

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian ini membahas tentang pengaruh karakteristik dari sampel pelumas/oli yang diuji dengan menganalisis pengaruh terhadap kinerja sepeda motor. Untuk mendukung penelitian ini maka telah dilakukan kajian terhadap beberapa penelitian terdahulu. Adapun beberapa penelitian yang sudah akan mengarah ke penelitian yang sekarang ini dan akan dijelaskan dibawah ini.

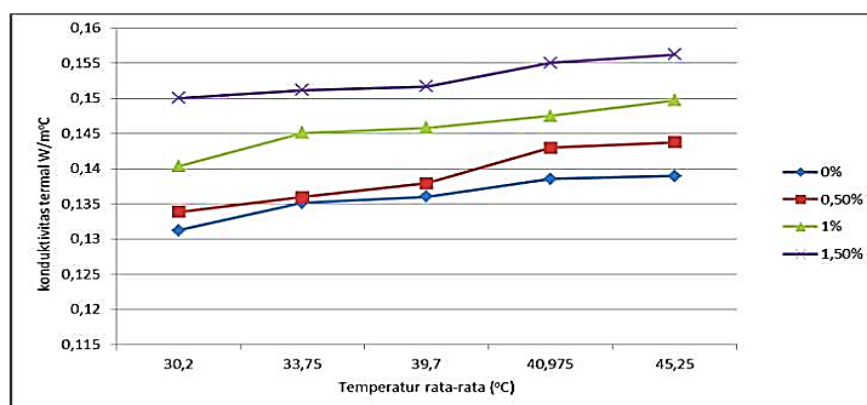
Nugroho (2016) melakukan analisa tentang pengaruh beberapa minyak pelumas terhadap kinerja motor Suzuki Satria Fu 150 cc. Dari pengujian yang dilakukan penurunan viskositas tersebut terlihat setelah naiknya temperatur. Pelumas sintetik memiliki viskositas yang lebih baik dibandingkan minyak pelumas semi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

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

Hadianto (2016) melakukan penelitian tentang minyak pelumas baru dan bekas. Penelitiannya bertujuan untuk menganalisa karakteristik viskositas dan konduktivitas termal minyak pelumas MPX2 baru dan MPX2 bekas serta

pengaruhnya terhadap motor Honda Vario 125 cc. Pada temperatur yang viskositas oli baru lebih tinggi dibandingkan dengan viskositas oli bekas. Pada temperatur ruangan menunjukkan viskositas oli baru berada pada kisaran 110 (mPas) sedangkan viskositas oli bekas berada pada kisaran 50-80 (mPas). Pada grafik tersebut 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.

Irwansyah dan Kamal (2015) melaksanakan penelitian terhadap fluida nano TiO_2 /oli termo XT32 dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur dan fraksi volume terhadap konduktivitas termalnya. Alat yang digunakan untuk pengujian adalah *thermal conductivity for liquids and gases unit* PA Hilton 1111 dengan mengamati perbedaan temperatur pada celah sempit antara plug (T1) dan jacket (T2). Pengambilan data konduktivitas termal dengan memvariasikan temperatur dan fraksi volume 0,5%, 1%, dan 1,5%. Adapun data yang diperoleh adalah sebagai berikut :



Gambar 2.1. Grafik hubungan antara fraksi volume dan temperatur terhadap konduktivitas termal (Irawansyah dan Kamal, 2012)

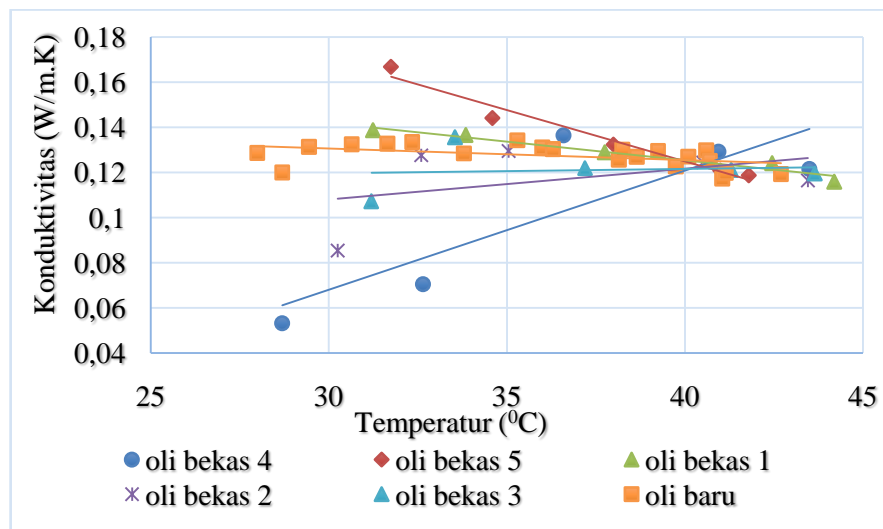
Pada Gambar 2.1. menunjukkan bahwa pengaruh konsentrasi fraksi volume partikel nano dan temperatur menyebabkan peningkatan nilai konduktivitas termal fluida nano dengan semakin tinggi konsentrasi fraksi volume dan temperatur, semakin tinggi nilai konduktivitas termalnya.

Menurut Arisandi (2012) pada pelumas/oli semi sintetis pada saat suhu kamar dari 0 km sampai 2000 km akan mengalami penurunan yang cenderung stabil dan pada suhu kerja dari 0 km sesampai 2000 km viskositas akan mengalami penurunan pelumas stabil.

