

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

Menurut Hardiyanto (2016) dalam penelitian tentang viskositas dan konduktivitas termal pada sampel oli baru dan oli bekas dan juga untuk mengetahui karakteristik dan pengaruh oli baru dan oli bekas terhadap kinerja mesin sepeda motor, Hasil dari penelitian ini menyebutkan bahwa kestabilan viskositas berada pada suhu kerja, dari semua sampel oli baru dan oli bekas cenderung lebih baik dibandingkan dengan suhu kamar. Semua sampel oli baru dan oli bekas pada temperatur kerja tidak memiliki selisih yang terlalu besar.

Menurut Rahmawan (2016) dalam penelitian tentang minyak pelumas mineral, semi sintetis dan sintetis menyebutkan bahwa pelumas jenis mineral memiliki konduktivitas termal yang rendah dan ketika temperatur naik nilai konduktivitas termal juga ada yg mengalami kenaikan. Sedangkan pelumas semi sintetis memiliki konduktivitas lebih tinggi dari jenis mineral dan nilai konduktivitas termalnya cenderung memiliki nilai yang lebih stabil. Kemudian pada pelumas sintetis memiliki nilai konduktivitas termal lebih tinggi dari pelumas mineral semi sintetis. Rata-rata dari ketiga pelumas tersebut mengalami penurunan nilai konduktivitas termal saat temperatur dinaikan. Pelumas jenis mineral memiliki nilai viskositas tertinggi pada suhu kamar, sedangkan untuk nilai viskositas terkecil ada pada jenis pelumas sintetis.

Wibowo (2016) dalam penelitian tentang pengaruh penggunaan beberapa jenis minyak pelumas terhadap kinerja motor 4 langkah 150 cc. Pada pengujian ini menggunakan tiga oli baru yaitu oli mineral (*Mesran Super SAE 20W-50*), Oli Semi Sintetis (*Yamalube Sport 10W-40*), Oli Sintetis (*Motul 5100 10W-40*). Pengujian Menggunakan Sepeda Motor CB 150 R. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini bahwa nilai konduktivitas termal oli *Motul 5100* paling tinggi dan perubahan viskositas oli *Motul* lebih stabil dibandingkan dengan oli *Yamalube Sport* dan Oli *Mesran Super*. Naiknya torsi dan naiknya daya oli sintetis *Motul 5100* cenderung lebih tinggi dari oli mineral *Mesran Super* dan oli jenis semi sintetis

*Yamalube Sport*. Hasil pengujian pemakaian oli *Motul 5100* terhadap konsumsi bahan bakar cenderung lebih hemat 10,73% dari oli *Mesran Super* dan Oli *Mesran Super* lebih hemat 16,38% dari oli *Yamalube Sport*. Semakin tinggi nilai konduktivitas termal maka kecepatan kenaikan daya dan torsi juga lebih tinggi. Tetapi data yang diperoleh tidak terlalu signifikan yaitu sekitar 0,1 HP. Semakin tinggi nilai viskositas minyak pelumas cenderung menambah beban putar mesin sehingga daya yang dihasilkan rendah.

Nugroho (2016) meneliti tentang viskositas dan konduktivitas termal minyak pelumas MPX2 baru dan MPX2 bekas dan pengaruhnya terhadap kinerja motor Beat 110 cc tahun 2009, menyebutkan bahwa viskositas sangat dipengaruhi oleh suhu, apabila suhu suatu pelumas meningkat, maka viskositasnya akan menurun begitu juga sebaliknya. Kemudian pada pengujian konduktivitas termal antara oli baru dan oli bekas konduktivitas termalnya lebih tinggi oli bekas dibandingkan dengan oli baru. Pada pengujian kinerja mesin sepeda motor antara oli baru dan oli bekas hasilnya tidak terlalu berpengaruh terhadap torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar.

Effendi (2004) melakukan penelitian tentang nilai kekentalan akibat pengaruh kenaikan temperatur pada beberapa merek minyak pelumas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata perubahan kekentalan minyak pelumas pada temperatur 70°C ke enam merek minyak pelumas tidak ada perbedaan yang signifikan. Dari hasil pengolahan data bisa dianalisis mengapa rata-rata perubahan nilai kekentalan pada kenaikan temperatur 70°C memiliki nilai rata-rata yang hampir sama. Hal ini dikarenakan pada saat produksi minyak pelumas telah mengacu pada standar yang sudah ditetapkan untuk penggunaan minyak pelumas pada mesin motor 4 langkah, dimana nilai kekentalan berubah dalam rata-rata yang sama sehingga kompatibel saat dipakai untuk berbagai macam merek kendaraan bermotor. Perubahan nilai kekentalan ini penting dalam tingkat minyak pelumasan supaya benar-benar optimal melumasi semua komponen pada mesin, jadi karena hal ini sepertinya para produsen minyak pelumas harus mengikuti standarisasi yang sudah ada, disamping itu menunjukkan bahwa sampel yang diambil benar-benar

merupakan sampel rata-rata dari produk minyak pelumas asli yang sesuai spesifikasi.

Mujiman (2011) melakukan penelitian tentang viskositas minyak pelumas dengan SAE 10 – SAE 50 untuk pendingin transformator distribusi dengan penampil LCD. Diketahui bahwa sistem pelumasan adalah penopang utama dari kerja sebuah mesin. Semakin tinggi kualitas oli yang digunakan maka semakin baik pula performa dan daya tahan mesin yang dihasilkan. Sebagai minyak pelumas, oli melumasi seluruh bagian yang bergerak di dalam mesin agar tidak terjadi kontak langsung antar komponen mesin yang terbuat dari logam. Dalam hal ini, unsur kekentalan menjadi sangat penting. Selain sebagai pendingin, oli juga harus mampu mengurangi gesekan antar logam pada mesin yang bergerak.

Maulida dan Rani (2010) dalam penelitiannya tentang karakteristik pengaruh suhu dan kontaminan terhadap viskositas oli menggunakan *rotary viscometer*, didapatkan hasil bahwa pada saat oli diberikan suhu yang tinggi, maka nilai viskositas dari oli tersebut akan cenderung menurun atau oli menjadi lebih encer. Sedangkan saat penambahan kontaminan pada oli, semakin banyak kontaminan yang ditambahkan ke dalam oli maka nilai kekentalan oli akan semakin tinggi.

