

## BAB II

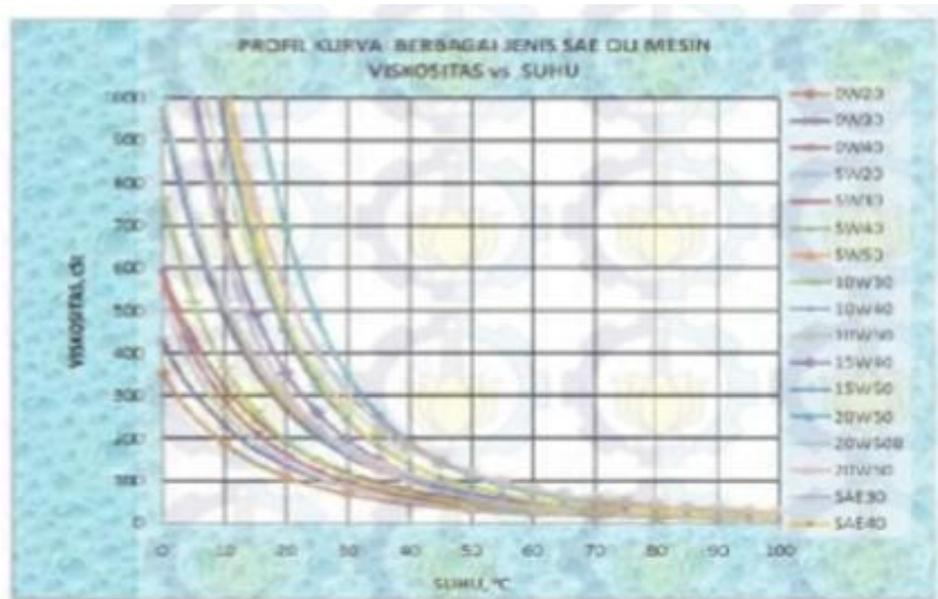
### DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian ini akan membahas tentang karakteristik dari sampel minyak pelumas yang di uji dengan menganalisis pengaruhnya pada kinerja sepeda motor. Untuk melakukan penelitian ini harus didukung dengan beberapa penelitian terlebih dahulu. Adapun beberapa penelitian terdahulu yang akan mendukung penelitian ini.

Pada penelitian Nurhadiyanto dalam Effendi (2014) tentang pengaruh temperatur kerja minyak jenis *SAE 10W-40*, *SAE 20W-50*, dan *SAE 40W* terhadap viskositas. Cara penelitiannya adalah dengan menentukan kekentalan pelumas dengan menggunakan suatu alat yang disebut viscometer. Pelumas yang dimasukkan kedalam viscometer adalah sekitar 200 ml (atau sampai penuh) kemudian dipanaskan dengan variasi suhu : 28<sup>0</sup>c , 55<sup>0</sup>c , 95<sup>0</sup>c , dan 130<sup>0</sup>c. Setelah sampai pada suhu yang diharapkan, tali pada puli diberi beban sekitar 20gram untuk memperoleh kecepatan puli. Dengan mengetahui kecepatan puli dan kecepatan rotor maka viskositas oli pada suhu suhu tersebut dapat diukur. Hasil pengujian memperlihatkan kenaikan temperatur kerja pada minyak pelumas terutama jenis *SAE 10W-40*, *SAE 20W-50*, dan *SAE 40W* yang akan mengurangi tingkat kekentalan dan 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*, namun pada suhu tinggi ketiga jenis pelumas cenderung memiliki viskositas yang hampir sama.

Menurut M.Fuad (2011) Viskositas adalah gesekan internal fluida. Gaya viskos melawan gerakan sebagian fluida relatif terhadap yang lain. Viskositas adalah suatu pernyataan “tahanan untuk mengalir” dari suatu sistem yang mendapatkan suatu tekanan. Makin kental suatu cairan, makin besar gaya yang di butuhkan untuk membuatnya mengalir pada kecepatan tertentu. Viskositas fluida dinotasikan dengan  $\eta$  “eta” sebagai rasio tegangan geser.



**Gambar 2.1** Viskositas oli terhadap suhu (M Fuad dalam Nugroho, 2011).

Gambar 2.1 menjelaskan profil kurva setiap jenis SAE oli mesin, dari mulai SAE kode rendah sampai tinggi. Dari grafik ini terlihat bahwa sesungguhnya perbedaan nyata kekentalan dari setiap jenis SAE oli mesin hanya terjadi pada suhu rendah dibawah  $40^{\circ}\text{C}$ . Tetapi di atas suhu itu, grafik kekentalan semua jenis SAE oli mesin menuju ke satu garis lurus.

M.Arisandi, Darmanto, T.Priangkoso (2012) dalam penelitiannya Analisa Pengaruh Bahan Dasar Pelumas Terhadap Viskositas Pelumas dan Konsumsi Bahan Bakar. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh bahan dasar pelumas terhadap viskositas dan konsumsi bahan bakar. Pada penelitian ini menggunakan jenis pelumas mineral, semi sintetik dan sintetik. Pengukuran dilakukan pada setiap jarak tempuh 500 km dengan jarak total 2000 km. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pelumas sintetik mempunyai kestabilan viskositas paling baik, pada temperatur kerja maupun kamar, pelumas mineral paling rendah kestabilan viskositasnya baik pada suhu kerja maupun suhu kamar, kestabilan viskositas pada temperatur kerja cenderung lebih baik jika dibandingkan pada temperatur kamar untuk semua jenis pelumas dan konsumsi bahan bakar paling irit pada pemakaian pelumas sintetik.

