam yang dilumasi. Selain itu pelumas akan membawa kotoran atau geram yang timbul akibat gesekan menuju karter yang akan mengendap di dasar karter dengan sendirinya.

d. Perapat (*Sealing*)

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

e. Menyerap Tegangan

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

f. Mencegah Korosi

Kemampuan pelumas mencegah korosi adalah langsung berhubungan dengan ketebalan selaput pelumas yang tetap ada pada permukaan logam dan komposisi kimia pelumas. Zat aditif yang biasanya digunakan untuk menghindari korosi adalah surfaktan (Lisunda, 2016).

2.2.2.2. Jenis-Jenis Pelumas (Oli)

Sehubungan dengan perkembangan teknologi permesinan yang telah menghasilkan berbagai tipe mesin yang semakin beragam, dimana untuk pelumasnya pun dituntut jenis pelumas yang semakin beraneka ragam pula. Dari bahan dasarnya, oli mesin yang beredar saat ini terbagi menjadi dua jenis oli mineral dan oli sintetik.

a. Pelumas Mineral

Oli mineral diberi nama mineral karena bahan baku pembuatannya adalah minyak bumi hasil tambang (*mine/mining*). Minyak mentah petroleum melewati beberapa proses seperti sedimentasi, destilasi, penyaringan, dan penambahan zat aditif untuk mendapatkan pelumas oli mineral. Oli mineral diekstrak dari minyak mentah,

sehingga memiliki molekul alami yang ada di dalam minyak bumi. Minyak mineral merupakan minyak yang paling banyak digunakan sebagai bahan minyak pelumas. Pada salah satu proses dalam pembuatan pelumas mineral yaitu proses destilasi berguna untuk memisahkan campuran molekul-molekul hidrokarbon pada minyak mentah menjadi komponen-komponen seperti bensin, solar, avtur, dan juga oli yang tentu saja tidak bisa langsung digunakan sebagai pelumas. Bahan baku oli tersebut harus melewati proses filtrasi dan penambahan zat *aditif*.

b. Pelumas Sintetik

Meskipun terdapat perbedaan antara pelumas mineral dan pelumas sintetik, tetapi bahan dasar oli sintetik tetap menggunakan oli mineral yang kemudian diproses melalui serangkaian proses laboratorium. Serangkaian proses tersebut termasuk mencampurkan bahan kimia lain, sehingga menjadikan oli sintetik memiliki kekentalan yang lebih stabil. Pelumas sintetik memiliki beberapa keunggulan seperti menangani perubahan suhu lebih baik daripada oli mineral, bahan kimia yang terkandung pada pelumas sintetik mengurangi kemungkinan terjadi pembentukan senyawa sejenis lumpur pada mesin. Pelumas sintetik juga memiliki keunggulan masa penggunaan lebih lama dibanding pelumas mineral.

Oli harus memiliki kekentalan lebih tepat pada temperatur tertinggi atau temperatur terendah ketika mesin dioperasikan, karena nilai viskositas dari oli tersebut akan berkurang ketika suhu oli dinaikan. Ketika suhu semakin tinggi maka akan berbanding terbalik dengan viskositas oli tersebut yang akan turun dan sebaliknya.

2.2.2.3. Sifat Penting Pelumas Mesin

Untuk memenuhi syarat akan kualitas minyak pelumas yang baik beberapa sifat yang perlu diperhatikan adalah:

- a. Kekentalan minyak pelumas harus sesuai, baik pada suhu tinggi maupun suhu rendah untuk mencegah keausan permukaan bagian yang bergesekan, terutama pada beban yang besar dan pada putaran rendah. Minyak pelumas yang terlalu kental akan sukar mengalir melalui salurannya, disamping menyebabkan kerugian daya mesin yang terlalu besar.
- b. Indeks kekentalan minyak pelumas itu berubah-ubah menurut perubahan temperatur. Dengan sendirinya minyak pelumas yang baik tidak terlalu peka terhadap perubahan temperatur, sehingga dapat berfungsi sebagaimana mestinya, baik dalam keadaan dingin, maupun dalam keadaan panas (temperatur kerja). Untuk mengukur perubahan kekentalan tersebut dipakai indeks kekentalan yang diperoleh dengan cara mencatat perubahan kekentalan bila pelumas didinginkan dari 210°F sampai 100°F.
- c. Titik tuang rendah. Minyak pelumas akan membentuk jaringan kristal yang menyebabkan minyak itu sukar mengalir. Karenanya sebaiknya dalam penggunaannya pilihlah minyak pelumas dengan titik tuang yang serendah-rendahnya untuk menjamin agar pelumas dapat mengalir dengan lancar.
- d. Stabilitas, beberapa minyak pelumas pada temperatur tinggi akan berubah susunan kimianya sehingga terjadilah endapan yang mengakibatkan cincin torak melekat pada alurnya. Selain itu endapan minyak pelumas tersebut dapat menyumbat saluran sirkulasi minyak tersebut.