Menurut Utomo (2015) dalam penelitian tentang pengaruh viskositas oli dan temperatur oli terhadap *performance* sistem hidrolis, mengatakan bahwa performa piston akan semakin tinggi jika temperatur mengalami kenaikan dan performa piston akan semakin turun jika suhu mengalami penurunan. Jika membandingkan oli SAE 10 dan oli SAE 30 maka oli SAE 10 memberikan performa piston yang lebih tinggi daripada menggunakan oli dengan SAE 30 untuk ketiga variasi suhu.

*Flow* pompa piston akan semakin tinggi jika suhu juga mengalami kenaikan, sebaliknya *flow* pompa piston akan semakin kecil saat suhu diturunkan. Untuk variasi suhu yang digunakan pada penelitian ini yaitu 31,6°C, 52,3 °C dan 75,5 °C. Jika membandingkan antara oli dengan SAE 10 dan oli dengan SAE 30 maka oli dengan SAE 10 mempunyai nilai *flow* pompa piston B yang lebih tinggi daripada saat menggunakan oli dengan SAE 30 untuk ketiga variasi suhu. *Flow* pompa piston A dengan menggunakan oli dengan SAE 10 mendapatkan *flow* pompa yang lebih cepat 42% dari pada oli dengan SAE 30. Sedangkan *flow* pompa piston B dengan

menggunakan oli SAE 10 mendapatkan flow pompa lebih cepat dari pada oli dengan SAE 30.

Rahman (2014) dalam penelitian tentang pengaruh viskositas pelumas terhadap jumlah putaran dan daya, didapatkan hasil dari penelitian bahwa semakin tinggi nilai viskositas minyak pelumas maka jumlah putaran dan daya yang dihasilkan rendah, semakin tinggi nilai viskositas minyak pelumas menyebabkan beratnya gaya benda yang bergerak, dan untuk nilai daya yang dihasilkan akan lebih besar saat penggunaan viskositas minyak pelumas yang lebih rendah. Dari tinjauan pustaka diatas diketahui bahwa beberapa parameter pengujian kualitas suatu minyak pelumas yaitu kekentalannya (viskositasnya), dan konduktivitas termalnya. Diketahui bahwa viskositas suatu minyak pelumas sangat dipengaruhi oleh suhu, minyak pelumas yang baik yaitu yang memiliki nilai kekentalan stabil terhadap perubahan suhu. Semakin tinggi nilai konduktivitas minyak pelumas maka kualitas minyak pelumas tersebut semakin baik.

Dari penelitian yang menguji tentang viskositas dan konduktivitas termal minyak pelumas di atas didapat hasil bahwa nilai viskositas paling stabil terdapat pada minyak pelumas jenis sintetis, dan nilai konduktivitas termal tertinggi juga pada minyak pelumas jenis sintetis. Oleh karena itu perlu diteliti kembali kualitas minyak pelumas sintetis mana yang lebih bagus, selain itu perlu dibandingkan juga minyak pelumas rekomendasi dari pabrik untuk sepeda motor yang bersangkutan apakah lebih bagus minyak pelumas rekomendasi ataukah lebih baik minyak pelumas sintetis. Kemudian diteliti juga pengaruh viskositas dan konduktivitas minyak pelumas terhadap torsi, daya dan konsumsi bahan bakar untuk sepeda motor sehingga diharapkan nantinya dapat mengetahui minyak pelumas mana yang lebih baik untuk kinerja mesin motor yang bersangkutan.

## **2.2. Dasar Teori**

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

### 2.2.1. Minyak Pelumas

Saat terjadi gerakan antar dua benda yang bersentuhan maka terjadilah gesekan antara kedua benda itu. Gesekan tersebut terutama disebabkan oleh permukaan benda yang kasar tersebut tetapi mungkin juga disebabkan oleh adhesi antara kedua permukaan atau adanya reaksi kimia yang terjadi pada permukaan benda tersebut. Gesekan terjadi pada motor bakar, misalnya antara poros dan bantalan, antara cincin torak dan dinding silinder, antara roda gigi dan sebagainya. Untuk mengatasi gesekan itu, agar benda yang bersentuhan bisa digerakkan, diperlukan gaya. Karena itu, besarnya gesekan harus dibatasi agar daya mesin tidak banyak yang hilang. Selain itu gesekan dapat mengakibatkan keausan permukaan sedangkan untuk kerusakan selanjutnya dikarenakan oleh panas yang terjadi karena gesekan tersebut.

Besarnya gesekan dapat dikurangi dengan menggunakan minyak pelumas yang fungsinya memisahkan antara dua permukaan yang bersentuhan. Akan tetapi pada kenyataannya tidak ada gerakan tanpa adanya gesekan karena tidaklah mudah untuk memperoleh pemisah dari gesekan yang sempurna. Lagipula gesekan terjadi juga pada permukaan yang dilumasi tersebut yang disebabkan oleh adanya tegangan geser pada pelumas sendiri. Pada umumnya motor bakar torak menggunakan pelumas cair yang dinamai minyak pelumas atau oli. Selain mudah disalurkan minyak pelumas juga berfungsi sebagai pendingin, pembersih dan juga penyekat (Arismunandar, 2002).

Pelumas adalah zat kimia, yang umumnya cairan, yang diberikan di antara dua benda bergesekan untuk mengurangi gaya gesek benda tersebut. Minyak pelumas merupakan fraksi dari hasil destilasi minyak bumi yang memiliki temperatur 105-135 derajat *celcius*. Hardjono dalam Sani (2010) menjelaskan bawah kualitas minyak pelumas yang paling utama adalah: Densitas, densitas adalah perbandingan antara densitas bahan yang diukur pada suhu tertentu ( $T_1 = 300^\circ\text{C}$ ) dengan densitas air pada suhu referensi ( $T_2 = 150^\circ\text{C}$ ). Viskositas minyak pelumas merupakan ukuran tahanan cairan untuk mengalir, Indeks viskositas adalah ukuran perubahan viskositas terhadap temperatur, kenaikan temperatur akan menyebabkan turunnya nilai viskositas, *Flash point* adalah suhu terendah dimana

uap air, minyak dengan campuran udara menyala bila didekatkan dengan api, *Fire point* adalah temperatur terendah dimana uap minyak dengan campuran udara dapat terbakar habis.

