

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

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

Raharjo (2017) dalam penelitian tentang pengaruh karakteristik viskositas dan konduktivitas termal beberapa jenis minyak pelumas terhadap temperatur dan kinerja motor Yamaha Vega R 110 cc Tahun 2006. Dengan menggunakan oli jenis mineral *Evalube Runner* SAE 20W-40, jenis semi *synthetic Yamalube Gold* SAE 10W-40 dan jenis *full synthetic Federal Racing* SAE 10W-40. Dengan meliputi metode pengujian berupa pengukuran konduktivitas termal, viskositas, torsi, daya, konsumsi bahan bakar dan temperatur mesin. Untuk bahan bakar yang digunakan adalah *Pertamax* RON 92 dengan menempuh jarak 5,01 km pada kecepatan 40-45 km/jam. Hasil yang diperoleh dari pengujian bahwa nilai viskositas oli *Evalube Runner* paling tinggi sedangkan konduktivitas termal oli *Federal Racing* paling tinggi. Daya maksimum oli *Evalube Runner* sebesar 7,4 HP, oli *Federal Racing* sebesar 7,3 HP sama dengan oli *Yamalube Gold*. Torsi maksimum oli *Evalube Runner* sebesar 8,48 N.m, oli *Federal Racing* sebesar 8,21 N.m dan oli *Yamalube Gold* sebesar 8,35 N.m. Konsumsi bahan bakar dengan menggunakan oli *Evalube Runner* diperoleh hasil sejauh 30,2 km/liter, untuk oli *Federal Racing* sejauh 55,7 km/liter dan oli *Yamalube Gold* sejauh 42,6 km/liter.

Thandanu (2017) dalam penelitian tentang pengaruh viskositas dan konduktivitas termal pada beberapa minyak pelumas terhadap temperatur dan kinerja sepeda motor honda supra 125 cc. Hasil yang diperoleh bahwa nilai viskositas oli BM 1 dan Motul lebih tinggi di banding oli mineral MPX 2, akan tetapi ketahanan viskositas terhadap perubahan temperatur oli MPX2 lebih baik. Untuk nilai konduktivitas termal oli sintetik lebih baik dari pada oli mineral karena oli sintesis memiliki kestabilan lebih tinggi dibandingkan oli mineral tetapi perbedaannya tidak signifikan. Semakin tinggi nilai konduktivitas termal maka kemampuan oli meradiasikan panas yang terbuang keluar semakin baik. Terhadap kinerja motor juga minyak pelumas sintetik torsi dan daya lebih besar dengan

konsumsi bahan bakar yang irit. Hal ini menunjukkan minyak pelumas sintetik lebih baik dari pada oli mineral. Hal ini karena oli sintetis memiliki zat-zat kimia yang dapat meningkatkan fungsi dari oli pada saat beroperasi.

Bayu (2017) kajian tentang nilai viskositas oli sintetis SAE 10W-40 (BM 1 dan Motul 3100) lebih tinggi dibanding oli mineral SAE 10W-30 (MPX 2), hal ini sesuai dengan spesifikasi yang tercantum pada kemasan produk tersebut. Tetapi ketahanan viskositas terhadap perubahan temperatur oli MPX 2 lebih baik dibandingkan oli BM 1 dan Motul 3100 hal ini karena penurunan nilai viskositas oli MPX 2 dari Temperatur kamar sampai Temperatur  $\pm 60^{\circ}\text{C}$  lebih rendah dibanding oli BM 1 dan Motul 3100. Konduktivitas termal oli sintetis (BM 1 dan Motul 3100) lebih baik dari oli mineral (MPX 2) karena oli sintetis memiliki kesetabilan yang lebih tinggi dibanding oli mineral tetapi perbedaannya tidak signifikan. Semakin tinggi nilai konduktivitas termal maka kemampuan oli meradiasikan panas yang terbuang keluar semakin baik. Pengaruh oli sintetis terhadap daya mesin Honda Megapro 150 cc lebih baik dibanding oli mineral, hal ini karena oli sintetis memiliki zat-zat adiktif yang dapat meningkatkan fungsi dari oli pada saat beroperasi yaitu mampu mengurangi panas yang berlebihan yang berdampak pada kinerja mesin yang semakin ringan. Torsi yang tertinggi didapat oleh oli mineral (MPX 2) tetapi perbedaan dengan oli sintetis (BM 1 dan Motul) tidak signifikan. Sedangkan konsumsi bahan bakar oli Sintetis (BM 1 dan Motul 3100) cenderung lebih hemat dibanding oli mineral (MPX 2)