Tabel 2.1. Prosentase Penurunan Kekentalan pada Temperatur 70°C (Efendi 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%

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



Gambar 2.2. Grafik hubungan konduktivitas termal terhadap temperatur
(Lisunda, 2016)

Pada Gambar 2.2. menunjukkan grafik perbandingan konduktivitas termal terhadap pengaruh perubahan temperatur. Konduktivitas termal yang tinggi pada oli menunjukkan bahwa oli tersebut mampu menghantarkan panas yang baik, sedangkan untuk sifat oli yang baik mampu menghantarkan konduktivitas termal yang stabil. Dari data penelitian sampel oli baru dan sampel oli bekas keduanya mengalami tren penurunan konduktivitas termalnya disebabkan pengaruh perubahan temperatur rendah ke temperatur tinggi. (Lisunda, 2016)

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Oli (Pelumas)

2.2.1.1 Pelumas

Oli (Pelumas) merupakan zat kimia yang umumnya cairan, yang akan diberikan di antara dua benda bergerak untuk mengurangi gaya-gaya gesek. Zat ini adalah fraksi hasil destilasi minyak bumi yang memiliki suatu suhu 105-135 derajat *celcius*. Pelumas berfungsi sebagai lapisan pelindung yang memisahkan dari dua permukaan yang berhubungan. Umumnya pelumas ini terdiri dari 90% minyak dasar dan 10% zat tambahan. Penggunaan pelumas/oli paling utama adalah oli mesin yang dipakai mesin dengan kinerja pembakaran dalam

kendaraan/motor. Fungsi utamanya yakni untuk melumasi dan mengurangi gesekan didalam mesin, meningkatkan efisiensi dan mengurangi keausan mesin, sebagai pendingin mesin dari panas yang akan timbul akibat gesekan-gesekan didalam mesin kendaraan/motor.



Gambar 2.3. Contoh oli yang dijual di Indonesia

Jenis minyak pelumas/oli yang sesuai dapat digunakan menurut tipe-tipe dan SAE, performa, maupun kebutuhan setiap penggunaannya. Mesin yang akan bekerja pada kecepatan tinggi memerlukan suatu nilai viskositas yang rendah dan mesin dengan kecepatan rendah memerlukan nilai viskositas yang tinggi.

Kode pengenal oli adalah SAE (*Society of Automotive Engineers*), suatu asosiasi yang mengatur standarisasi di berbagai bidang seperti bidang desain teknik, manufaktur, dll. Parameter ini biasanya sudah tercantum pada masing-masing kemasan oli dengan kode SAE, angka yang mengikuti di belakangnya, menunjukkan tingkat kekentalan oli tersebut. SAE 40 atau SAE 10W-50, semakin besar angka yang mengikuti kode oli menandakan semakin kentalnya oli tersebut. Sedangkan huruf W (*Winter*). SAE 10W-50, berarti pelumas tersebut memiliki tingkat kekentalan SAE 10 untuk kondisi suhu dingin dan SAE 50 pada kondisi suhu panas (Nugroho dan Sunarno, 2012).

2.2.1.2 Fungsi Oli (Pelumasan)

Jenis oli yang digunakan pada mesin khususnya pada kendaraan motor dan mobil harus memiliki fungsi-fungsi sebagai berikut :

- a. memperkecil koefisien gesek salah satu fungsi minyak pelumas merupakan untuk melumasi bagian mesin yang akan bergerak untuk mencegah keausan

akibat dua benda yang saling bergesekan. Minyak pelumas/oli membentuk Oil film di dalam dua benda yang bergerak sehingga dapat mencegah gesekan-gesekan atau kontak langsung diantara dua benda yang bergesekan tersebut.

b. Pendingin (*Cooling*)

Minyak pelumas/oli mengalir disekeliling komponen-komponen yang bergerak didalam mesin, sehingga panas yang akan timbul dari gesekan-gesekan dua benda tersebut akan terbawa atau merambat secara konveksi ke minyak pelumas/oli, sehingga minyak pelumas/oli pada kondisi yang berfungsi sebagai pendingin mesin kendaraan.

c. Pembersih (*Cleaning*)

Kotoran akan terbawa oleh minyak pelumas menuju karter yang selanjutnya dan akan mengendap dibagian bawah karter lalu ditangkap oleh magnet pada dasar karter. Kotoran yang ikut aliran minyak pelumas akan disaring difilter oli agar tidak terbawa dan terdistribusi kebagian-bagian mesin yang dapat mengakibatkan kerusakan.

d. Perapat (*Sealing*)

Minyak pelumas/oli yang terbentuk di bagian yang presisi dari mesin kendaraan berfungsi sebagai perapat, yakni untuk mencegah terjadinya kebocoran gas (*blow by gas*) misalnya antara piston dan pada dinding silindernya.

e. Sebagai Penyerap Tegangan

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

f. Pencegahan Korosi

Peranan pelumas dalam mencegah terjadinya korosi, yakni pertama saat mesin idle, pelumas/oli berfungsi sebagai preservative. Pada saat mesin itu bekerja pelumas/oli melapisi pada bagian-bagian mesin dengan lapisan pelidung yang mengandung aditif bertujuan untuk menetralkan bahan korosif (Arisandi, 2012).

2.2.1.3 Jenis–Jenis Oli

Minyak pelumas mesin atau oli mesin memang banyak jenisnya. Bergantung pada jenis-jenis penggunaan mesinnya itu sendiri yang akan membutuhkan pelumas/oli yang tepat untuk menambah atau mengawetkan usia pakai (*life time*) mesin kendaraan.