- e. Lapisan pelumas kuat, yaitu dapat membasahi permukaan logam pada suhu rendah maupun suhu tinggi ketika mesin bekerja. Sifat ini sangat penting untuk melindungi bagian permukaan.

2.2.3. Viskositas

2.2.3.1. Pengertian Viskositas

Viskositas adalah ukuran yang menyatakan kekentalan suatu cairan atau fluida. Viskositas merupakan karakteristik dari suatu zat cair yang disebabkan karena adanya gesekan antar molekul-molekul zat cair dengan gaya kohesi pada zat cair tersebut. Kekentalan merupakan sifat cairan yang berhubungan erat dengan hambatan untuk mengalir. Viskositas cairan akan menimbulkan gesekan antar bagian atau lapisan cairan yang bergerak satu terhadap yang lain. Hambatan atau gesekan yang terjadi ditimbulkan oleh gaya kohesi di dalam zat cair. (Yazid dalam Ardila, 2013)

2.2.3.2. Faktor Yang Mempengaruhi Viskositas

Faktor-faktor yang mempengaruhi viskositas adalah sebagai berikut.

- a. Tekanan

Semakin tinggi tekanan maka semakin besar pula viskositas suatu cairan.

- b. Temperatur/Suhu

Viskositas berbanding terbalik dengan temperatur/suhu. Jika temperatur naik maka viskositas akan turun, dan begitu sebaliknya. Hal ini disebabkan karena adanya gerakan molekul-molekul cairan yang semakin cepat apabila suhu ditingkatkan dan menurun kekentalannya.

- c. 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 tiap satuan volume. Semakin banyak partikel yang terlarut, gesekan antar partikel semakin tinggi dan viskositasnya semakin tinggi pula.

d. Berat molekul solut

Viskositas berbanding lurus dengan berat molekul solut. Karena dengan adanya solute yang berat akan menghambat atau memberi beban yang berat pada cairan sehingga menaikkan viskositas. (Dudgale, 1986)

2.2.3.3. Viskositas Pelumas

Menurut Shigley (2004) viskositas pelumas didefinisikan dalam dua cara yang berbeda dan kedua definisi sebagai berikut:

a. Kekentalan Dinamis (Mutlak/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 tetapi centimeter-gram-detik (*cgs*) unit centipoise lebih diterima secara luas.

$$1 \text{ centipoise (cP)} = 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s} = 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{s}/\text{m}^2 \dots\dots\dots (2.1)$$

Centipose adalah satuan viskositas yang digunakan dalam perhitungan berdasarkan Reynolds persamaan dan berbagai persamaan pelumasan *elastohydrodynamic*

b. Viskositas Kinematik

Viskositas kinematik adalah sama dengan viskositas dinamis dibagi dengan *density* (kepadatan). Dalam satuan SI adalah meter persegi per detik, tetapi dalam satuan *cgs*, *Centistoke* lebih luas diterima.

$$1 \text{ centistoke (cSt)} = 1 \text{ mm}^2/\text{s} \dots\dots\dots (2.2)$$

Centistoke adalah satuan yang paling sering dikutip oleh pemasok dan pengguna pelumas. Dalam praktiknya, perbedaan antara viskositas kinematik dan viskositas dinamis tidak terlalu penting untuk minyak pelumas, karena kepadatan keduanya pada suhu operasi biasanya terletak antara 0,8 dan 1,2. Namun, untuk beberapa sintetik (*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.

Beberapa ciri viskositas yang berkisar pada suhu operasi ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. *Typical Operating Viscosity Ranges* (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

Pada Tabel 2.2. mendefinisikan Viskositas rendah lebih diaplikasikan untuk bantalan (*bearing*) daripada untuk roda gigi (*gears*), selama beban yang diterima ringan dan untuk kecepatan yang tinggi. Sebaliknya, viskositas yang lebih tinggi diaplikasikan pada roda gigi (*gears*) dimana beban yang diterima besar dan kecepatan rendah.