Dalam penelitian Effendi dan Adawiyah (2014) perubahan kekentalan pelumas pada pelumas merk *SGO SAE 20W-50* adalah 18.59 , pelumas merk *AHMMPX1 SAE 10W-30* adalah 16.22 , pelumas merk Yamalube SAE 20W-40 adalah 17.27 , pelumas merk Shel HX5 SAE 15W-50 adalah 19.56 , Castrol SAE 20W-50 adalah 18.20 dilihat pada tabel.

Merek Pelumas		Pengujian Sampel										Rerata
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SGO SAE 20w-50	Kamar	30.33	29.17	26.44	30.33	32.67	28.78	30.33	31.11	30.33	29.17	29.87
	70 C	19.06	17.50	18.67	20.22	17.50	18.67	17.89	19.44	18.67	18.28	18.59
AHMMPX1 SAE10w-30	Kamar	21.78	21.00	20.22	23.33	21.78	21.39	20.61	21.00	21.78	21.39	21.43
	70 C	17.89	14.78	16.33	18.67	14.78	17.11	15.56	14.78	15.17	17.11	16.22
Yamalube SAE 20w-40	Kamar	21.78	24.11	26.44	28.00	25.67	23.33	23.33	26.44	25.28	26.06	25.04
	70 C	15.56	15.94	17.50	19.44	17.50	18.67	16.33	17.50	17.89	16.33	17.27
Shel HX5 SAE15w-50	Kamar	28.39	26.06	25.28	23.33	26.44	27.22	26.44	25.28	24.89	25.28	25.86
	70 C	20.61	18.67	20.61	19.44	19.06	18.67	18.67	19.83	20.61	19.44	19.56
CastrolSAE 20w-50	Kamar	26.06	28.00	31.50	26.83	26.44	27.22	28.00	28.78	26.44	29.17	27.84
	70 C	19.06	17.89	16.33	17.50	18.67	17.89	18.67	17.50	19.06	19.44	18.20

**Gambar 2.2** Harga kekentalan pelumas (Effendi, Adawiyah 2014)

Menurut Hardiyanto (2016) Penelitian dengan judul Analisa Karakteristik Viskositas dan Konduktivitas Thermal Minyak Pelumas MPX2 Baru dan MPX2 Bekas Beserta Pengaruhnya Terhadap Kinerja Motor Honda Scoopy 110 Cc Tahun 2012 bertujuan untuk mengetahui viskositas dan konduktivitas thermal pada minyak pelumas baru dan minyak pelumas bekas. Selain itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan pengaruh minyak pelumas baru dan minyak pelumas bekas terhadap kinerja mesin sepeda motor. Hasil penelitian ini menyebutkan kestabilan viskositas minyak pelumas berada pada temperatur kerja, baik minyak pelumas baru maupun minyak pelumas bekas cenderung lebih baik dibandingkan temperatur ruangan. Sampel dari minyak pelumas baru dan minyak pelumas bekas pada temperatur kerja tidak memiliki selisih yang besar.

Menurut Ghofar (2016) penelitian dengan judul Karakteristik Viskositas dan Konduktivitas Thermal Minyak Pelumas Mesran Super, Shell Advance AX7

dan Top One Revolution serta pengaruhnya terhadap kinerja motor Suzuki Satria F150 menyebutkan bahwa :

1. Pelumas berjenis mineral memiliki nilai konduktivitas thermal yang rendah dan ada kenaikan nilai konduktivitas thermal ketika temperatur naik. Sedangkan pada pelumas semi sintetis memiliki konduktivitas lebih tinggi dari mineral dan nilai konduktivitas thermalnya cenderung lebih stabil. Pada pelumas berjenis sintetis lebih tinggi dari pelumas semi sintetis dan pelumas mineral. Dari ketiga pelumas penurunan nilai konduktivitas thermal dan temperatur dinamika.
2. Nilai viskositas tertinggi pada suhu kamar terdapat pada pelumas jenis mineral , dan nilai viskositas terendah pada pelumas berjenis sintetis.
3. Pelumas sintetis menghasilkan daya yang tinggi yaitu sebesar 16,4 Hp ketika dilakukan pengujian daya terhadap kecepatan putar mesin.
4. Pelumas sintetis memperoleh torsi yang tinggi yaitu 13,51 N.m.

Menurut Aris (2016) Penelitian yang berjudul kajian tentang Pengaruh Penggunaan Beberapa Jenis Minyak Pelumas Terhadap Kinerja Motor 4 Langkah 150 Cc. Pengujian ini menggunakan tiga merk minyak pelumas baru yaitu pelumas mineral (Mesran Super SAE 20W-50), dan minyak pelumas semi sintetis (Yamalube Sport 10W-40) dan minyak pelumas sintetis (Motul 5100 10W-40). Pengujian ini menggunakan sepeda motor CB 150 R. Hasil penelitian ini menyebutkan bahwa nilai konduktivitas thermal minyak pelumas bermerk Motul 5100 paling tinggi dan perubahan viskositas minyak pelumas Motul lebih stabil dibandingkan dengan minyak pelumas Yamalube Sport dan Mesran Super. Kenaikan torsi dan daya minyak pelumas Motul cenderung lebih tinggi yaitu  $1,91 \times 10^{-3}$  Hp/rpm dan  $8,63 \times 10^{-4}$  Nm/rpm dari Mesran Super lebih hemat 16,38% dari Yamalube Sport. Nilai konduktivitas yang tinggi membuat daya dan torsi cenderung naik.