1. Pelumas Mineral

Menurut Arismunandar (1988) Oli Mineral adalah suatu oli yang berbahan bakar oli dasar (*base oli*) yang diolah dari minyak bumi. Minyak mineral adalah minyak yang paling sudah banyak digunakan sebagai bahan minyak pelumas/oli pada kendaraan saat ini. Kemampuan dan kelebihan yakni sebagai berikut :

- a) pada saat ini harga yang mungkin paling murah dan dapat dikatakan masih banyak dan tersedia di bengkel-bengkel terdekat. Walaupun harga minyak bumi terus menanjak, dibandingkan dengan bahan lainnya harganya masih jauh lebih murah.
- b) suhu kemampuan pengoperasinya yang cukup lebar untuk dapat melayani penggunaan di dalam industri maupun otomotif atau kendaraan motor.
- c) sifat-sifat kimia dan fisiknya mudah dikontrol oleh pabrik-pabrik maupun oleh suatu instansi yang berwenang.
- d) bahan tidak beracun.
- e) sudah dicampur dengan bahan-bahan mengandung zat kimia lain seperti bahan apa yang dikenal dengan nama aditif, dengan maksud untuk meningkatkan pada kemampuan unjuk kerja mesinnya.
- f) tidak merusak sekat (*seal*).
- g) mempunyai selang waktu yang ekonomis di dalam melayani mesin tergantung penggunaannya.

Bahan mineral minyak bumi yang merupakan bahan yang dapat menghasilkan bahan bakar dan minyak pelumas 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 berasal dari tumbuh-tumbuhan.

2. Pelumas Sintetik

Menurut Arismunandar (1988) pengertian bahasa sintetis diartikan sebagai bahan tiruan. Sifat dari minyak pelumas sintetis yakni sama pada minyak pelumas/oli biasa atau konvensional yang berasal dari suatu minyak bumi. Untuk penggunaan tertentu minyak pelumas sintetis mempunyai kualitas lebih baik daripada minyak pelumas mineral biasa. Pelumas/oli harus memiliki kekentalan lebih tepat pada temperatur tinggi ataupun temperatur yang rendah, ketika mesin dioperasikan karena nilai viskositas masing-masing oli akan berkurang jika suhu-suhu cairan akan dinaikkan. Suhu semakin tinggi diikuti makin rendahnya viskositas oli atau sebaliknya.

2.2.1.4 Analisa Minyak Pelumas

Analisa pada suatu minyak diperlukan supaya mengetahui proses-proses pemeliharaan *preventif*. Analisa bisa dilakukan pada sampel-sampel minyak pelumas/oli dengan cara mengukurnya.

- a. nilai viskositas merupakan sifat-sifat yang paling penting dari suatu minyak pelumas/oli. Viskositas yang rendah akan mengurangi kekuatan film minyak, melemahnya kemampuannya untuk mencegah gesekan yang berlebihan antar komponen yang bergesekan. Viskositas tinggi bisa menghambat aliran minyak pelumas/oli untuk melumasi bagian yang sempit dalam komponen mesin.
- b. kontaminasi minyak dengan air atau *coolant* dapat menyebabkan masalah besar di sistem pelumasan. Banyak aditif yang sekarang ini sudah digunakan dalam merumus pelumas/oli mengandung unsur yang sama pada pendinginan aditif.
- c. pengenceran karena BBM. Pengenceran minyak pelumas/oli didalam mesin melemahkan kekuatan film *fluida*, kemampuan penyegelan, dan deterjen.

Disebabkan pada operasi yang tidak benar, kebocoran sistem bahan bakar, masalah-masalah pengapian mungkin tidak tepat waktu, atau kekurangan lainnya.

- d. padatan konten adalah padatan dalam sistem pelumas dapat secara signifikan meningkatkan keausan pada bagian yang dilumasi. Aetiap kenaikan yang tidak diduga dalam suatu padatan dilapor adalah memprihatinkan.
- e. jelaga BBM adalah indikator yang digunakan untuk suatu analisa minyak pelumas/oli pada mesin berbahan bakar minyak premium. Jelaga bahan bakar selalu ada pada proses pembakaran tersebut.
- f. oksidasi minyak dapat menyebabkan endapan, korosi logam, atau penebalan minyak.
- g. nitrasi, bahan bakar dalam pembakaran di mesin hasil dari suatu nitrasi. Produk yang terbentuk sangatlah asam dan bisa meninggalkan endapan di daerah pembakarannya.
- h. *total acid number* merupakan ukuran dari suatu jumlah asam atau *acidlike* materi dalam sampel minyak. Karena minyak baru mempunyai kandungan aditif yang mempengaruhi jumlah total asam.
- i. *total base number* merupakan suatu kemampuan minyak untuk menetralkan keasaman tersebut. Semakin tinggi Jumlah dasar (TBN) maka semakin besar kemampuannya untuk menetralkan keasamannya.
- j. kandungan partikel merupakan suatu analisa penghitungan pada partikel menjadi bagian dari analisis minyak pelumas/oli. Dalam tes ini, jumlah partikel yang tinggi mengindikasikan mesin kendaraan/motor dengan pemakaian normal (Moblely, 2008).