#### **2.2.1.1. Sifat Minyak Pelumas**

Menurut Arismunandar (2002) menyatakan beberapa sifat minyak pelumas yang perlu diperhatikan jika menginginkan minyak pelumas memenuhi fungsinya, khusus pada motor bakar torak.

##### **a. Kekentalan**

Kekentalan minyak pelumas harus sesuai dengan fungsi minyak pelumas itu supaya dapat mencegah terjadinya keausan permukaan benda yang bergesekan, terutama pada beban yang besar dan pada saat putaran rendah. Minyak pelumas yang terlalu kental akan sulit mengalir, disamping dapat menyebabkan kerugian daya mesin yang terlalu besar. Biasanya kekentalan suatu minyak pelumas diuji pada suhu 210°F dan dinyatakan dengan bilangan SAE; misalnya SAE 30; SAE 40; SAE 50; dan seterusnya. Makin kental minyak pelumas tersebut maka makin tinggi nilai bilangan itu. Ada juga pengujian yang dilakukan pada suhu 0°F; untuk membedakannya, dibelakang bilangan SAE minyak pelumas tadi ditambahkan huruf W sebagai pembeda misalnya, SAE 20 W.

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

Kekentalan minyak pelumas itu berubah-ubah sesuai dengan perubahan suhu. Minyak pelumas yang baik tidak terlalu terpengaruh terhadap perubahan suhu, sehingga dapat berfungsi sebagai mana mestinya, baik dalam keadaan dingin, pada waktu mesin mulai beroperasi ataupun pada saat suhu tinggi. Untuk mengukur perubahan kekentalan tersebut digunakan indeks kekentalan yang didapat dengan cara sebagai berikut : Minyak pelumas didinginkan dari suhu 210°F sampai suhu 100°F kemudian perubahan kekentalannya dicatat. Sebagai bahan perbandingan diambil perubahan (dalam proses yang sama) yang terjadi pada minyak pelumas dasar-parafin yang kekentalannya tidak terpengaruh oleh perubahan suhu dan minyak

pelumas dasar-naftenik yang kekentalannya terpengaruh oleh perubahan suhu. Jika perubahan kekentalannya sama dengan minyak pelumas dasar-naftenik, maka indeks kekentalannya 0. Dengan memasukkan zat tambahan ke dalam minyak pelumas, dapat diperoleh indeks kekentalan yang lebih berat dari 100.

c. Titik Tuang

Pada suhu tertentu, yang disebut dengan titik tuang yaitu minyak pelumas akan membentuk jaringan kristal yang menyebabkan minyak pelumas itu sulit untuk mengalir. Karena itu sebaiknya menggunakan minyak pelumas dengan titik tuang yang serendah-rendahnya sebagai jaminan supaya minyak pelumas dapat mengalir dengan lancar.

d. Stabilisasi

Beberapa minyak pelumas pada suhu tinggi akan berubah susunan kimianya sehingga terjadilah endapan yang dapat mengakibatkan cincin piston melekat pada alurnya. Dalam beberapa hal minyak pelumas dapat membentuk lumpur apabila bercampur dengan air dan beberapa komponen hasil dari sisa pembakaran. Lumpur tersebut dapat mengubah kekentalan. Karena itu bak minyak pelumas haruslah terdapat ventilasi yang cukup baik agar gas pembakaran sisa pembakaran dapat keluar dengan baik dari bak penampungan minyak pelumas.

e. Kelumasan

Minyak pelumas harus memiliki kelumasan, atau sifat melumasi, yang cukup baik, yaitu dapat membasahi seluruh permukaan yang dilumasi. Hal ini berarti bahwa dalam segala kondisi selalu terdapat lapisan minyak pelumas pada permukaan bagian mesin yang bersentuhan. Sifat ini sangat penting untuk melindungi permukaan bagian tersebut agar tidak terjadi gesekan secara langsung misalnya pada waktu awal pengoperasian mesin, yaitu pada saat minyak pelumas belum cukup banyak melumasi komponen mesin atau pompa minyak pelumas belum bekerja dengan maksimal.

### 2.2.1.2. Fungsi Pelumas

Fungsi utama suatu minyak pelumas adalah untuk mengendalikan friksi dan mencegah keausan. Namun minyak pelumas juga melakukan beberapa fungsi lain yang bervariasi tergantung di mana minyak pelumas tersebut digunakan, misalnya: Pencegahan Korosi. Peran minyak pelumas dalam mencegah korosi, pelumas berfungsi sebagai *preservative*. Pada saat mesin bekerja minyak pelumas melapisi bagian mesin dengan lapisan pelindung yang mengandung adiktif untuk menetralkan bahan korosif. Kemampuan dari minyak pelumas untuk mencegah korosi tergantung pada ketebalan lapisan fluida dan komposisi kimia dari minyak pelumas. Pendingin, salah satu fungsi pelumas yang tidak kalah penting yaitu sebagai pendingin, dimana minyak pelumas tersebut mampu mengurangi panas yang disebabkan oleh gesekan atau sumber lain seperti pembakaran. Perubahan suhu dan oksidatif material akan menurunkan efisiensi dari minyak pelumas (Sukirno dalam Nugroho, 2012).