Mawardi Silaban (2011) dalam penelitiannya Kinerja Mesin Bensin Berdasarkan Perbandingan Pelumas Mineral dan Sintetis dimana menguji kinerja mesin bensin berdasarkan perbandingan pemakaian pelumas mineral dan sintetis

Dari hasil pengujian yang dilakukan bahwa mesin dengan menggunakan pelumas mineral mengkonsumsi bahan bakar spesifik 0,524 – 1,043 kg/kW-jam, dan dengan menggunakan pelumas sintetis 0,457 – 0,604 kg/kW-jam. Daya poros yang dihasilkan dengan menggunakan pelumas mineral 1,985 – 3,465 kW, dan dengan menggunakan pelumas sintetis 2,038 – 3,519 kW. Efisiensi thermal dengan menggunakan pelumas mineral 8,04 – 15,99 %, dan dengan menggunakan pelumas sintetis 15,21–17,56 %.

Dilihat dari beberapa tinjauan pustaka diatas, dapat diketahui bahwa ada berbagai parameter untuk melakukan pengujian tentang kekentalan (viskositas) minyak pelumas dan penelitian mengenai konduktivitas thermal pada minyak pelumas. Hal yang dapat mempengaruhi viskositas adalah suhu,minyak pelumas yang baik adalah minyak pelumas yang lebih stabil terhadap adanya perubahan suhu. Nilai konduktivitas thermal yang tinggi pada minyak pelumas menandakan bahwa semakin baik pula kualitas minyak pelumas tersebut. Dari pengujian yang dilakukan pada viskositas dan konduktivitas minyak pelumas tersebut, dapat diketahui bahwa viskositas minyak pelumas yang paling baik ada pada pelumas berjenis sintetis dan nilai konduktivitas thermal tertinggi terdapat pada minyak pelumas berjenis sintetis. Dalam hal ini, kami akan melakukan penelitian dan pengujian mengenai minyak pelumas sintetis mana yang lebih baik kualitasnya dan akan kami bandingkan dengan minyak pelumas standar rekomendasi dari perusahaan untuk sepeda motor yang digunakan. Beberapa hal yang akan diteliti adalah pengaruh viskositas dan konduktivitas thermal terhadap torsi, daya dan konsumsi bahan bakar pada sepeda motor yang digunakan, sehingga akan diketahui minyak pelumas manakah yang paling baik bagi sepeda motor tersebut.

## **2.2 Dasar Teori**

Dalam dasar teori ini akan dibahas hal hal yang menyangkut dari judul penelitian yang kami lakukan.

### 2.2.1 Sistem Pelumasan

Pada saat mesin bekerja, gesekan yang terjadi antara komponen komponen mesin tersebut akan mengakibatkan hilangnya tenaga dan bagian bagian mesin tersebut relatif menjadi cepat aus dan dapat mengalami kerusakan. Oleh karena itu, komponen komponen perlu dilumasi agar hilangnya tenaga, keausan dan kerusakan dapat diminimalisir. Berikut adalah fungsi sistem pelumasan:

1. Melumasi bagian mesin yang bergerak untuk mengurangi gesekan sehingga tidak kehilangan tenaga dan meminimalisir keausan dan kerusakan.
2. Mendinginkan bagian bagian komponen mesin yang panas akibat gesekan.
3. Membentuk lapisan yang dapat mencegah kontak langsung permukaan logam dengan logam.
4. Mencegah karat dibagian bagian mesin.

Besarnya gesekan dapat dikurangi dengan menggunakan pelumas yang fungsinya memisahkan dua permukaan yang bersentuhan. Akan tetapi di dalam kenyataannya tidak ada gerakan tanpa gesekan karena tidaklah mudah untuk memperoleh pemisah yang sempurna. Lagipula gesekan terjadi juga pada permukaan yang dilumasi itu yang disebabkan oleh adanya tegangan geser pada pelumas sendiri (Arismunandar, 2002)

Efisiensi dan efektifitas kinerja mesin kendaraan bermotor sangat dipengaruhi oleh kondisi minyak pelumas yang digunakan (Suyanto dalam Diatniti dkk, 2015).

### 2.2.2 Fungsi Pelumas

Fungsi utama suatu pelumas adalah untuk mengendalikan friksi dan keausan. Namun pelumas juga melakukan beberapa fungsi lain yang bervariasi tergantung dimana pelumas tersebut diaplikasikan.

Pencegahan korosi adalah peranan pelumas yang berfungsi sebagai *preservative*. Pada saat mesin bekerja pelumas akan melapisi bagian mesin dengan lapisan pelindung yang mengandung adiktif untuk menetralkan bahan

korosif. Kemampuan pelumas untuk mengendalikan korosi tergantung pada ketebalan lapisan fluida dan komposisi kimianya.

Pengurangan panas adalah fungsi pelumas, dimana pelumas tersebut mampu menghilangkan panas yang dihasilkan baik dari gesekan atau sumber lain. Perubahan suhu dan oksidatif material akan menurunkan efisiensi pelumas (Sukirno dalam Nugroho, 2012).

### **2.2.3 Standard Minyak Pelumas**

Standarisasi minyak pelumas yang digunakan pada mesin kendaraan bermotor pertama kali dilakukan oleh Society of Automotive Engineers (SAE) pada tahun 1911 dengan kode SAE J300. Minyak pelumas dibuat dan dikelompokkan berdasarkan tingkat kekentalannya. Semakin tinggi angkanya semakin kental minyak pelumas tersebut. Ada juga kode angka *multigrade* seperti SAE 10w-50, yang dapat diartikan bahwa pelumas memiliki tingkat kekentalan sama dengan SAE 10 pada suhu udara dingin (W=Winter) dan SAE 50 pada suhu udara panas (Wijaya, R. Indra dalam Nugroho, 2012).