2.3 Viskositas

2.3.1 Pengertian Viskositas

Viskositas adalah tegangan geser pada bidang fluida perunit perubahan kecepatan terhadap bidang normal. Semakin tinggi nilai viskositas pelumas akan semakin kental. Standarisasi viskositas bermacam-macam antara lain SAE, API, ASTM, ISO dan lain-lain. Pelumas di Indonesia biasanya menggunakan lebih dari

satu standar, dan yang paling penting sering digunakan adalah SAE. Tabel 2.2 menunjukkan viskositas dari SAE (Darmanto, 2011)

Tabel.2.2 Nilai Viskositas pada SAE(Darmanto, 2011)

SAE	Max Viscosity (cP pada °C)	Viscosity cSt pada 100 °C	
		Min	Max
0 W	3250 pada -30	3.8	-
5 W	3500 pada -25	3.8	-
10 W	3500 pada -20	4.1	-
15 W	3500 pada -15	5.6	-
20 W	4500 pada -10	5.6	-
25 W	6000 pada -5	9.3	-
20	-	5.6	9.3
30	-	9.3	12.5
40	-	12.5	16.3
50	-	16.3	21.9
60	-	21.9	26.1

2.3.2 Viskositas Pelumas

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

a. Kekentalan Dinamik atau Absolut

Viskositas dinamis adalah rasio tegangan geser yang dihasilkan pada saat fluida mengalir. Dalam satuan SI diukur dalam pascal-detik atau newton detik per meter persegi tapi centimeter-gram-detik (cgs) Unit centipoise lebih diterima secara luas.

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

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

b. Viskositas Kinematik

Viskositas kinematik merupakan sama dengan viskositas dinamis dibagi dengan kepadatannya. Dalam Unit SI adalah meter persegi perdetik, tetapi satuan cgs, Centistoke lebih luas diterima.

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

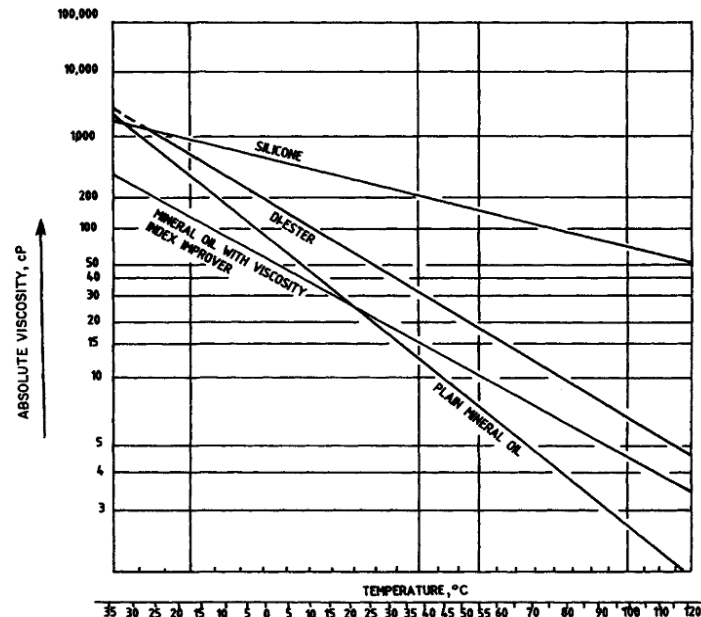
Centistoke merupakan suatu unit yang paling sering dikutip sebagai pemasok pelumas/oli dan pengguna. Dalam prakteknya, perbedaan antara viskositas kinematik dan dinamis tidak paling penting untuk minyak pelumas/oli, karena pada kepadatan mereka disuhu operasi biasanya terletak diantara 0,8 dan 1,2. Namun, ketika untuk beberapa sintetis (*fluorinated*) minyak dengan kepadatan tinggi, dan untuk gas, perbedaannya sangat signifikan. Viskositas minyak pelumas/oli kebanyakan adalah antara 10 sampai dengan 600 (cSt) pada saat suhu operasi, dengan angka rata-rata sekitar 90 cSt.

Beberapa ciri-ciri viskositas yang berkisar pada suhu operasi ditunjukkan pada tabel 2.3

Tabel 2.3 Tipe viskositas pada suhu operasi (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 antara viskositas dengan suhu minyak pada skala tinggi dibandingkan dengan dua minyak standar.



Gambar 2.4. Grafik indeks viskositas dengan temperatur
(Shigley, 2004)

Pada Gambar 2.4. menunjukkan bahwa disaat perubahan viskositas dengan suhu untuk beberapa minyak pelumas yang khas. Sebuah grafis presentasi jenis ini merupakan cara yang paling berguna untuk menampilkan informasi, tetapi jauh lebih umum digunakan untuk mengutip indeks viskositas (VI).

Persamaan untuk perhitungan indeks viskositas sampel minyak adalah

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

Dimna IV = Indeks viskositas, U = Viskositas sampel di centistokes di 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 dicari. H = Viskositas kinematika (cSt) pada 40°C dari minyak yang indeks viskositas = 100 yang mempunyai viskositas kinematika yang sama pada 100°C dengan minyak yang dicari IV-nya.

SAE merupakan Peringkat skala viskositas yang luas digunakan dan direproduksi pada tabel 2.4 hal ini dimungkinkan untuk memenuhi kebutuhan

minyak lebih dari satu rating. Kriteria indeks viskositas pada tinggi A minyak mineral dapat memenuhi 20W dan 30 dan kemudian akan disebut 20W / 30 *multigrade oil*. Lebih umum, minyak pada VI ditingkatkan bisa memenuhi 20W, 50 kriteria dan kemudian akan disebut 20W / 50 minyak rangkap.

Perhatikan bahwa pengukuran pada viskositas digunakan untuk menetapkan peringkat SAE dilakukan keluar pada saat laju geser yang rendah.

Tabel 2.4. Peringkat oli 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	

†15W may be used to identify 20W oils which have a maximum viscosity of 5000 cP.