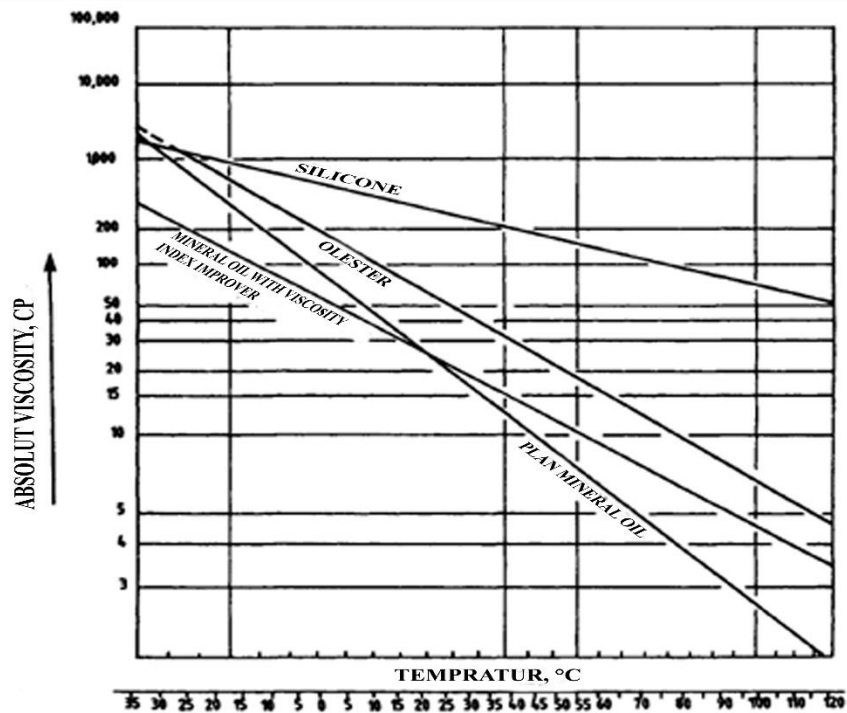


FIGURE 25.4 Variation of viscosity with temperature.

Gambar 2.5. Grafik indeks viskositas dengan tempratur (Shigley, 2004)

Gambar 2.5. menunjukkan perubahan viskositas dengan suhu untuk beberapa minyak pelumas yang khas. Sebuah grafis presentasi jenis ini adalah cara yang paling berguna untuk menampilkan informasi ini, tetapi jauh lebih umum untuk mengutip indeks viskositas (VI). Indeks viskositas mendefinisikan hubungan viskositas dengan suhu minyak pada skala tinggi dibandingkan dengan dua minyak pelumas standar. Minyak pelumas pertama mempunyai indeks viskositas 0, mewakili yang mempunyai kemungkinan dalam perubahan viskositas paling besar pada tempratur, biasanya ditemukan pada pelumas mineral. Minyak pelumas kedua mempunyai indeks viskositas 100, yang mempunyai kemungkinan kecil dalam perubaan viskositas pada tempratur dijumpai pada pelumas mineral dengan tidak adanya zat aditif yang relevan.

Persamaan untuk perhitungan indeks viskositas sampel minyak adalah.

$$VI = \frac{100(L-U)}{L-H} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan:

VI = Indeks Viskositas

U = Viskositas sampel di *centistoke* pada 40°C

L = Viskositas kinematika (cSt) pada 40°C dari minyak yang indeks viskositasnya = 0, yang mempunyai viskositas pada 100°C dengan minyak yang indeks viskositasnya di cari.

H = Viskositas kinematika (cSt) pada 40°C dari minyak yang indeks viskositasnya = 100 yang mempunyai viskositas kinematika yang sama pada 100°C dengan minyak yang dicari indeks viskositasnya.

2.2.4. Konduktivitas Thermal

2.2.4.1. Perpindahan Kalor

Menurut Pertiwi (2015) Konduktivitas termal (K) adalah sifat suatu zat yang mengalami perpindahan panas tinggi. Konduktivitas termal adalah suatu besaran intensif bahan yang menunjukkan kemampuannya untuk menghantarkan panas. Konduktivitas termal juga menunjukkan baik buruknya suatu material dalam menghantarkan panas. Material yang baik dalam menghantarkan panas disebut dengan konduktor, sedangkan material dalam menghantarkan panas yang buruk adalah isolator. Konduktivitas termal merupakan fungsi suhu dan akan bertambah sedikit kalau suhu naik, akan tetapi variasinya kecil dan sering dapat diabaikan. Perpindahan kalor adalah energi yang berpindah akibat perbedaan suhu, panas bergerak dari daerah bersuhu tinggi ke daerah bersuhu

rendah. Satuan SI untuk panas adalah joule, setiap benda memiliki energi dalam yang berhubungan dengan gerak acak dari atom-atom atau molekul penyusunya. Dalam proses perpindahan energi tersebut ada kecepatan perpindahan kalor yang terjadi yang dikenal dengan laju perpindahan. Ilmu perpindahan kalor merupakan ilmu untuk mengetahui laju perpindahan kalor yang terjadi pada kondisi tertentu. Bila dalam suatu sistem terdapat gradien suhu, atau apabila dua sistem yang suhunya berbeda disinggungkan, maka akan terjadi perpindahan energi. Proses ini disebut sebagai perpindahan kalor (*Heat Transfer*).