### **2.2.4 Sifat Minyak Pelumas**

(Arismunandar, 2002) berikut adalah beberapa sifat minyak pelumas yang perlu diperhatikan jika ingin digunakan untuk memenuhi fungsinya.

#### **a. Kekentalan**

Kekentalan pada minyak pelumas harus sesuai dengan fungsi minyak pelumas tersebut untuk mencegah keausan pada bagian permukaan yang bergesekan, terutama beban besar pada putaran rendah. Minyak pelumas yang terlalu kental sulit mengalir melalui salurannya, disamping menyebabkan kerugian daya mesin yang terlalu besar. Biasanya kekentalan minyak pelumas diuji pada temperatur 210 F dan dinyatakan dengan bilangan SAE ; misalnya SAE 30; SAE 40; SAE 50; dan seterusnya. Semakin kental, semakin tinggi bilangan itu. Ada kalanya pengujian tersebut dilakukan pada temperatur 0 F.

#### **b. Indeks Kekentalan**

Kekentalan minyak pelumas berubah ubah menurut temperatur. Minyak pelumas yang baik tidak terlalu peka terhadap perubahan temperatur, sehingga minyak pelumas dapat berfungsi sebagaimana mestinya, baik dalam keadaan dingin, pada waktu mesin mulai berputar maupun dalam temperatur kerja. Untuk mengukur perubahan kekentalan tersebut dipakai indeks kekentalan yang diperoleh dengan cara sebagai berikut.

Minyak pelumas didinginkan dari 210 F sampai dengan 100 F, lalu perubahan tersebut dicatat kekentalannya. Sebagai bahan bandingan diambil perubahan (dalam proses yang sama) yang terjadi pada minyak pelumas dasar-parafin yang kekentalannya tidak peka terhadap perubahan temperatur dan minyak pelumas dasar-naftenik yang kekentalannya peka terhadap perubahan temperatur. Apabila perubahan kekentalannya sama seperti pada minyak pelumas dasar-naftenik, indeks kekentalannya 0. Dengan memasukkan zat tambahan ke dalam minyak pelumas, didapatlah indeks kekentalan yang lebih berat dari 100.

c. Titik Tuang

Pada temperatur tertentu, yang disebut titik tuang adalah minyak pelumas akan membentuk jaringan kristal yang menyebabkan minyak itu sulit mengalir. Karena itu sebaiknya dipergunakan minyak pelumas dengan titik tuang yang serendah rendahnya untuk menjamin agar minyak pelumas dapat mengalir dengan lancar ke dalam pompa dan salurannya pada setiap operasi.

d. Stabilisasi

Perubahan susunan kimia terjadi pada beberapa pelumas ketika temperaturnya tinggi kimianya sehingga terjadilah endapan yang mengakibatkan cincin torak melekat pada alurnya. Dalam beberapa hal minyak pelumas dapat membentuk lumpur apabila bercampur dengan air dan beberapa komponen hasil pembakaran. Selain itu lumpur tersebut akan mengubah kekentalan dan menutup saluran minyak. Karena itu bak

minyak pelumas haruslah terdapat ventilasi yang cukup baik agar minyak pelumas atau gas pembakaran dapat keluar dengan leluasa dari bak minyak pelumas.

e. Kelumasan

Minyak pelumas harus memiliki kelumasan atau sifat melumasi yang cukup baik, yaitu dapat melindungi permukaan logam. Hal ini berarti bahwa dalam segala keadaan selalu akan terdapat lapisan minyak pelumas pada permukaan bagian mesin yang bersentuhan. Sifat ini sangat penting untuk melindungi permukaan bagian tersebut. Misalnya, pada waktu *start*, yaitu pada saat minyak pelumas belum cukup banyak atau pompa minyak pelumas belum bekerja sebagaimana mestinya.

### 2.2.5 Jenis Jenis Pelumas

Berdasarkan jenis base oilnya minyak pelumas diklasifikasikan menjadi tiga yaitu minyak pelumas mineral, minyak pelumas semi sintetik dan minyak pelumas sintetik. Pelumas ditentukan dari komponen komponen penyusun pelumas sesuai dengan spesifikasi kegunaan pelumas tersebut.

a. Pelumas Mineral

Pelumas mineral adalah pelumas yang dihasilkan dari *refinery* minyak bumi. Yaitu dari pengolahan lanjut *long residue* yang merupakan fraksi berat hasil distilasi minyak mentah. Disebut *long residue* karena minyak ini dapat diolah lebih lanjut.

b. Pelumas Semi Sintetik

Diperoleh dengan cara mencampur (*blending*) antara pelumas sintetik dengan pelumas mineral. Sehingga didapat kombinasi dari 2 sifat komponen penyusunnya.

c. Pelumas Sintetik

Pelumas sintetik dibuat dari hidrokarbon yang telah mengalami proses khusus. Minyak ini dibuat melalui proses kimia menghasilkan molekul baru yang memiliki stabilitas termal, oksidasi dan kinerja yang optimal.

### 2.2.6 Viskositas

Viskositas dapat dianggap sebagai gerakan dibagian dalam (internal) suatu fluida (Sears & Zemansky dalam Effendi, 2014). Viskositas (kekentalan) berasal dari perkataan Viscous (Soedjo dalam Effendi, 2014).

Viskositas dari suatu pelumas dipengaruhi oleh perubahan suhu dan tekanan, apabila suhu suatu pelumas meningkat maka viskositasnya akan menurun, maka viskositasnya akan meningkat ini berarti pelumas akan mudah mengalir ketika pada suhu panas dibandingkan pada saat suhu dingin. Viskositas pada pelumas akan meningkat seiring meningkatnya juga tekanan yang ada di sekitar pelumas (Hangar dalam Effendi, 2014).