Jenis minyak pelumas yang digunakan pada mesin kendaraan bermotor harus memiliki fungsi sebagai berikut :

a. Memperkecil koefisien gesek

Salah satu fungsi minyak pelumas yaitu untuk melumasi komponen-komponen mesin yang bergerak supaya mencegah keausan yang diakibat oleh benda yang saling bergesekan. Minyak pelumas membentuk *Oil film* di dalam dua benda yang bergesekan sehingga dapat mencegah gesekan atau kontak langsung diantara dua benda tersebut.

b. Pendingin (*Cooling*)

Minyak pelumas mengalir pada komponen yang bergesekan, sehingga menjadikan panas yang timbul dari gesekan tersebut akan merambat secara konveksi ke minyak pelumas, sehingga pada kondisi ini minyak pelumas berfungsi sebagai pendingin untuk komponen-komponen mesin.

c. Pembersih (*Cleaning*)

Kotoran yang timbul akibat dari gesekan antar komponen yang bergerak akan terbawa oleh minyak pelumas menuju *crank case*/karter yang selanjutnya akan mengendap di bagian bawah *crank case* dan ditarik oleh

magnet pada dasar *crank case*. Kotoran yang terbawa oleh minyak pelumas akan disaring oleh filter oli agar tidak terbawa dan terdistribusi kebagian-bagian mesin lain yang dapat mengakibatkan kerusakan atau mengganggu kinerja mesin tersebut.

d. Perapat (*Sealing*)

Minyak pelumas yang terbentuk di bagian-bagian mesin kendaraan yang presisi berfungsi sebagai perapat, yaitu mencegah terjadinya kebocoran gas saat proses pembakaran misalnya pada bagian antara torak dan dinding silinder.

e. Sebagai Penyerap Tegangan

Minyak pelumas menyerap dan menekan tekanan yang terjadi pada komponen-komponen yang dilumasi, dan melindungi agar komponen-komponen tersebut tidak menjadi runcing saat terjadinya gesekan pada bagian-bagian yang bersinggungan.

f. Pencegahan Korosi

Peran minyak pelumas dalam mencegah korosi. Pada saat suatu mesin beroperasi, minyak pelumas dapat melapisi bagian-bagian mesin dengan suatu lapisan pelindung yang mengandung zat aditif untuk menetralkan bahan/komponen yang sifatnya korosif (Arisandi, 2012).

### 2.2.1.3. Jenis-Jenis Oli

Oli terbagi menjadi beberapa jenis yaitu Oli Mineral, Oli *Synthetic* dan Oli Semi *Synthetic*.

a. Oli Mineral

Oli Mineral terbuat dari bahan dasar (*base oil*) yang diambil dari minyak bumi dengan jalan penyulingan, dimana dari proses tersebut didapatkan minyak pelumas dengan berbagai jenis kekentalan atau viskositasnya.

b. Oli Semi *Synthetic*

*Synthetic Blend Oil* atau oli *Semi Synthetic* yang merupakan oli dengan campuran antara oli mineral dan oli sintetik. Kadar oli sintetik yang terdapat

pada oli ini antara 10% hingga 25%. Kelebihan dari oli semi sintetik ini adalah harganya yang relatif lebih murah dari pada oli sintetik dan kualitasnya juga lebih baik dari pada oli mineral. Untuk oli *Semi Synthetic* sendiri penggunaannya berada diantara oli mineral dan *Synthetic*.

c. Oli *Synthetic*

Oli *Synthetic* dibuat dari hidrokarbon yang telah mengalami proses khusus. Maksudnya bahwa minyak ini dibuat tidak hanya sama dengan minyak mineral, akan tetapi melebihi kemampuan minyak mineral. Melalui proses kimia dihasilkan molekul baru yang memiliki stabilitas termal, oksidasi, dan kinerja yang optimal (Maulida dan Rani, 2010).

#### 2.2.1.4. Standar Minyak Pelumas

Standarisasi minyak pelumas untuk mesin kendaraan bermotor pertama kali dilakukan oleh *Society of Automotive Engineers* (SAE) pada tahun 1911 dengan kode SAE J300. Minyak pelumas dikelompokkan berdasarkan tingkat kekentalannya. Dalam kemasan atau kaleng pelumas, biasanya dapat ditemukan kode angka yang menunjukkan tingkat kekentalannya, seperti: SAE 40, SAE 50, dsb. Semakin tinggi angkanya semakin kental minyak pelumas tersebut. Ada juga kode angka *multi grade* 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 dalam Nugroho, 2012).

#### 2.2.2. Viskositas

Viskositas merupakan gesekan internal yang terjadi pada suatu fluida. Gaya viskos melawan gerakan relatif fluida terhadap fluida yang lain. Viskositas merupakan suatu pernyataan “tahanan untuk dapat mengalir” dari suatu sistem yang mendapatkan tekanan. Makin kental suatu cairan, makin besar gaya yang dibutuhkan untuk dapat membuatnya mengalir. Viskositas fluida dinotasikan dengan  $\eta$  (“eta”) sebagai rasio tegangan geser. Untuk mengukur besaran viskositas diperlukan satuan ukuran. Dalam satuan standar internasional viskositas ditetapkan

sebagai viskositas kinematik dengan satuan ukuran  $\text{mm}^2/\text{s}$  atau  $\text{cm}^2/\text{s}$ .  $1 \text{ cm}^2/\text{s} = 100 \text{ mm}^2/\text{s}$ ,  $1 \text{ cm}^2/\text{s} = 1 \text{ St (Stokes)}$  (Young dalam Nugroho, 2012).