Arisandi, dkk (2012) melakukan penelitian tentang analisa pengaruh bahan dasar pelumas terhadap viskositas pelumas dan konsumsi bahan bakar. Penelitian ini menguji tentang perbandingan viskositas minyak pelumas mineral, semi sintetis, dan sintetis pada suhu kamar dan kerja, kemudian pengukuran penurunan viskositas pelumas mineral, semi sintetis dan sintetis pada suhu kamar dan kerja, kemudian yang terakhir hubungan pelumas dengan konsumsi BBM (Bahan Bakar Minyak). Hasil data yang diperoleh dalam penelitian minyak pelumas pada suhu kamar cenderung mengalami penurunan yang cukup signifikan sedangkan pada suhu kerja cenderung stabil, hal ini karena pada temperatur kamar viskositas

pelumas masih tinggi, sehingga penurunan viskositas yang drastis akan terlihat. Pada suhu kerja viskositas pelumas mengalami penurunan namun tidak terlalu signifikan. Pelumas sintetik mempunyai kesetabilan viskositas yang lebih baik dibanding pelumas mineral dan semi sintetik, hal ini karena pelumas sintetik secara umum mempunyai sifat kimia yang lebih baik/struktur kimianya seragam dibandingkan pelumas mineral dan semi sintetik. Pemakaian pelumas sintetik berdampak pada penghematan konsumsi bahan bakar, hal ini dikarenakan viskositasnya paling stabil. Pada temperatur rendah tidak terlalu kental sehingga tidak membebani mesin, sedangkan pada temperatur tinggi viskositas tidak terlalu encer sehingga masih bisa melumasi permukaan bidang kontak dengan sempurna. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa pengaruh bahan dasar pelumas terhadap ketahanan viskositas pelumas yaitu pada pelumas sintetik mempunyai kesetabilan viskositas paling baik pada temperatur kerja dan temperatur kamar. Pada pelumas mineral paling rendah kesetabilan viskositasnya baik pada suhu kerja maupun suhu kamar. Kesetabilan viskositas pada temperatur kerja cenderung lebih baik jika dibandingkan pada temperatur kamar, untuk semua jenis pelumas. Konsumsi bahan bakar pada penggunaan pelumas sintetik cenderung hemat dibandingkan pelumas semi sintetik dan mineral, sedangkan konsumsi bahan bakar pelumas semi sintetik lebih hemat dibanding mineral.

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 Sintetik (*Yamalube Sport 10W-40*), Oli Sintetik (*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 sintetik *Motul 5100* cenderung lebih tinggi dari oli mineral *Mesran Super* dan oli jenis semi sintetik *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.

Rahman (2014) dalam penelitian yang berjudul analisa pengaruh viskositas pelumas terhadap jumlah putaran dan daya, hasil dari penelitian ini menyatakan 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.

## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1 Minyak Pelumas**

#### **2.2.1.1. Pengertian Minyak Pelumas**

Pelumas merupakan zat kimia yang umumnya berbentuk cairan. Minyak pelumas merupakan fraksi dari hasil destilasi minyak bumi yang memiliki temperatur 105-135 derajat celcius. Pelumas berfungsi sebagai lapisan pelindung yang memisahkan dua permukaan yang berhubungan. Umumnya pelumas terdiri dari 90% minyak dasar dan 10% zat tambahan. Contoh penggunaan pelumas paling utama adalah oli yang dipakai pada mesin dengan kinerja pembakaran dalam. Fungsi utamanya adalah untuk melumasi dan mengurangi gesekan, meningkatkan efisiensi dan mengurangi keausan mesin, sebagai pendingin mesin dari panas yang timbul akibat gesekan.

Minyak pelumas juga memiliki standar untuk mesin kendaraan bermotor yaitu pertama kali diperkenalkan oleh SAE (*Society of Automotive Engineers*) 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. Dalam kode angka *multi grade* seperti SAE 10W-50, dapat diartikan bahwa minyak pelumas memiliki tingkat kekentalan yang sama dengan SAE 10 pada temperatur udara dingin (W=*Winter*) dan SAE 50 pada temperatur udara panas (Nugroho dan Sunarno, 2012).

#### **2.2.1.2. Fungsi Minyak Pelumas**

Arisandi (2012) menyatakan 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 diakibatkan 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 dibagian bawah *crank case* dan ditarik oleh magnet pada dasar *crank case*. Kotoran yang terbawa oleh minyak pelumas akan disaring oleh *filter* minyak pelumas 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.

### 2.2.13. Sifat Penting Pelumas

Arismunandar (2002) menyatakan bahwa beberapa sifat yang perlu diperhatikan minyak pelumas untuk memenuhi fungsinya adalah :

a. Kekentalan

Minyak pelumas harus sesuai dengan fungsinya yaitu mencegah keausan permukaan bagian yang bergesekan, terutama pada beban yang besar dan pada putaran mesin rendah. Minyak pelumas yang terlalu kental dan sulit untuk mengalir, disamping itu dapat menyebabkan kerugian berupa daya mesin yang menjadi terlalu besar.

b. Indeks Kekentalan

Kekentalan minyak pelumas itu berubah-ubah terhadap temperatur mesin. Minyak pelumas yang baik tidak terlalu sensitif terhadap perubahan temperatur, sehingga dapat berfungsi sebagaimana mestinya, baik dalam keadaan dingin, pada waktu mesin mulai berputar maupun pada temperatur kerja tinggi.