2.3.3 Faktor–Faktor Yang Mempengaruhi Viskositas

Faktor-faktor yang mempengaruhi viskositas adalah sebagai berikut: (Bird, 1987)

a. Tekanan

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

b. Temperatur

Viskositas akan turun dengan naiknya suhu, sedangkan viskositas gas akan naik dengan naiknya suhu tersebut. Molekul-molekul cairan bergerak

sehingga gaya interaksi antar molekul-molekul akan melemah. Dengan demikian viskositas cairan akan turun dengan kenaikan temperaturnya.

c. Kehadiran zat lain

Pada minyak ataupun gliserin adanya penambahan air akan menyebabkan viskositas akan turun karena gliserin maupun minyak akan semakin encer, waktu alirnya akan semakin cepat.

d. Ukuran dan berat molekul

Viskositas akan naik dengan naiknya berat molekulnya. Misalnya pada laju aliran alcohol dengan cepat, larutan minyak laju aliran lambat dan kekentalanya akan tinggi serta laju aliran lambat sehingga viskositasnya juga tinggi.

e. Berat molekul

Viskositas akan naik jika ikatan rangkapnya semakin banyak.

f. Kekuatan antar molekul

Viskositas air akan naik dengan adanya ikatan hidrogen tersebut.

g. Konsentrasi larutan

Viskositas berbanding lurus dengan konsentrasi larutan. Pada suatu larutan dengan konsentrasi tinggi akan memiliki viskositas yang tinggi, karena konsentrasi larutannya menyatakan banyak partikel zat yang terlarut, gesekan antar partikel semakin tinggi dan viskositas semakin tinggi.

2.4 Konduktivitas Thermal

2.4.1 Perpindahan Kalor

Konduktivitas termal merupakan ilmu yang mengetahui perpindahan energi karena perbedaan dari suhu diantara benda, dan juga menunjukkan baik buruknya pada suatu material. Material yang dapat menghantarkan suatu panas dengan baik disebut konduktor, sedangkan yang kurang baik disebut isolator. Perpindahan panas adalah ilmu untuk meramalkan perpindahan pada energi dalam bentuknya panas yang terjadi, karena adanya perbedaan pada suhu di antara benda atau material. Dalam proses perpindahan energi tersebut ada sebuah kecepatan perpindahan panas yang terjadi, atau yang lebih dikenal dengan nama laju

perpindahan. Ilmu perpindahan panas juga merupakan ilmu untuk meramalkan pada laju perpindahan panas yang terjadi saat kondisi tertentu. Bila dalam suatu sistem terdapat gradien suhu, atau bila dua sistem yang suhunya berbeda disinggungkan, maka akan terjadilah perpindahan energi. Proses ini disebut sebagai perpindahan panas (*Heat transfer*).

Tabel 2.5. Konduktivitas Termal (Holman, 1993)

Konduktivitas Termal		
K		
Zat Cair	W/m.°C	Btu/h. 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 lumas, SAE 50</i>	0,147	0,085
<i>Freon 12, 22FCCI</i>	0,073	0,042

Perpindahan kalor dapat didefinisikan sebagai suatu proses perpindahan suatu energi (kalor) dari satu daerah ke daerah lain akibat adanya suatu perbedaan temperatur pada daerah-daerah tersebut. Ada tiga bentuk mekanisme pada perpindahan panas yang diketahui, adalah konduktivitas, konveksi, dan radiasi. (Holman, 1993)

Berikut adalah metode perpindahan panas yang terjadi :

a. Perpindahan Kalor Konduksi

Holman(1993) menyatakan bahwa pada suatu benda terdapat suatu gradient suhu (*temperature gradient*), akan terjadi suatu perpindahan energi dari bagian bersuhu tinggi ke bagian rendah. Bahwa energi itu berpindah secara konduktivitas dan laju perpindahan kalor itu berbanding dengan gradient suhu normal.

Berdasarkan daya hantaran, perpindahan kalor konduktivitas memiliki dua zat yaitu sebagai berikut:

- Konduktor merupakan zat yang mudah menghantarkan kalor
Contoh: Alumunium, besi
- Isolator yaitu zat yang sulit menghantarkan kalor
Contoh: Kayu, plaster, plastik

b. Perpindahan Kalor Konveksi

Holman(1993) menyatakan bahwa plat logam panas akan menjadikan dingin lebih cepat bila ditaruh pada depan kipas angin dibandingkan dengan ditaruh diudara tenang. Bahwa kalor dikonveksi keluar dan proses ini dinamakan perpindahan kalor secara konveksi. Perpindahan kalor konveksi dibagi menjadi 2, yaitu :

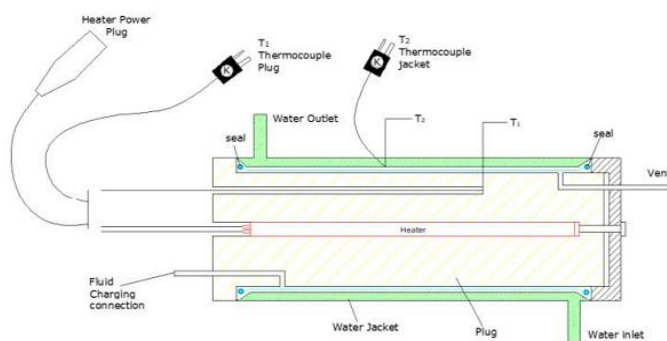
- Konveksi Alami
Proses Perpindahan kalor melalui zat-zat yang disertai dengan perpindahan partikel-partikel zat tersebut akibat perbedaan massa jenis.
Contoh : Pemanasan Air
- Konveksi Paksa
Proses perpindahan kalor melalui zat-zat yang disertai dengan perpindahan partikel-partikel zat akibat suatu paksaan terhadap partikel bersuhu tinggi tersebut. Contoh : Pendinginan Mesin Mobil

c. Perpindahan Panas Radiasi

Proses pada saat panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah, bila benda itu terpisah didalam ruangan, bila terdapat ruangan hampa antara benda. Menurut Holman (1993) menyatakan berlainan dengan mekanisme konduktivitas dan konveksi, dimana perpindahan energi terjadi melalui bahan-bahan antara, kalor juga dapat berpindah melalui daerah-daerah hampa. Mekanismenya disini adalah sinar atau radiasi elektromagnetik.