Tabel 2.3. Konduktivitas Thermal (Holman, 1993)

Konduktivitas Termal (K)		
Zat Cair	W/m.°C	Btu/hr.ft. °F
<i>Air-raksa</i>	8,21	4,74
<i>Air</i>	0,556	0,327
<i>Amonia</i>	0,540	0,312
<i>Minyak Pelumas SAE50</i>	0,147	0,085
<i>Freon 12, 22FCCI</i>	0,073	0,042

Perpindahan kalor pada umumnya mengenal tiga cara perpindahan panas yaitu konduksi (*conduction*) dikenal juga dengan istilah hantaran, konveksi (*convection*) dikenal juga dengan istilah aliran, dan radiasi (*radiation*).

Berikut adalah metode perpindahan kalor yang terjadi.

a. Perpindahan Kalor Konduksi

Konduksi adalah jenis perpindahan kalor yang tidak disertai dengan gerakan makroskopik mediumnya. Konduksi tidak hanya dapat terjadi pada benda padat saja. Konduksi dapat terjadi pada benda cair ataupun gas asalkan cairan ataupun gas tadi dalam kondisi tidak bergerak selama berlangsungnya perpindahan kalor. Laju perpindahan kalor konduksi selalu menuju ke lokasi di dalam medium yang memiliki temperatur yang lebih rendah dan arahnya selalu tegak lurus terhadap luas permukaan perpindahan kalor.

b. Perpindahan Kalor Konveksi

Konveksi adalah jenis perpindahan kalor yang terjadi antara suatu permukaan dengan aliran fluida yang melewatinya atau antara suatu fluida dengan fluida lainnya. Ada tiga jenis konveksi, yaitu:

1. Konveksi Paksa

Jenis konveksi dimana aliran fluida terjadi karena bantuan mekanisme eksternal.

2. Konveksi Bebas/Alami

Jenis konveksi dimana aliran fluidanya terjadi secara alami karena adanya perbedaan massa jenis.

3. Konveksi dengan Perubahan Fase

Jenis konveksi yang pada saat terjadinya diikuti dengan perubahan fase dari cair ke uap (pendidihan) atau dari uap ke cair (kondensasi).

Dari ketiga jenis perpindahan kalor konveksi yang telah disebutkan, konveksi dengan perubahan fase, dalam bentuk pendidihan (*boiling*) atau kondensasi (*condensation*), memiliki harga koefisien konveksi (h) yang paling tinggi yang diikuti dengan konveksi paksa (*forced convection*) dan yang paling

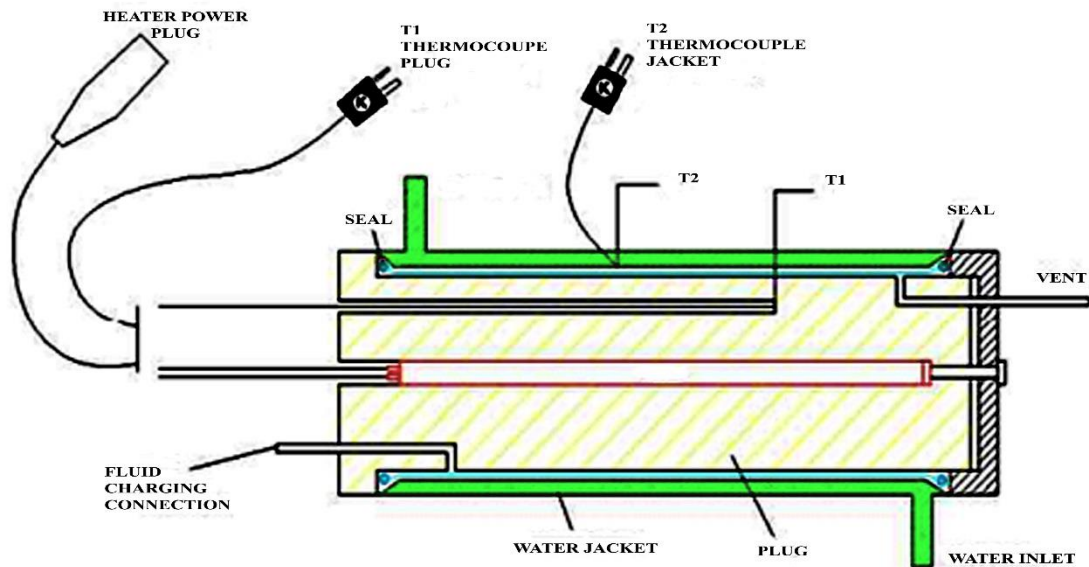
kecil adalah konveksi bebas (*free convection*)

c. Perpindahan Kalor Radiasi

Radiasi adalah perpindahan kalor antara suatu permukaan atau volume dengan permukaan atau volume yang lain terjadi secara langsung dan tanpa memerlukan hadirnya medium. Semua benda yang memiliki temperatur di atas temperatur nol mutlak (0 K atau -273°C) mengeluarkan radiasi termal dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Semua benda dapat pula terkena radiasi dan kemudian radiasi yang mengenainya tersebut dapat diserap, dipantulkan, ataupun diteruskan.