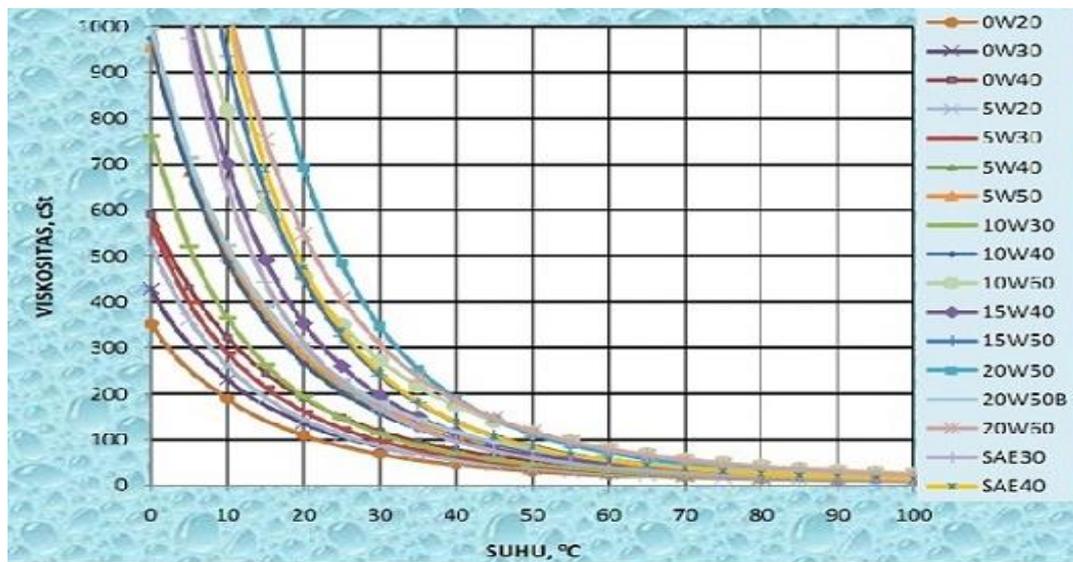
Viskositas (kekentalan) berasal dari kata *Viscous* (Soedjo, dalam effendi, 2014). Suatu bahan apabila dipanaskan sebelum menjadi cair terlebih dulu menjadi *viscous* yaitu menjadi lunak dan dapat mengalir secara perlahan. Viskositas juga dapat dianggap sebagai gerakan di bagian dalam suatu zat cair (Zemansky dalam effendi, 2014).

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

Kekentalan (*viscosity*) Satuan dari viskositas dalam sistem cgs adalah *poise* ( $1 \text{ poise} = 1 \text{ gr}/\text{sec}.\text{cm}$ ). Viskositas menunjukkan tingkat kekentalan dari bahan bakar cair. Viskositas merupakan karakteristik bahan bakar cair yang sangat penting dalam proses pembakaran, terutama pada saat proses pengabutan. Sebagai pelumas, oli mempunyai beberapa persyaratan yang harus ada dalam pemakaiannya yaitu viskositas yang sesuai, indeks viskositas yang relatif rendah, ketahanan terhadap pembentukan karbon dan oksidasi serta ketahanan terhadap tekanan (Crouse dalam Rahmawan, 2016).

Sebagai contoh di bawah ini disajikan beberapa tipe viskositas dan *ambient* temperatur dalam derajat *celcius* yang bisa digunakan sebagai standar oli di berbagai kawasan:

- a. 5W-30 untuk negara dingin seperti di Swedia.
- b. 10W-30 untuk iklim sedang seperti di kawasan Inggris.
- c. 15W-30 untuk iklim panas seperti di Indonesia.



**Gambar 2.1.** Grafik viskositas oli mesin terhadap suhu (Fuad dalam Nugroho dan Sunarno, 2011)

### 2.2.2.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Viskositas

Menurut Rana dalam Hardiyanto (2016), Faktor-faktor yang mempengaruhi viskositas adalah sebagai berikut :

a. Tekanan

Viskositas atau kekentalan suatu fluida naik seiring dengan naiknya tekanan, sedangkan viskositas dari gas tidak dipengaruhi oleh tekanan.

b. Temperatur

Viskositas zat cair akan turun ketika suhunya dinaikan, sedangkan nilai viskositas pada gas naik dengan naiknya suhu. Pemanasan zat cair menyebabkan partikel-partikelnya memperoleh energi. Molekul cairan bergerak sehingga gaya interaksi antar molekul-molekul melemah. Dengan demikian viskositas cairan akan turun saat temperatur dinaikan.

c. Kehadiran zat lain

Adanya bahan tambahan seperti bahan suspensi menaikkan viskositas air. Pada minyak ataupun gliserin adanya penambahan air akan mengakibatkan nilai viskositas turun karena gliserin maupun minyak akan membuat semakin encer, waktu alirnya menjadi semakin cepat.

d. Ukuran dan berat molekul

Viskositas naik seiring dengan naiknya berat molekul. Misalnya laju aliran alkohol cepat, larutan minyak laju alirannya lambat karena kekentalannya tinggi serta laju aliran lambat dikarenakan nilai viskositasnya juga tinggi.

e. Berat molekul

Nilai viskositas akan naik ketika ikatan rangkapnya semakin banyak.

f. Kekentalan antar molekul

Nilai viskositas dari air akan naik dengan adanya ikatan hidrogen.

g. Konsentrasi larutan

Nilai viskositas berbanding lurus dengan konsentrasi larutan. Suatu larutan dengan konsentrasi tinggi akan memiliki nilai viskositas yang tinggi, karena konsentrasi larutan menyatakan banyaknya partikel zat yang terlarut, gesekan antar partikel semakin tinggi dan viskositasnya semakin tinggi.

#### 2.2.2.2. Alat Ukur Viskositas

Alat ukur viskositas (*viscometer*) merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kekentalan suatu fluida. Kebanyakan *viscometer* mengukur kecepatan alir dari suatu fluida melalui pipa gelas (gelas kapiler), bila fluida itu mengalir cepat maka viskositas fluida tersebut rendah dan bila fluida mengalir lambat maka dapat dikatakan bahwa nilai viskositasnya tinggi. Ada beberapa tipe *viscometer* yang biasa digunakan yaitu antara lain :

a. *Viscometer Cup and Bob*

Prinsip kerjanya sampel minyak pelumas yang akan di uji digeser dalam ruangan antara dinding luar dari *bob* dan dinding dalam dari *cup* diman *bob* masuk persis ditengah-tengah. Kelemahan viskometer ini adalah terjadinya aliran sumbat yang disebabkan geseran yang tinggi sepanjang keliling bagian *tube* sehingga menyebabkan penurunan konsentrasi. Penurunan konsentrasi ini menyebabkan bagian tengah zat yang ditekan keluar memadat hal ini disebut aliran sumbat (Muchtart dalam Rahmawan, 2016).

b. *Viscometer Cone and Plate*

Viskometer *Cone and Plate* adalah alat ukur kekentalan fluida yang memberikan peneliti suatu alat ukur yang presisi untuk menentukan cara rutin viskositas absolut cairan dalam volume sampel kecil. *Cone and Plate* memberikan presisi yang diperlukan untuk pengembangan data rheologi lengkap. Cara pemakaiannya adalah sampel ditempatkan ditengah-tengah papan, kemudian dinaikkan hingga posisi dibawah kerucut. Kerucut digerakkan oleh motor dengan beberapa kecepatan dan sampelnya digeser dalam ruang sempit antara papan yang diam dan kerucut yang berputar.