2.4.2 Pengukuran Konduktivitas Termal

Pengukuran konduktivitas dapat dilakukan dengan cara metode *steady state cylindrical cell*. Dasar pengukuran konduktivitas termal efektif berdasarkan pengaturan perbedaan temperatur dari sampel fluida yang ada didalam ruangan sempit yang berbentuk annular (*radial clearance*). Sampel fluida yang konduktivitas thermal efektifnya akan diukur dengan memenuhi/mengisi ruangan kecil diantara sebuah plug yang dipanaskan dan sebuah selubung (*jacket*) yang didinginkan oleh air. Plug tersebut dipanaskan dengan menggunakan suatu pemanas *catridge* yang dihasilkan dari daya yang kemudian dikendalikan oleh suatu voltmeter dan ammeter standar yang terpasang pada panel. Plug tersebut dibuat dari bahan aluminium untuk mengurangi kelembapan termal dan variasi temperatur yang ada dan mengandung sebuah elemen pemanas yang berbentuk seperti silinder yang mana resistensinya pada suhu kerja (*working temperature*) diukur dengan sangat akurat.



Gambar 2.5. Skema alat konduktivitas termal

Persamaan untuk perhitungan konduktivitas termal sebagai berikut:

1. *Elemen Heat Input*

$$Q_e = V \cdot I$$

2. *Temperatur Different*

$$\Delta t = T_1 - T_2$$

3. *Conduction Heat Transfer Rate*

$$Q_c = Q_e - Q_i$$

4. *Thermal Conductivity*

$$K_{\text{fluida}} = \frac{Q_c \cdot \Delta r}{A \cdot \Delta t}$$

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

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

Dimana :

T_1 = Temperatur *Plug* (°C)

T_2 = Temperatur *Jacket* (°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 m²

K = *Thermal conductivity* (W/m.k)

Ruang bebas tersebut cukup kecil untuk mencegah adanya suatu konveksi alamiah (*natural convection*) didalam sampel cair. Karena *radial clearance* yang relatif kecil, sampel cairan yang ada didalam ruang dapat digambarkan sebagai sebuah pelapis tipis (*lamina*) dari area dipermukaan (*face area*) l dan ketebalan r

terhadap perpindahan panas dari suatu panas yang berasal dari suatu plug keselubung (*jacket*). Perhitungan yang diperlukan untuk mengukur konduktivitas termalnya yaitu temperatur *plug* (T1) dan *jacket* (T2) dengan menyesuaikan variabel *transformer* (Irawansyah dan Kamal, 2015).

2.5 Jenis-Jenis Pelumasan

Daryanto(2004) ada tiga macam sistem pelumasan, yaitu

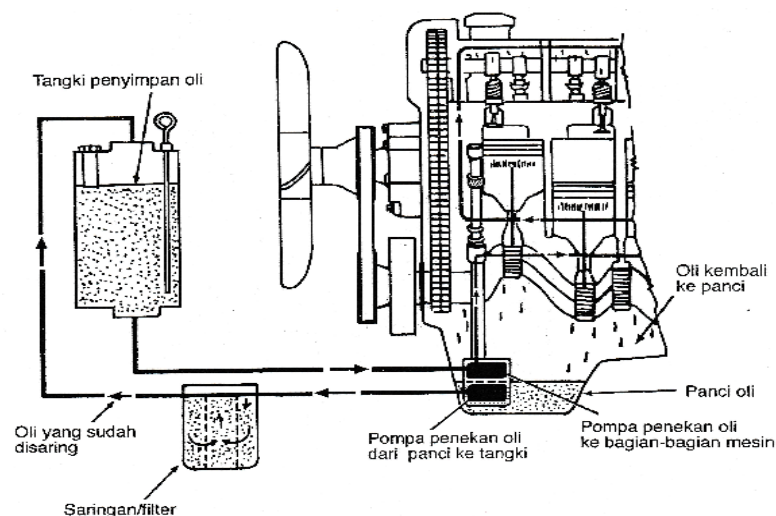
- a. Bentuk kering
- b. Bentuk basah
- c. Bentuk kabut

Berikut ini adalah keterangan lebih lanjut dari ketiga sistem pelumasan tersebut.

2.5.1 Sistem Pelumasan Kering

Sistem pelumasan kering jarang digunakan pada kendaraan motor, walaupun ada beberapa truk berat yang menggunakannya. Pelumasan kering ini banyak digunakan pada :

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

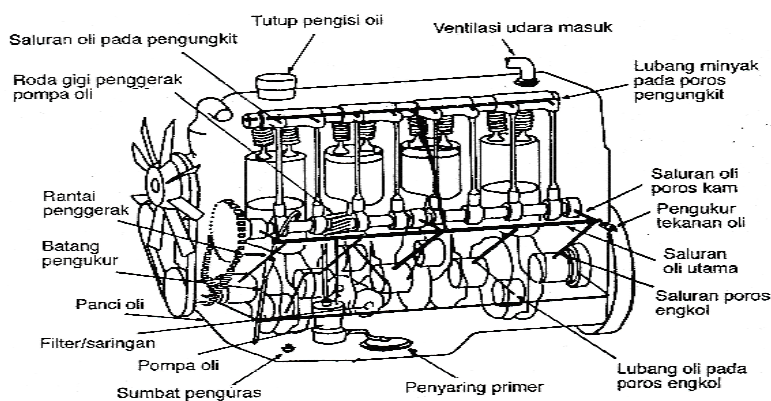


Gambar 2.6. Sistem pelumasan tipe kering (Daryanto, 2004)