2.2.4.2. Pengukuran Konduktivitas Termal

Pengukuran konduktivitas termal dapat dilakukan dengan metode *steady state cylindrical cell*. Dasar dari pengukuran konduktivitas termal efektif ini berdasarkan pada pengaturan perbedaan temperatur dari sampel fluida yang ada di dalam sebuah ruang sempit berbentuk annular (*radial clearance*). Sampel fluida yang konduktivitas termal efektifnya akan diukur memenuhi/mengisi ruang kecil di antara sebuah plug yang dipanaskan dan sebuah selubung (*jacket*) yang didinginkan oleh air. *Plug* tersebut dipanaskan dengan menggunakan sebuah pemanas *catridge* yang dihasilkan dengan daya yang dikendalikan oleh *voltmeter* untuk mengurangi kelembapan termal dan variasi temperatur yang ada dan mengandung sebuah elemen pemanas yang berbentuk silinder yang mana resistensinya dalam suhu kerja (*working temperatur*) diukur dengan akurat.



Gambar 2.6. Skema alat konduktivitas termal (Irawansyah dan Kamal, 2015)

Persamaan untuk perhitungan konduktivitas termal sebagai berikut:

1. *Elemen Heat Input*

$$Q_e = V \times I \dots\dots\dots(2.4)$$

2. *Temperature Difference*

$$t = T_1 - T \dots\dots\dots(2.5)$$

3. *Conduction Heat Transfer Rate*

$$Q_c = Q_e - Q_i \dots\dots\dots (2.6)$$

4. *Thermal Conductivity*

$$K_{fluida} = \frac{Q_c \times \Delta r}{A \times \Delta t} \dots\dots\dots (2.7)$$

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

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

Dengan:

T1	=	Temperature Plug ($^{\circ}\text{C}$)
T2	=	Temperature Jacket ($^{\circ}\text{C}$)
V	=	Voltage (V)
I	=	Current (A)
Q _e	=	Element Heat Input (W)
Δt	=	Temperatur Different (K)
Δr	=	Radial Clearance (0,34 mm)
Q _i	=	Incidental Heat Transfer rate (W)
Q _c	=	Conduction Heat Transfer rate (W)
A	=	Luas efektif antara plug dan jacket ($0,0133 \text{ m}^2$)
K	=	Thermal conductivity (W/m.K)

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*) 1 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* (T1) dan *jacket* (T2) dengan menyesuaikan variabel *transformer*. (Irawansyah dan Kamal, 2015)

2.2.5. Sistem Pelumasan

Sistem pelumasan pada suatu kendaraan dibagi menjadi dua macam yaitu:

- a. Sistem Pelumasan Kering (*Dry Sump*)
- b. Sistem Pelumasan Basah (*Wet Sump*)

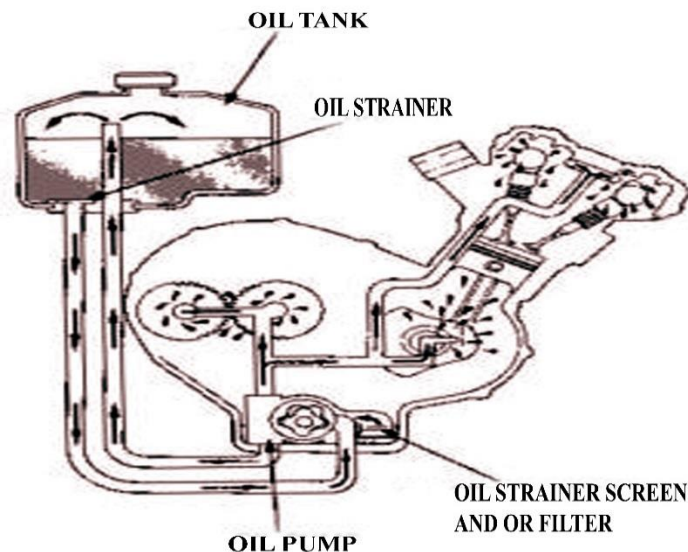
Berikut adalah keterangan lebih lanjut dari ketiga sistem pelumasan tersebut.

2.2.5.1. Sistem Pelumasan Kering (*Dry Sump*)

Sistem pelumasan kering merupakan sistem pelumasan dimana oli ditempatkan pada penampung terpisah atau tidak di bak engkol (*crank case*), sehingga transmisi, kopling, dan poros engkol tidak lagi terendam dalam oli

pelumas. Pompa pada sistem ini berfungsi ganda, pompa berfungsi mengirimkan oli keseluruhan komponen, sekaligus memompa oli keluar dari mesin menuju tangki eksternal. Pada sistem ini oli mengalir dari bak minyak pelumas yang berada diluar mesin kemudian mengalir ke bagian-bagian yang perlu dilumasi dengan memanfaatkan pompa. Setelah seluruh komponen dialiri pelumas, akibat gaya gravitasi oli mengalir ke tempat karter yang kemudian akan dihisap oleh pompa dan ditekan pada penampung oli.