Viskositas merupakan ukuran kekentalan fluida yang menyatakan besar kecilnya gesekan dalam fluida. Semakin besar viskositas fluida, maka semakin sulit suatu fluida untuk mengalir dan juga menunjukkan semakin sulit suatu benda bergerak didalam fluida tersebut. Di dalam zat cair, viskositas dihasilkan oleh gaya kohesi antara molekul zat cair sehingga menyebabkan adanya tegangan geser antara molekul-molekul yang bergerak (Mutmainnah dalam Effendi, 2014).

### 2.2.7 Faktor Faktor yang Mempengaruhi Viskositas

Faktor yang mempengaruhi viskositas (Rana dalam Hardiyanto, 2015)

a. Tekanan

Viskositas fluida cair naik ketika adanya kenaikan tekanan, sedangkan viskositas pada gas tidak dipengaruhi oleh tekanan.

b. Temperatur

Viskositas fluida cair turun dengan adanya kenaikan pada temperatur, sedangkan pada viskositas gas naik dengan adanya kenaikan temperatur. Molekul yang ada pada fluida cair akan bergerak sehingga interaksi antar molekul melemah. Dengan begitu viskositas fluida cair turun dengan kenaikan pada temperatur.

c. Kehadiran Zat lain

Penambahan gula tebu akan meningkatkan viskositas air, adanya tambahan seperti bahan suspensi dapat menaikkan viskositas air. Pada

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

d. Ukuran dan berat molekul

Kenaikan berat molekul dapat membuat kenaikan pada viskositas. Aliran alkohol cepat, larutan minyak laju aliran lambat dan kekentalannya tinggi serta laju aliran lambat sehingga viskositasnya juga tinggi adalah beberapa contoh.

e. Berat Molekul

Ikatan rangkap yang bertambah banyak akan menyebabkan kenaikan pada viskositasnya.

f. Kekentalan pada Molekul

Ikatan hidrogen dapat menaikkan viskositas air.

g. Konsentrasi Larutan

Viskositas berbanding lurus dengan konsentrasi larutan. Larutan dengan konsentrasi tinggi akan memiliki viskositas yang tinggi, konsentrasi pada larutan menyatakan banyak partikel zat yang terlarut, gesekan antar partikel semakin tinggi dan viskositasnya semakin tinggi pula.

### 2.2.8 Alat Ukur Viskositas

Alat ukur viskositas adalah (Viskometer) alat yang digunakan untuk mengukur viskositas pada suatu larutan. Mengukur kecepatan dari suatu cairan mengalir melalui gelas kapiler, bila cairan itu mengalir cepat maka viskositas pada cairan itu rendah dan apabila cairan mengalir lambat maka viskositas cairan tersebut tinggi. Beberapa tipe viskometer yang biasa digunakan :

1. Viskometer Ostwald

Viskometer Ostwald digunakan dengan cara mengukur waktu yang dibutuhkan bagi cairan dalam melewati 2 tanda ketika mengalir karena gravitasi melalui viskometer ostwald.

2. Viskometer Hoppler

Viskometer Hoppler digunakan berdasarkan hukum Stokes. Kecepatan maksimum akan dicapai jika gravitasi sama dengan tahanan medium. Besarnya gaya tahanan *frictional resistance* pada benda berbentuk bola.

### 3. Viskometer Cup and Bob

Dalam viskometer ini sampel dimasukkan dalam ruang antara rotor dan mangkuk yang sesuai dengan rotor. Berbagai alat yang tersedia berbeda dalam hal bagian, dimana ada yang berputar adalah bagian rotor atau bagian yang berputar adalah mangkuknya.

### 4. Viskometer Cone and Plate

Pada viskometer ini, sampel ditempatkan ditengah tengah papan, dinaikkan sehingga posisi berada dibawah kerucut. Kerucut digerakkan oleh motor dengan berbagai kecepatan dan pada bagian sampel dapat digeser di dalam ruang sempit antara papan yang diam dan kerucut yang berputar. Alat ukur kekentalan yang dapat menentukan secara turin viskositas absolut cairan dalam volume sampel kecil.

## 2.2.9 Konduktivitas Termal

Perpindahan panas merupakan ilmu untuk meramalkan perpindahan energi dalam bentuk panas yang terjadi karena adanya perbedaan suhu di antara benda atau material. Dalam proses perpindahan energi tersebut tentu ada kecepatan perpindahan panas yang terjadi, atau yang lebih dikenal dengan laju perpindahan panas. Maka ilmu perpindahan panas juga merupakan ilmu untuk meramalkan laju perpindahan panas yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu. Perpindahan kalor dapat didefinisikan sebagai suatu proses berpindahnya suatu energi (kalor) dari satu daerah ke daerah lain akibat adanya perbedaan temperatur pada daerah tersebut. Ada tiga bentuk mekanisme perpindahan panas yang diketahui, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi (Holman dalam Heri, 2016).