Oli pelumas ditempatkan ditangki atau tempat pelumas diluar mesin. Oli pelumas dialirkan dengan tekanan pompa yang kemudian diedarkan pada bagian-bagian mesin yang bergerak melalui pipa atau alur-alur dalam blok mesin. Setelah seluruh komponen diberi pelumas, oli jatuh ketempat penampungan dibagian bawah sebuah pompa atau gayung tempat oli itu dinaikkan lagi kepanci untuk diedarkan.

2.5.2 Sistem Pelumasan Basah

Sistem ini sering digunakan pada motor mobil pada zaman ini. Oli pelumas ditempatkan pada tempat oli atau pada penyaring yang dipasang dibagian dasar atau posisi paling bawah dari ruangan mesin penggerak. Pelumas dialirkan kebagian mesin yang bergerak dengan kombinasi dari pemancaran penyemprotan dan tekanannya. Waktu poros engkol dari mesin itu berputar, ujung besar dari suatu poros batang torak tercelup oli di dasar ruang mesin dan menyiramkan oli kebagian seluruh mesin, dibagian bawah setengah ruang. Terkadang pada ujung besar dari poros batang torak terdapat suatu penggaruk oli yang berfungsi sebagai pembantu pengambilan oli tersebut. Jika putarannya mesin meningkat tinggi, maka oli akan berubah menjadi kabut lembut sehingga bisa masuk kebagian dalam bawah mesin tersebut.

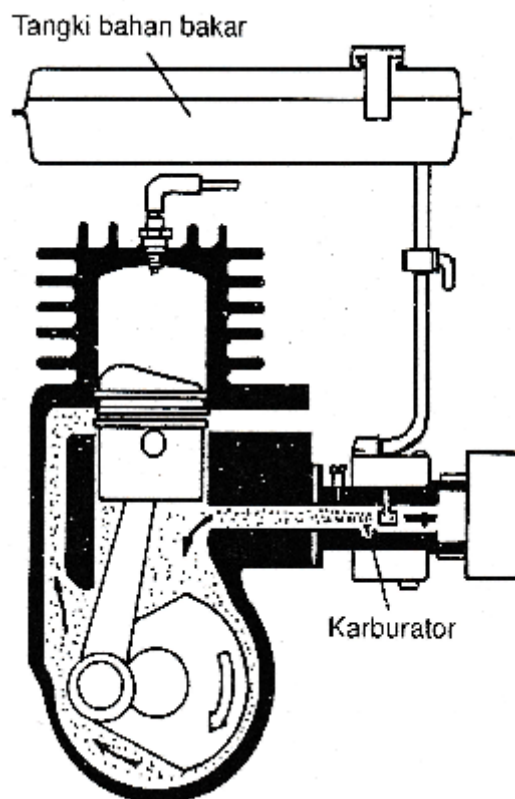


Gambar 2.7. Sistem pelumasan basah (Daryanto, 2004)

2.5.3 Sistem Pelumasan Kabut

Sistem pelumasan kabut dipakai dimesin kecil dua tak, yaitu

- a. Mesin pemotong rumput.
- b. Sepeda motor.
- c. Kapal boat.
- d. Generator.
- e. Kompresor.

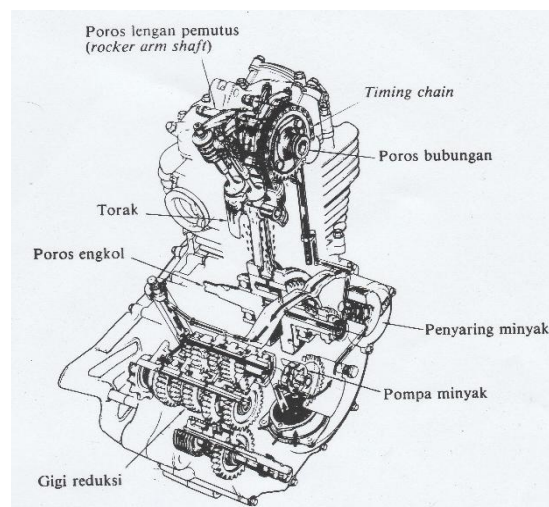


Gambar 2.8. Pelumasan campur bahan bakar (Daryanto, 2004)

Oli pelumas dicampurkan pada bensin pada perbandingan tertentu dan dimasukkan kedalam tangki minyak. Campuran bensin dan oli ini dimasukkan lagi melalui karburator kedalam ruangan pemutar mesin dalam bentuk kabut sehingga oli memberi pelumas pada mesin-mesin yang berputar akibat pembakarannya. Cara lainnya yakni memakai pompa oli yang menekan oli kedalam alirannya.