Ilustrasi dari sistem pelumasan kering dapat dilihat pada Gambar 2.7. berikut.



Gambar 2.7. Sistem Pelumasan Kering (*Dry Sump*)

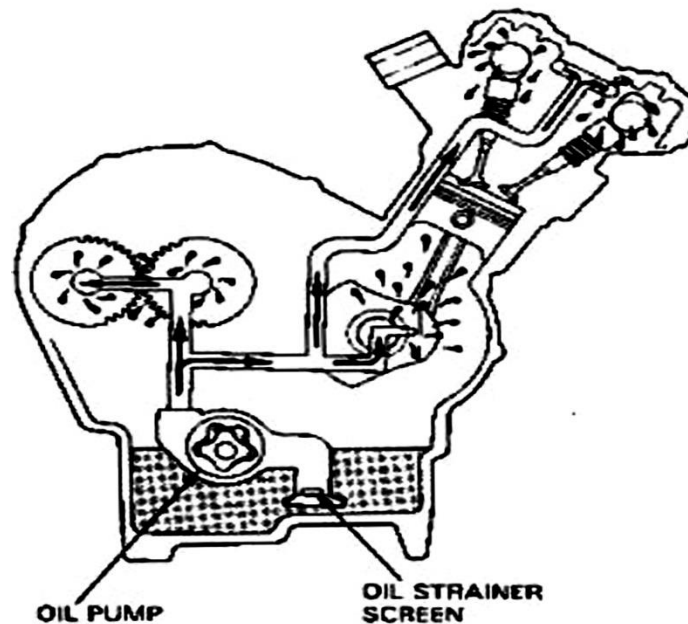
(http://serviceoto.blogspot.com/2016/04/sistem-pelumasan-motor-4-tak_57.html?m=1)

2.2.5.2. Sistem Pelumasan Basah (*Wet Sump*)

Sistem pelumasan basah merupakan sistem pelumas dimana oli ditempatkan di bak engkol (*crank case*), sehingga transmisi, kopling dan poros engkol terendam dalam oli pelumas. Pada sistem ini, oli dipompa dari genangan di crank case, dilewatkan filter oli atau strainer screen kemudian ditekan ke bagian mekanisme dalam mesin yang lainnya. Oli dikembalikan dari daerah yang

dilumasi dan mengalir menuju penampungan oleh gaya gravitasi.

Beberapa mesin tipe pelumasan basah (*wet sump*) hanya memakai strainer screen saja, dan beberapa tipe lainnya mengkombinasikan dengan sebuah filter tipe sentrifugal (melingkar), atau tipe filter kertas yang konvensional. Ilustrasi dari sistem pelumasan basah dapat dilihat pada Gambar 2.8. berikut.

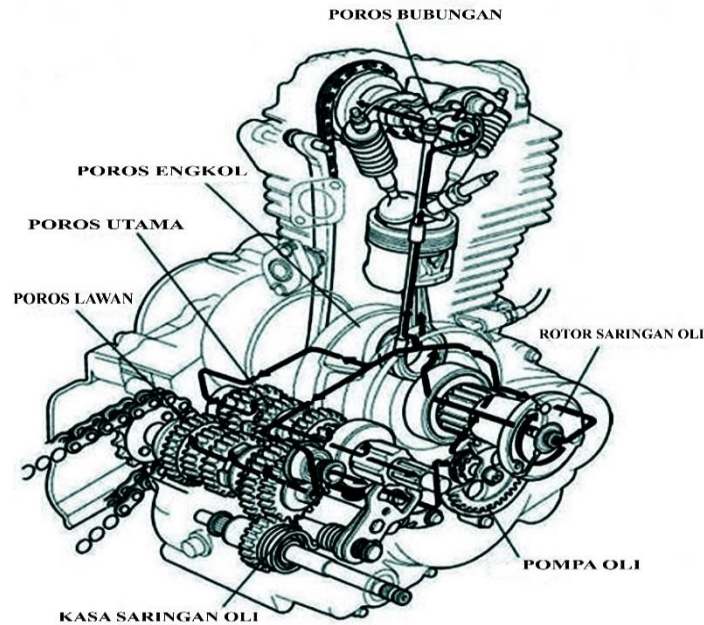


Gambar 2.8. Sistem Pelumasan Basah (*Wet Sump*)
http://serviceoto.blogspot.com/2016/04/sistem-pelumasan-motor-4-tak_57.html?m=1

2.2.5.3. Sistem Pelumasan Motor 4-Langkah

Sistem pelumasan pada motor empat langkah (4Tak) hanya menggunakan satu macam oli untuk melumasi seluruh bagian komponen mesin motor mulai dari komponen ruang bakar, komponen kopling dan komponen transmisi. Oleh sebab itu dibutuhkan oli yang sesuai dengan spesifikasi khusus untuk motor. Pada motor empat langkah pelumas disimpan pada *crank case* dan dialirkan ke seluruh komponen motor dengan bantuan pompa oli. Saluran dan sistem pengaliran pelumas pada motor yang satu dan