### 2.2.9.1 Proses Perpindahan Kalor

#### a. Proses Perpindahan Kalor secara Konduksi

Proses perpindahan kalor dimana kalor mengalir dari daerah yang bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur rendah dalam suatu

medium (padat, cair, gas) atau antara medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung sehingga terjadi pertukaran energi dan momentum.

b. Perpindahan Kalor secara Konveksi

Perpindahan panas karena adanya gerakan/aliran/pencampuran dari bagian panas ke bagian yang dingin. Contohnya adalah kehilangan panas dari radiator mobil, pendinginan dari secangkir kopi dll. Menurut cara menggerakkan alirannya, perpindahan panas konveksi diklasifikasikan menjadi dua, yakni konveksi bebas (*free convection*) dan konveksi paksa (*forced convection*). Bila gerakan fluida disebabkan karena adanya perbedaan kerapatan karena perbedaan suhu, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi bebas (*free/natural convection*). Bila gerakan fluida disebabkan oleh gaya pemaksa/eksitasi dari luar, misalkan dengan pompa atau kipas yang menggerakkan fluida sehingga fluida mengalir di atas permukaan, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi paksa (*forced convection*).

c. Perpindahan Kalor secara Radiasi

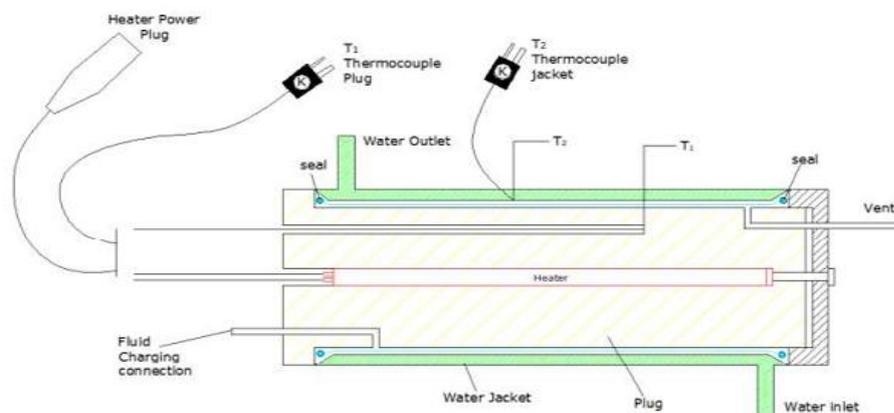
Perpindahan ini adalah proses dimana panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah bila benda-benda itu terpisah di dalam ruang, bahkan jika terdapat ruang hampa di antara benda-benda tersebut. Energi radiasi dikeluarkan oleh benda karena temperatur yang dipindahkan melalui ruang antara dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Bila energi radiasi menimpa suatu bahan, maka sebagian radiasi dipantulkan, sebagian diserap dan sebagian diteruskan.

### 2.2.9.2 Pengukuran Konduktivitas Termal

Pengukuran konduktivitas dapat dilakukan dengan metodely *steady state cylindrical cell*. Dasar dari pengukuran konduktivitas thermal efektif ini berdasarkan pada pengetesan perbedaan temperature dari sampel fluida yang ada didalam sebuah ruang sempit berbentuk *annular radial clearance*. Sampel fluida yang konduktivitas thermal efektifnya akan diukur memenuhi mengisi ruang kecil di antara sebuah *plug* yang dipanaskan dan sebuah selubung *jacket* yang

dinginkan oleh air. *Plug* tersebut dipanaskan dengan menggunakan sebuah pelumas *cartidge* yang dihasilkan dengan daya yang dikendalikan oleh voltmeter dan amperemeter standar yang terpasang pada panel. *Plug* tersebut dibuat dari alumunium untuk mengurangi kelembapan termal dan variasi temperatur yang ada dan mengandung sebuah elemen pemanas yang berbentuk silinder yang mana resistensinya dalam suhu kerja diukur dengan akurat.

Ruang bebas tersebut cukup kecil untuk mencegah adanya konveksi ruang alamiah natural *convection* didalam sampel fluida tersebut. Karena *radial clearance* yang relatif kecil tersebut, sampel fluida yang ada didalam ruang tersebut dapat digambarkan sebagai sebuah pelapis tipis (*lamina*) dari area permukaan *face* antara *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* dengan menyesuaikan variabel *transformer* (Irwansyah dkk, 2015). Persamaan untuk perhitungan konduktivitas termal sebagai berikut:



**Gambar 2.3** Skema Alat Konduktivitas Termal (Santosa dan Nurcahyadi, 2016)

1. *Elemen Heat Input*

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

2. *Temperature Different*

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

3. *Conduction Heat Transfer Rate*

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

#### 4. Thermal Conductivity

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

Keterangan:

T1 = Tempertur *plug* (□)

T2 = Temperatur *jacket*(□)

V = *Voltage* (V)

I = *Current* (A)

Qe = *Element Heat input* (W)

$\Delta t$  = *Temperature different* (K)

$\Delta r$  = Jarak antara *plug* dan *jacket*, *Radial Clearance* (mm) = 0.34 mm

Qi = *Incidental Heat Transfer Rate* (W)

Qc = *Conduction Heat Transfer Rate* (W)

A = Luas efektif antara *plug* dan *jacket* = 0.0133 m<sup>2</sup>

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

#### 2.2.10 Dinamometer

Dinamometer atau *Dynotest* adalah sebuah alat yang juga digunakan untuk mengukur putaran mesin atau rpm dan torsi dimana tenaga atau daya yang dihasilkan dari suatu mesin atau alat yang berputar dapat dihitung. Beberapa jenis dinamometer :

##### 1. Dinamometer Mesin

Dinamometer Mesin digunakan untuk mengetahui besar jumlah tenaga/daya yang dikeluarkan oleh suatu mesin. Dalam prakteknya, dinamometer mesin digunakan untuk mengukur torsi dan daya sebenarnya yang dihasilkan dari mesin kendaraan bermotor. Dinamometer mesin memberikan data yang tentang seberapa besar daya dan torsi yang dapat dihasilkan.

##### 2. Dinamometer Rangka

Dinamometer atau *Chassis* adalah suatu alat uji otomotif yang digunakan untuk mengukur daya sebenarnya yang diberikan motor kepada roda-roda penggerak.