2.5.4 Sistem Pelumasan Motor 4 Langkah

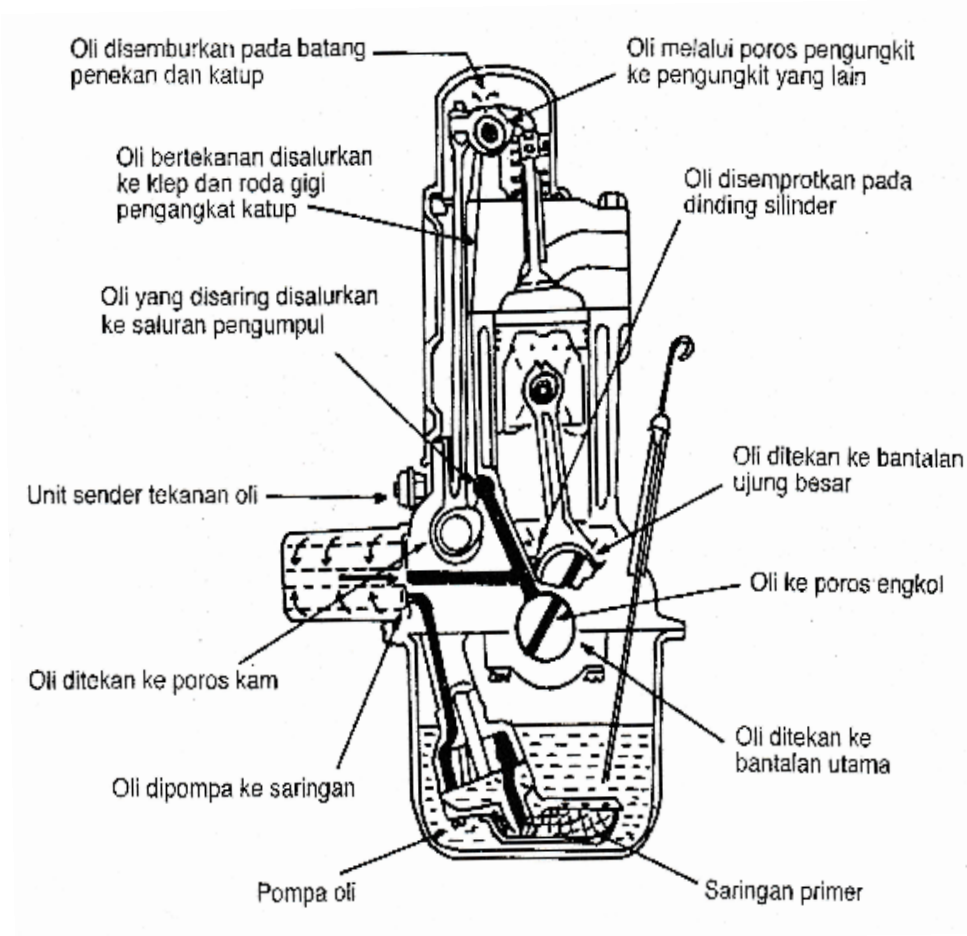
Daryanto(2004) minyak motor disimpan ditempat dibak minyak dirumah poros engkol dan mengalirnya kebagian yang berputar pada motor dengan menggunakan pompa minyak. Saluran dan sistem pengaliran minyak pada motor yang satu tidak sama dengan motor yang lainnya, tetapi umumnya seperti terlihat digambar sepeda motor dirumah melalui 3 cara, yaitu sebagai berikut:



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

- Minyak yang mengalir melalui bantalan utama poros engkol kekepala besar batang torak dari sini minyak disemprot dan pelumasnya kepala kecil, silinder dan torak.
- Minyak dialirkan melalui saluran didalam silinder keporos hubungan dan dari sini minyak disemprotkan untuk melumasi lengan pemutus dan poros.
- Jalan yang ketiga minyak dipompakan kedua poros dirumah transmisi dan setelah itu melumasi roda roda gigi mengalir melalui antar poros dan akhirnya melumasi kopling.

Panci oli adalah reservoir untuk oli pelumasan. Isinya diukur dengan menggunakan jumlah oli dengan bantuan tongkat pengukur dibagian samping mesin dan harus mencukupi saringan *pick up* yang dibawah kondisi pengoperasiannya secara normal.



Gambar 2.10. Sistem pelumasan (Daryanto, 2004)

2.6 Dinamometer

Dinamometer atau *Dyno Test* adalah sebuah alat yang juga digunakan untuk mengukur putaran mesin atau rpm dan torsi atau daya yang dihasilkan dari suatu mesin atau alat yang berputar dapat dihitung.

2.6.1 Torsi Mesin

Torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerjanya, besaran torsi merupakan besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berputar pada poros. momen putar motor adalah gaya dikalikan dengan jarak panjang lengan (Arends & Berenschot, 1980) dirumuskan sebagai berikut :

$$T = F \times r$$

Dimana :

T = Torsi benda berputar (N.m)

F = Gaya sentrifugal dari benda yang berputar (N)

R = Jarak lengan torsi (mm)

2.6.2 Daya

Daya motor adalah salah satu parameter dalam menentukan performa pada sepeda motor. Pengertian dari daya adalah besar kerjanya motor selama beberapa waktu tertentu, (Arends & Berenschot, 1980). Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan dinamometer dan tachometer. Untuk menghitung besarnya daya motor 4 langkah digunakan rumus:

Daya (HP) = ditentukan sebagai berikut :

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

Dimana :

P = Daya (HP)

n = Putaran Mesin (rpm)

T = Torsi (Nm)

2.7 Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar adalah ukuran bahan bakar yang dikonsumsi motor untuk menghasilkan suatu tenaga mekanis, laju pemakaiannya bahan bakar tiap detiknya dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\dot{M}_f = \frac{\dot{M}_b}{\Delta t} \left(\frac{\text{gr}}{\text{dt}} \right)$$

Dimana :

\dot{M}_f = Konsumsi bahan bakar (gr/dt)

\dot{M}_b = Massa bahan bakar (gr)

Δt = Waktu disaat kendaraan diakselerasi (detik)