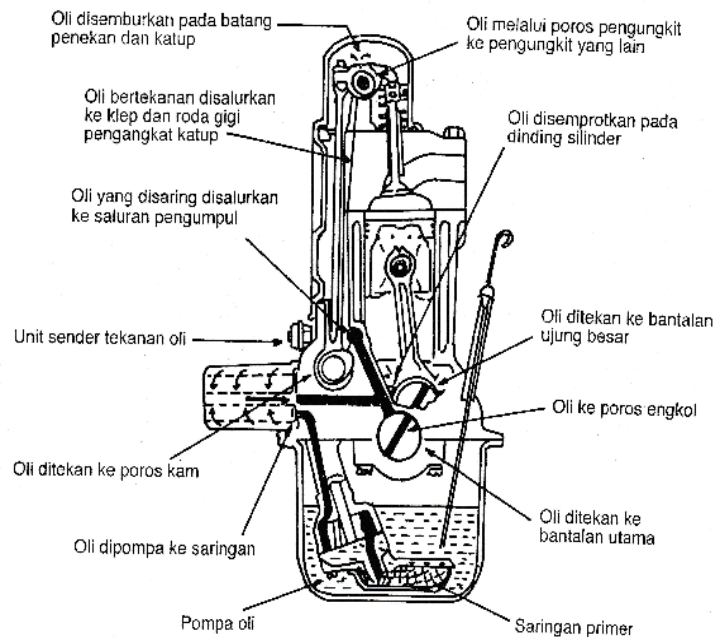
yang lainnya tidak sama, tetapi umumnya pengaliran pelumas mempunyai tiga cara yaitu:



Gambar 2.9. Sistem Pelumasan Motor 4-Langkah
(<http://chyrun.com/beda-sistem-pelumas-mesin-motor-4-tak-dan-2-tak/>)

- Minyak pelumas mengalir melalui bantalan utama poros engkol ke kepala besar batang torak dari sini pelumas disemprotkan untuk melumasi kepala kecil, silinder dan torak.
- Minyak pelumas dialirkan melalui saluran di dalam silinder ke poros hubungan dan dari sini minyak disemprotkan untuk melumasi lengan pemutus dan porosnya.
- Jalan yang ketiga minyak pelumas dipompakan kedua poros dirumah transmisi dan setelah melumasi roda gigi, mengalir melalui celah poros dan akhirnya melumasi kopling. (Daryanto, 2004)

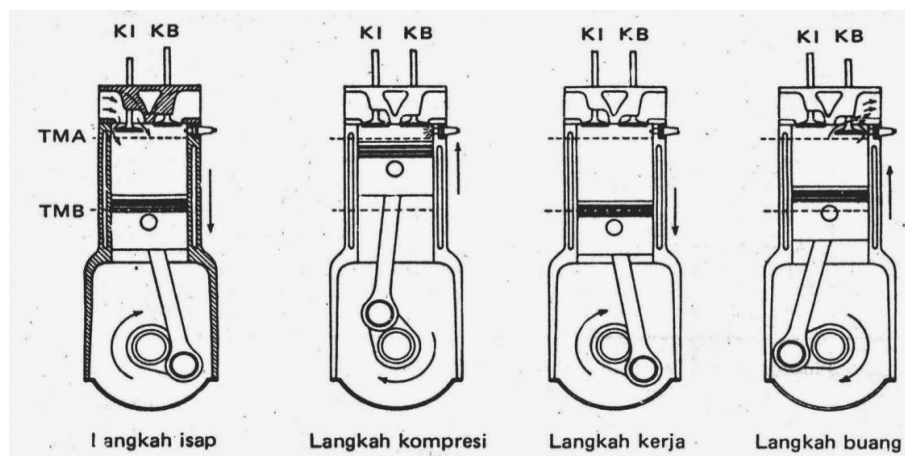
Pada Gambar 2.10. terlihat bak engkol (*crank case*) adalah *reservior* untuk oli pelumas. Volume oli pelumas diukur dengan ketinggian oli dengan bantuan tongkat pengukur pada bagian samping mesin dan harus mencukupi pada saringan pick up yang di bawah kondisi pengoprasian secara normal.



Gambar 2.10. Sistem Pelumasan pada Sepeda Motor (Lisunda, 2016)

2.2.6. Siklus Kerja Mesin 4-Langkah

Motor bakar 4-langkah adalah salah satu jenis mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang beroperasi menggunakan udara bercampur dengan bahan bakar dan untuk menyelesaikan satu siklusnya diperlukan empat langkah piston dan dua kali putaran poros engkol.