c. *Viscometer Hoppler*

Pada viskometer *Hoppler* yang diukur adalah waktu yang diperlukan oleh sebuah bola untuk melewati cairan pada jarak untuk tinggi tertentu. Karena adanya grafitasi benda yang jatuh melalui medium yang perviskositas dengan kecepatan yang semakin besar sampai mencapai kecepatan maksimum. Kecepatan maksimum akan dicapai jika gravitasi sama dengan tahanan medium. Besarnya gaya tahanan *frictional resistance* untuk benda yang berbentuk bola *stokes*.

d. *Viskometer Ostwald*

Digunakan untuk menentukan laju aliran kuat kapiler. Pada *Viskometer Ostwald* parameter yang diukur adalah waktu yang diperlukan oleh sejumlah fluida tertentu untuk mengalir melalui pipa kapiler dengan gaya yang disebabkan oleh berat cairan itu sendiri.

### 2.2.3. Konduktivitas Termal

Konduktivitas termal adalah proses perpindahan kalor karena perbedaan temperatur dari daerah bertemperatur tinggi ke daerah bertemperatur rendah dalam suatu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang bersinggungan secara langsung sehingga terjadi pertukaran energi dan momentum (Holman dalam Muttaqin, 2012).

### 2.2.3.1. Proses Perpindahan Kalor

Holman dalam Muttaqin (2012), menyebutkan bahwa Perpindahan panas merupakan ilmu untuk mendeteksi nilai perpindahan energi dalam bentuk kalor yang terjadi karena adanya perbedaan temperatur di antara benda atau material. Dalam proses perpindahan kalor atau energi tersebut tentu ada kecepatan perpindahan kalor yang terjadi, atau lebih dikenal dengan laju perpindahan kalor. Maka ilmu perpindahan kalor juga merupakan ilmu untuk mengetahui laju perpindahan kalor yang terjadi pada keadaan tertentu. Perpindahan kalor dapat diartikan sebagai suatu proses berpindahnya suatu energi kalor dari suatu daerah ke daerah lain akibat adanya perbedaan temperatur pada daerah tersebut. Ada tiga bentuk mekanisme perpindahan kalor yang diketahui yaitu :

a. Proses Perpindahan Kalor Secara Konduksi.

Proses perpindahan kalor secara konduksi yaitu proses perpindahan kalor dimana kalor mengalir dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah melalui suatu medium padat, cair, dan gas. Atau antara medium-medium lain yang bersinggungan secara langsung sehingga terjadi pertukaran energi dan momentum. Kemampuan suatu medium dalam memindahkan kalor secara konduksi disebut sebagai konduktivitas termal.

b. Proses Perpindahan Kalor Secara Konveksi.

Perpindahan kalor secara konveksi yaitu proses perpindahan kalor karena adanya gerakan atau aliran dari bagian yang lebih panas ke bagian yang lebih dingin, hal ini biasanya terjadi pada benda padat dengan fluida yang mengalir disekitarnya dengan menggunakan medium penghantar berupa cairan atau gas.

c. Proses Perpindahan Kalor Secara Radiasi.

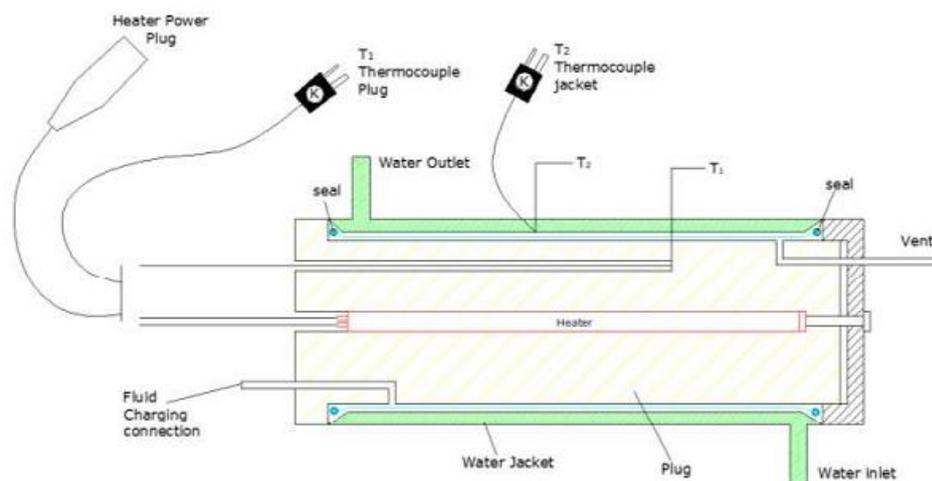
Proses perpindahan kalor secara radiasi adalah suatu proses perpindahan kalor yang terjadi akibat pancaran dari suatu gelombang elektromagnetik menuju benda lain tanpa adanya perantara.

### 2.2.3.2. Pengukuran Konduktivitas Termal

Pengukuran konduktivitas dapat dilakukan dengan metode *steady state cylindrical cell*. Dasar dari pengukuran konduktivitas termal efektif ini berdasarkan

pada pengujian perbedaan temperatur dari masing-masing sampel fluida yang ada di dalam sebuah ruang sempit berbentuk *annular radial clearance*. Sampel fluida akan diukur nilai konduktivitas termal efektifnya dimasukan ke dalam ruang kecil di antara sebuah *plug* yang dipanaskan dan sebuah selubung *jacket* yang didinginkan oleh air. Pelumas *cartidge* digunakan untuk memanaskan *Plug* dengan menghasilkan daya yang dikendalikan oleh *voltmeter* dan *amperemeter* standar yang terpasang pada panel alat ukur. *Plug* tersebut terbuat dari alumunium untuk mengurangi kelembaban termal dan variasi temperatur yang ada, *plug* tersebut juga mengandung sebuah elemen pemanas yang berbentuk silinder yang mana resistensinya dalam suhu kerja dapat diukur.