### 2.2.11 Pengertian Motor Bakar

Salah satu penggerak mula yang banyak dipakai adalah mesin kalor, yaitu mesin yang menggunakan energi thermal untuk melakukan kerja mekanik atau mengubah energi thermal menjadi energi mekanik. Energi tersebut dapat diperoleh dengan proses pembakaran. Ada dua golongan, yaitu mesin pembakaran luar dan mesin pembakaran dalam. Mesin pembakaran luar adalah mesin uap sedangkan mesin pembakaran dalam adalah motor bakar torak dan sistem turbin gas. Dalam motor bakar torak menggunakan silinder yang terdapat piston/torak yang bergerak bolak balik, dan didalam terjadi pembakaran dengan oksigen (Arismunandar, 2002). Dua golongan motor bakar yang ditinjau dari proses pembakarannya :

#### 1. *Compression Ignition Engine*

Motor bakar diesel/*Compression Ignition Engine*. Pada motor diesel, mesin dinyalakan dengan menyemprotkan bahan bakar ke dalam ruang bakar yang berisi udara bertekanan tinggi dan bertemperatur tinggi sehingga terjadi pembakaran. Udara bertekanan dan bertemperatur tinggi tersebut dihasilkan dari kompresi udara pada langkah hisap, karena itu pada motor bakar diesel digunakan perbandingan kompresi yang tinggi.

#### 2. *Spark Ignition Engine*

Motor Bakar Bensin/*Spark Ignition Engine*. Pada motor bakar bensin, percikan bunga api dari busi digunakan untuk menyalakan mesin. Campuran bahan bakar dari karburator yang masuk kedalam ruang bakar, terbakar oleh percikan bunga api dari busi sehingga terjadi kenaikan energi kalor dalam ruang bakar dan diubah menjadi energi mekanik untuk menggerakkan poros engkol. Berdasarkan jumlah langkah tiap siklusnya motor bakar dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu :

##### a. Motor Bakar Empat Langkah

Proses kerja motor empat langkah diperoleh dalam empat langkah berturut-turut dalam dua putaran poros engkol.

#### 1. Langkah Hisap

Piston bergerak dari TMA (Titik Mati Atas) ke TMB (Titik Mati Bawah), sekaligus menghisap campuran udara dan bahan bakar melalui lubang pemasukan. Pada saat ini katup masuk terbuka dan katup buang dalam keadaan tertutup.

#### 2. Langkah Kompresi

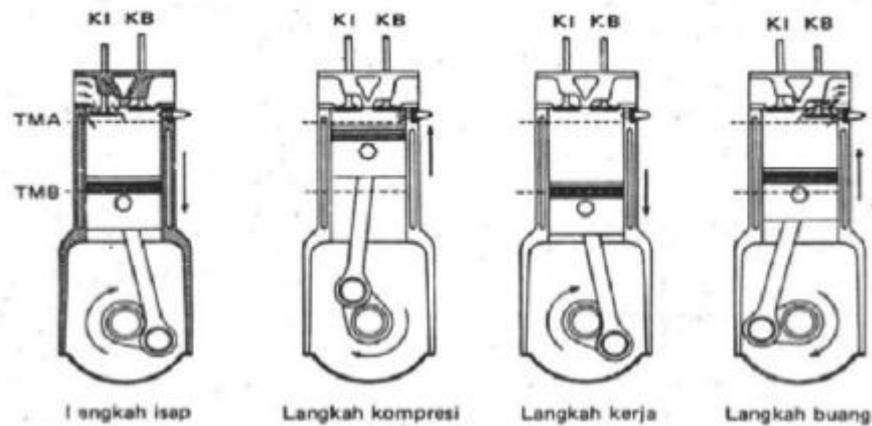
Pada langkah ini piston bergerak dari TMB (Titik Mati Bawah) ke TMA (Titik Mati Atas). Menekan campuran bahan bakar dan udara yang menyebabkan peningkatan suhu dan tekanannya. Pada saat ini kedua katup dalam keadaan tertutup.

#### 3. Langkah Kerja

Pada langkah akhir kompresi busi memercikkan bunga api sehingga campuran bahan bakar dan udara terbakar. Gas hasil pembakaran menghasilkan tekanan untuk mendorong torak kebawah dari TMA ke TMB, selama langkah ini kedua katup masih dalam keadaan tertutup.

#### 4. Langkah Buang

Gerakan torak bergerak dari TMB ke TMA untuk mendorong gas sisa ekspansi pembakaran dalam silinder. Selama langkah buang ini, katup buang saja yang terbuka. Bila torak mencapai TMA maka motor telah melakukan satu siklus kerja dan poros engkol berputar dua putaran. Berikut proses kerja motor bensin empat langkah :



**Gambar 2.4** Motor Bensin Empat Langkah (Arismunandar, 2002)

#### b. Motor Bakar Dua Langkah

Pada prinsipnya motor bakar dua langkah adalah motor bakar yang pada setiap proses kerjanya dihasilkan dari satu kali putaran poros engkol. Berikut adalah langkah langka kerjanya :

##### 1. Langkah Hisap

Campuran bahan bakar dan udara hisap masuk ke dalam rumah engkol akibat tekanan vakum yang terjadi pada saat piston bergerak ke atas. Pada saat piston bergerak ke bawah, katup poppet tertutup akibat tekanan pada rumah engkol. Campuran bahan bakar dan udara kemudia tertekan masuk ke silinder pada sisa langkah ke bawah.