Gambar 2.11. Siklus Kerja Motor 4-Langkah

Keterangan mengenai proses-proses siklus kerja motor 4-langkah pada Gambar 2.11. dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Langkah hisap

Pada langkah hisap campuran udara dan bahan bakar dari karburator terhisap masuk ke dalam silinder dengan bergeraknya piston dari TMA menuju TMB. Katup hisap pada posisi terbuka, sedangkan katup buang pada posisi tertutup. Di akhir langkah hisap, katup hisap tertutup secara otomatis. Fluida kerja dianggap sebagai gas ideal dengan kalor spesifik konstan. Proses dianggap berlangsung pada tekanan konstan.

b. Langkah kompresi

Pada langkah kompresi katup hisap dan katup buang dalam keadaan tertutup. Selanjutnya piston bergerak dari TMB menuju TMA. Akibatnya campuran udara-bahan bakar terkompresi. Proses kompresi ini menyebabkan terjadinya kenaikan temperatur dan tekanan campuran tersebut, karena volumenya semakin kecil. Campuran udara-bahan bakar terkompresi menjadi campuran yang sangat mudah terbakar. Proses ini dianggap berlangsung secara isentropik.

c. Langkah kerja

Pada saat piston hampir mencapai TMA, loncatan nyala api listrik diantara kedua elektroda busi diberikan ke campuran udara-bahan bakar terkompresi sehingga sesaat kemudian campuran udara-bahan bakar ini terbakar. Akibatnya terjadi kenaikan temperatur dan tekanan yang drastis. Kedua katup masih dalam keadaan tertutup. proses ini dianggap sebagai proses pemasukan panas (kalor) pada volume konstan.

d. Langkah buang

Saat piston telah mencapai TMB, katup buang telah terbuka secara otomatis sedangkan katup hisap masih pada posisi tertutup. Gas hasil pembakaran didesak keluar melalui katup buang dikarenakan bergeraknya piston menuju TMA.

2.2.6.1. Parameter Pengukur Tenaga Mesin Dinamometer

Dinamometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur tenaga atau daya yang dikeluarkan atau dihasilkan oleh suatu mesin bermotor. Dinamometer juga digunakan untuk mengukur putaran mesin/RPM dan torsi dimana tenaga/daya yang dihasilkan dari suatu mesin atau alat yang berputar dapat dihitung. (Sari dan Adinata, 2013)

2.2.7. Parameter Unjuk Kinerja Mesin

2.2.7.1. Torsi Mesin

Torsi adalah sebuah besaran yang menyatakan besarnya gaya yang bekerja pada sebuah benda sehingga mengakibatkan benda tersebut berputar. Besarnya torsi tergantung pada gaya yang dikeluarkan serta jarak antara sumbu putaran dan letak gaya. Torsi adalah hasil perkalian silang antara vektor posisi lengan torsi r dengan gaya F . dirumuskan sebagai berikut:

$$T = r \times F \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan:

T = Momen gaya (N.m)

r = Lengan gaya = jarak sumbu rotasi ke titik tangkap gaya (mm)

F = Gaya yang bekerja pada benda (N)

2.2.7.2. Daya

Daya motor merupakan salah satu parameter dalam menentukan ukuran dari suatu motor. Daya adalah usaha tiap satuan waktu, dengan kata lain besarnya kerja motor selama periode waktu tertentu. Jika motor berputar n putaran tiap menit, maka usaha yang dilakukan oleh motor 4 langkah setiap menitnya adalah $\frac{1}{2} n$. Hal ini dikarenakan setiap dua putaran engkol menghasilkan satu kali langkah usaha. Untuk menghitung besarnya daya motor 4 langkah digunakan rumus:

Daya (HP) = ditentukan sebagai berikut:

$$P = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{60000} \text{ (kW)} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

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:

$$M_f = \frac{M_b}{\Delta t} \left(\frac{gr}{dt} \right) \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana: M_f = Konsumsi Bahan Bakar (gr/dt)

M_b = Massa bahan bakar (gr)

Δt = Waktu disaat kendaraan diakselerasi (detik)

2.2.7.4. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Konsumsi bahan bakar spesifik (*Specific Fuel Consumption*) menyatakan laju konsumsi bahan bakar pada suatu motor bakar torak, pada umumnya dinyatakan dalam jumlah massa bahan bakar per satuan keluaran daya. Konsumsi bahan bakar spesifik adalah indikator keefektifan suatu motor bakar torak dalam menggunakan bahan bakar yang tersedia untuk menghasilkan daya. Dengan demikian, semakin kecil SFC maka dapat dikatakan motor semakin hemat bahan bakar.

$$\text{SFC} = \frac{M_f}{P} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dengan: SFC = Konsumsi bahan bakar spesifik (kg/HP.h)

M_f = Konsumsi bahan bakar (kg/h)

P = Daya poros efektif (HP)