Ruang bebas tersebut cukup kecil untuk mencegah terjadinya konveksi ruang alamiah natural *convection* didalam sampel fluida tersebut. Karena *radial clearance* yang relatif kecil tersebut, sampel zat cair yang ada didalam ruang tersebut dapat digambarkan sebagai sebuah pelapis tipis (*lamina*) dari area permukaan *face* antara I dan ketebalan  $r$  terhadap perpindahan panas dari panas yang berasal dari *plug* ke selubung *jacket*. Perhitungan yang diperlukan untuk mengukur konduktivitas termalnya adalah temperatur *plug* ( $T_1$ ) dan *jacket* dengan menyesuaikan variabel *transformer* (Irwansyah dkk, 2015).



**Gambar 2.2** 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:

$\Delta r$  = *Radial clearance*, jarak antara *plug* dan *jacket* sebesar 0.34 mm

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

$T_1$  = Temperatur *plug* (°C)

$T_2$  = Temperatur *jacket* (°C)

$V$  = *Voltage* (V)

$I$  = *Current* (A)

$Q_e$  = *Element Heat input* (W)

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

$\Delta r$  = *Radial clearance* (mm) = 0.34 mm

$Q_i$  = *Incidental heat transfer rate* (W)

$Q_c$  = *Conduction Heat Transfr Rate* (W)

$A$  = Luas antara *plug* dan *jacket* (m<sup>2</sup>) = 0.0133 m<sup>2</sup>

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

#### 2.2.4. Dinamometer

Dinamometer merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan putar mesin (rpm) dan torsi (N.m) dimana tenaga atau daya yang dihasilkan dari suatu mesin dapat dihitung. Dinamometer menggunakan sensor untuk menghitung nilai kecepatanputar mesin, daya dan torsi. Sedangkan untuk

mengukur tenaga mesin secara langsung belum bisa menggunakan lat dynamometer ini. Dua metode yang biasa digunakan dalam industri mesin yaitu :

a. Dinamometer Mesin

Jika kita ingin mengetahui tenaga dari mesin, maka kita menggunakan dynamometer yang di khususkan untuk mesin. ini menyerupai pada manufaktur *output shaft* dari mesin kendaraan. Proses pengukuran dilakukan dengan cara mesin diletakkan pada dudukan dynamometer kemudian dihubungkan pada dynamometer, biasanya menggunakan as kopel yang dihubungkan pada bagian belakang dari poros engkol atau roda gila. Hasil dari *output* yang diukur dengan cara ini biasanya disebut dengan *flywheel power*. Dynamometer ini membutuhkan pengereman dimana digunakan untuk mengetahui torsi atau beban dari mesin tersebut. Pada saat mesin berada pada kecepatan tetap dengan beban yang diberikan oleh dynamometer kemudian torsi yang telah diberikan oleh dynamometer harus dengan tepat menyamakan dengan nilai torsi yang dihasilkan oleh mesin. Dari sini kita akan mendapatkan grafik torsi dari keseluruhan putaran mesin.

b. Chasis Dynamometer

Chasis dynamometer atau *Rolling Road Dynamometer* digunakan untuk mengukur daya *output* mesin dengan menguji kendaraan dalam bentuk seutuhnya. Proses ini dilakukan untuk mengetahui performa *output*, efisiensi energi yang maksimum dengan tingkat kebisingan. Bagaimanapun juga, hal ini berarti gambaran power yang terbentuk akan lebih rendah dibandingkan dengan hasil dari *flywheel power* karena adanya peristiwa *frictional losses* pada penyaluran energi dibagian transmisi dan ban

### 2.2.5. Pengertian Motor Bakar

Arismunandar (2002) menjelaskan bahwa salah satu alat penggerak yang paling banyak dipakai adalah mesin kalor, mesin kalor yaitu mesin yang menggunakan *energy thermal* untuk melakukan kerja mekanik atau yang mengubah energi thermal menjadi energi mekanik. Energi tersebut dapat diperoleh melalui proses pembakaran, proses fisi bahan bakar nuklir atau proses lain-lain.

Ditinjau dari cara memperoleh *energy* termal ini mesin kalor dibagi menjadi dua golongan, yaitu mesin dengan pembakaran luar dan mesin dengan pembakaran dalam. Pada mesin dengan pembakaran luar proses pembakaran terjadi di luar mesin contohnya mesin uap, sedangkan mesin dengan pembakaran dalam biasanya dikenal dengan istilah motor bakar. Dalam kelompok ini terdapat beberapa jenis motor bakar yaitu motor bakar torak, sistem turbin gas dan propulsi pancar gas. Motor bakar torak menggunakan beberapa silinder yang di dalamnya terdapat torak atau piston yang bergerak bolak-balik. Di dalam silinder itulah terjadi pembakaran antara bahan bakar dengan oksigen. Ledakan hasil pembakaran pada proses tersebut digunakan untuk menggunakan torak yang oleh batang penghubung dihubungkan dengan poros engkol. Sedangkan jika ditinjau dari proses pembakarannya, motor bakar dapat dibagi menjadi dua golongan yaitu:

a. *Compression Ignition Engine*

*Compression Ignition Engine* atau biasa disebut motor bakar diesel.

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, berkisar antara 12 sampai 25.

b. *Spark Ignition Engine*

*Spark Ignition Engine* atau motor bakar bensin, mesin ini dinyalakan dengan percikan bunga api dari busi. Campuran bahan bakar dari karburator yang masuk ke dalam 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:

## 1. Motor Bakar Empat Langkah

Proses kerja motor empat langkah diperoleh dalam empat langkah berturut-turut dalam dua putaran poros engkol. Untuk lebih jelasnya langkah tersebut adalah sebagai berikut :