##### 2. Langkah Kompresi

Pembilasan dan pengisian silinder berakhir di waktu piston pada langkah naik menutup lubang pembilas. Setelah lubang pembuangan tertutup kompresi juga mulai berlangsung. Saat langkah piston hampir TMA (Titik Mati Atas) pembakaran terjadi, gas di dalam ruang silinder dikompresikan.

##### 3. Langkah Kerja

Pada saat piston diposisi TMA (Titik Mati Atas) pembakaran telah berlangsung, tekanan yang terjadi mendorong piston ke

TMB (Titik Mati Bawah). Pada saat piston mencapai TMB (Titik Mati Bawah) pembuangan terjadi, langkah kerja berakhir. Sebagian gas bekas terbuang melalui lubang pembuangan.

### 2.2.12 Torsi Mesin

Torsi adalah tenaga untuk menggerakkan, menarik atau menjalankan sesuatu (*pulling power*). Torsi dihasilkan dari jarak dan kekuatan untuk menghitung torsi dengan cara mengalikan tenaga dan jarak.

Besarnya torsi adalah besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda berputar pada porosnya (Nurliansyah dkk, 2014).

$$T = F \times b \text{ (N.m) .....(2.5)}$$

Dengan :

T = Torsi (N.m)

F = Gaya sentrifugal benda yang berputar (N)

b = Jarak benda ke pusat *rotary* (m)

### 2.2.13 Daya Mesin

Daya mesin adalah hubungan mesin untuk menghasilkan torsi maksimal pada putaran tertentu. Daya menjelaskan besarnya output kerja mesin yang berhubungan dengan waktu atau rata rata kerja yang dihasilkan (Nurliansyah dkk, 2014).

Daya yang dihasilkan dari proses pembakaran didalam silinder dan biasanya disebut dengan daya indikator. Daya tersebut dikenakan pada torak bekerja bolak balik di dalam silinder mesin. Jadi di dalam silinder mesin, terjadi perubahan energi dari energi kimia bahan bakar dengan proses pembakaran menjadi energi mekanik pada torak (Winarno dan Karnowo, 2008 : 99).

Pengukuran daya dilakukan menggunakan *dynamometer* dan *tachometer* atau alat lain dengan fungsi yang sama :

Daya (kW)

$$P = \frac{2\pi \times n \times T}{60000} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dengan :

P = Daya (kW)

n = Putaran Mesin (rpm)

T = Torsi (N.m)

### **2.2.14 Bahan Bakar**

Klasifikasi bahan bakar yang dapat pada motor bakar dibagi menjadi tiga kelompok yaitu : gas, cair, dan padat (Surbhakty dalam Tri, 2013). Untuk melakukan pembakaran diperlukan bahan bakar, udara dan suhu untuk memulai pembakaran. Beberapa kriteria utama yang harus dipenuhi oleh bahan bakar dalam penggunaan pada motor bakar adalah sebagai berikut :

1. Panas yang dihasilkan harus tinggi untuk mempercepat proses pembakaran bahan bakar dalam silinder.
2. Bahan bakar yang digunakan harus tidak meninggalkan endapan setelah pembakaran yang akan merusak dinding silinder.
3. Gas buang dari sisa pembakaran tidak berbahaya pada saat dilepas ke atmosfer.

#### **2.2.14.1 Jenis Jenis Bahan Bakar**

1. Bahan Bakar Premium

Bensin (Premium) merupakan bahan bakar cair yang digunakan oleh motor bensin. Premium merupakan bahan bakar cair yang mudah menguap, pada suhu 60<sup>0</sup>C kurang lebih 35-60% sudah menguap dan pada suhu 100<sup>0</sup>C akan 100% menguap (G.Haryono dalam Trio, 2013).

2. Bahan Bakar Pertalite

Pertalite merupakan merupakan bahan bakar cair yang memiliki oktan 90. Pembuatan pertalite dibuat dengan komposisi bahannya nafta dan HOMC

(*High Octane Mogas Component*) dan ditambahkan EcoSAVE. Distilasi 10% dengan penguapan maksimal 74<sup>0</sup>C (Ariawan, Kusuma dan Adnyana, 2016)

### 3. Bahan Bakar Pertamina

Pertamax merupakan bahan bakar cair yang memiliki oktan 92. Bensin dengan bilangan oktan tinggi akan memiliki periode penundaan yang lebih panjang (Arismunandar dalam Trio, 2013). Pertamina memiliki warna kebiruan dan kandungan maksimal dari sulfur (S) 0,1%, Pb 0,3%, Oksigen (O) 2,72% dan titik didih 205<sup>0</sup>C.

#### 2.2.14.2 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Konsumsi bahan bakar adalah parameter ukuran dari unjuk kerja mesin yang telah dikonsumsi oleh motor untuk menghasilkan tenaga mekanis dan hal ini dapat menghitung jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk mendapatkan daya dalam selang waktu tertentu, laju pembakaran tiap detik dalam pemakaian bahan bakar dapat ditentukan dengan rumus:

$$\text{SFC} = \frac{M_f}{P} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

SFC = Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (Kg/HP.h)

Mf = Konsumsi Bahan Bakar (gr/dt)

P = Daya poros efektif (HP)

#### 2.2.14.3 Konsumsi Bahan Bakar

Ukuran dari suatu bahan bakar yang dikonsumsi pada motor bakar guna menghasilkan tenaga mekanis dapat dihitung, laju pemakaian bahan bakar tiap detiknya dapat ditentukan dengan rumus :

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

Keterangan :

Mf = Konsumsi Bahan Bakar (gr/dt)

Mb = Massa Bahan Bakar (gr)

$\Delta t$  = Waktu disaat kendaraan diakselerasi (detik)