### a) 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.

### b) Langkah Kompresi

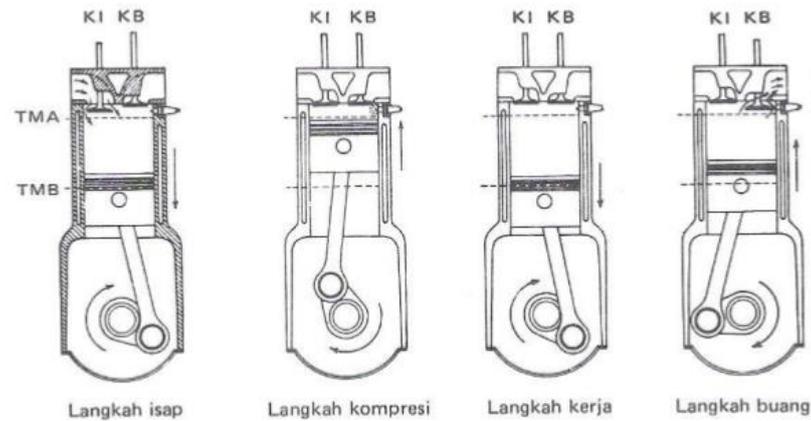
Pada langkah ini piston bergerak dari TMB (Titik Mati Bawah) ke TMA (Titik Mati Atas) menekan dan mengkompresi campuran bahan bakar dan udara yang masuk sehingga menyebabkan peningkatan temperatur dan tekanan didalamnya. Pada saat ini kedua katup dalam keadaan tertutup.

### c) Langkah Kerja

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

### d) Langkah Buang

Gerakan piston bergerak dari TMB ke TMA untuk mendorong gas sisa ekspansi pembakaran dalam silinder. Selama langkah buang ini, katup buang saja yang terbuka, katup hisap menutup. Bila torak mencapai TMA maka motor telah melakukan satu siklus kerja dan poros engkol berputar dua putaran. Proses kerja motor bensin empat langkah dapat dilihat pada gambar 2.3. :



**Gambar 2.3** Siklus Kerja Motor Bakar 4 Langkah  
(Arismunandar, 2002)

## 2. 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. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

### a) Langkah Hisap

Campuran bahan bakar dan udara dihisap masuk ke dalam rumah engkol akibat tekanan vakum yang terjadi pada saat torak bergerak ke atas. Pada saat piston bergerak ke bawah, katup *poppet* tertutup akibat tekanan pada rumah engkol. Campuran bahan bakar dan udara kemudian tertekan masuk ke dalam silinder pada saat piston bergerak ke bawah.

### b) Langkah Kompresi

Pembilasan dan pengisian silinder berakhir pada waktu piston pada saat bergerak naik, menutup lubang pembilasan. Setelah lubang pembuangan tertutup maka saat itu juga kompresi mulai berlangsung. Saat langkah torak hampir mencapai TMA (Titik Mati Atas), gas dalam ruang silinder dikompresikan.

c) Langkah Kerja

Pada saat piston di posisi TMA (Titik Mati Atas) pembakaran telah berlangsung, tekanan yang terjadi akibat pembakaran tersebut mendorong piston ke TMB (Titik Mati Bawah). Pada saat piston mencapai TMB (Titik Mati Bawah) pembuangan juga terjadi dan langkah kerja berakhir. Sebagian besar gas sisa pembakaran terbuang melalui lubang pembuangan.

### 2.2.6. Pengujian Unjuk Kerja Motor

Ukuran besaran dari suatu motor meliputi torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar spesifik. Grafik dan rumus-rumus dari ukuran besaran parameter pengujian unjuk kerja motor bakar adalah sebagai berikut:

#### 2.2.6.1. Torsi Mesin

Torsi adalah perkalian antara besarnya gaya dengan jarak. Selama proses usaha maka tekanan-tekanan yang terjadi di dalam silinder motor menimbulkan suatu gaya yang luar biasa kuatnya pada torak. Gaya tersebut dipindahkan menuju poros engkol melalui batang piston, dan mengakibatkan adanya momen putar atau torsi pada poros engkol. Untuk mengetahui besarnya torsi biasanya digunakan alat dinamometer.

Suatu *dynamometer* mengukur hasil motor pembakaran yang seimbang dengan hambatan atau beban pada kecepatan putaran konstan. Biasanya motor pembakaran ini dihubungkan dengan dinamometer dengan maksud mendapatkan keluaran dari motor pembakaran dengan cara menghubungkan poros motor pembakaran dengan poros dinamometer dengan menggunakan kopling elastis. Dengan demikian besarnya torsi tersebut dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan (2.1):

$$T = F \times b \text{ (N.m)} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

T = Torsi (Nm)

F = Gaya sentrifugal benda yang berputar (N)

b = Jarak benda ke pusat rotari (m)

### 2.2.6.2. Daya Mesin

Salah satu tujuan utama dari penggunaan mesin adalah daya, daya didefinisikan sebagai laju kerja dan sama dengan perkalian antara gaya dengan kecepatan *linear* atau torsi dengan kecepatan *angular*. Sehingga dalam pengukuran daya melibatkan pengukuran gaya atau torsi dan kecepatan. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan dinamometer dan *tachometer* atau alat lain yang memiliki fungsi yang sama.

Daya (kW) = ditentukan pada persamaan (2.5)

$$P = \frac{2\pi \times n \times T}{60000} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan:

P = Daya (kW)

n = Putaran mesin (rpm)

T = Torsi (Nm)

### 2.2.6.3. Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar merupakan ukuran dari suatu bahan bakar yang dikonsumsi oleh sebuah motor bakar dalam menghasilkan tenaga mekanis, laju pemakaian bahan bakar tiap detiknya dapat ditentukan dengan rumus :

$$\dot{M}_f = \frac{\dot{M}_b}{\Delta t} \left( \frac{\text{gr}}{\text{dt}} \right) \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan:

M<sub>f</sub> = Konsumsi bahan bakar (gr/dt)

M<sub>b</sub> = Massa bahan bakar (gr)

Δt = Waktu disaat kendaraan diakselerasi (detik)

#### 2.2.6.4. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Konsumsi bahan bakar spesifik merupakan parameter unjuk kerja mesin yang berhubungan dengan nilai ekonomis mesin, karena jumlah bahan bakar yang dibutuhkan dapat dihitung dalam menghasilkan daya mesin dengan waktu tertentu.

$$\text{SFC} = \frac{\dot{M}_f}{P} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan:

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

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

P = Daya poros efektif (HP)