c. Titik Tuang

Pada temperatur tertentu, minyak pelumas akan membentuk jaringan kristal yang menyebabkan minyak itu sulit mengalir. Karena itu sebaiknya gunakan minyak pelumas dengan titik tuang yang serendah-rendahnya untuk menjamin agar pelumas dapat mengalir pada keadaan operasi.

d. Stabilitas

Beberapa minyak pelumas pada temperatur tinggi, tingkat stabilitasnya akan berubah susunan kimianya sehingga terjadi endapan yang mengakibatkan cincin torak/*ring piston* melekat pada alurnya. Dalam beberapa hal minyak pelumas dapat membentuk lumpur apabila bercampur dengan air dan beberapa komponen hasil pembakaran.

e. Kemampuan pelumasan

Minyak pelumas harus memiliki kelumasan, atau sifat melumasi, yang cukup baik, yaitu dapat membasahi permukaan logam. Sifat ini sangat penting untuk melindungi permukaan bagian mesin.

#### 2.2.1.4. Jenis-Jenis Minyak Pelumas

Minyak pelumas terbagi menjadi beberapa jenis yaitu minyak pelumas mineral, minyak pelumas *synthetic* dan minyak pelumas semi *synthetic*.

a. Minyak Pelumas Mineral

Minyak pelumas mineral terbuat dari bahan dasar (*base oil*) yang diambil dari minyak bumi yang telah diolah dan disempurnakan kemudian ditambahkan dengan zat-zat aditif untuk meningkatkan kemampuan dan fungsinya. Pada mesin berteknologi lama atau keluaran lama yang sudah memiliki celah antar komponen mesin lebih renggang, maka lebih disarankan untuk menggunakan minyak pelumas jenis mineral. Beberapa ahli/pakar mesin memberikan saran apabila menggunakan oli mineral selama bertahun-tahun maka jangan langsung menggantinya dengan minyak pelumas sintetis karena minyak pelumas sintetis umumnya mengikis sisa komponen dan partikel yang ditinggalkan minyak pelumas mineral sehingga sisa partikel tersebut

terangkat dan mengalir ke celah-celah mesin sehingga dapat mengganggu performa mesin. (Wikipedia.org).

b. Minyak Pelumas Semi *Synthetic*

*Synthetic Blend Oil* atau minyak pelumas *Semi Synthetic* yang merupakan oli dengan campuran antara oli mineral dan minyak pelumas sintetik. Kadar minyak pelumas sintetik yang terdapat pada minyak pelumas ini antara 10% hingga 25%. Kelebihan dari minyak pelumas 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* (Sumber : Otorider.net).

c. Minyak Pelumas *Synthetic*

Minyak pelumas *synthetic* merupakan hasil campuran dari *Poly Alpha Olefin* dengan oli mineral. Pada dasarnya, minyak pelumas sintetik dibuat untuk menghasilkan kinerja yang lebih efektif dibandingkan dengan minyak pelumas mineral. Oli *Synthetic* lebih direkomendasikan untuk mesin teknologi baru seperti mesin turbo, *supercharge*, DOHC (*Double Over Head Camshaft*) dimana mesin tersebut membutuhkan pelumasan lebih baik karena celah komponen mesin lebih kecil (Wikipedia.org)

## 2.2.2. Viskositas

### 2.2.2.1. Pengertian Viskositas

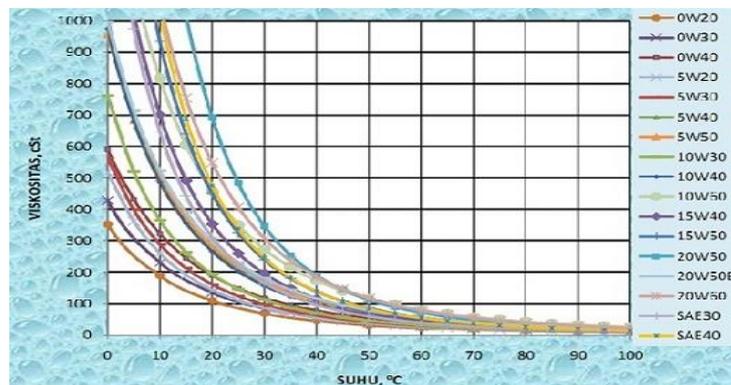
Silaban (2011) Viskositas/kekentalan merupakan sifat terpenting dari minyak pelumas/oli, yang merupakan ukuran yang menunjukkan tahanan minyak/oli terhadap suatu aliran. Pelumas dengan viskositas tinggi adalah kental, berat dan memiliki kemampu aliran yang rendah. Viskositas tinggi mempunyai tahanan yang tinggi terhadap geraknya sendiri serta lebih banyak gesekan di dalam dari molekul-molekul pelumas yang saling meluncur satu diatas yang lain. Jika digunakan pada bagian-bagian mesin yang bergerak, pelumas dengan kekentalan tinggi kurang cocok karena tahanannya terhadap gerakan rendah. Keuntungannya adalah dihasilkan lapisan pelumas yang tebal selama penggunaan sehingga mesin

cenderung lebih dingin. Pelumas dengan kekentalan rendah mempunyai gesekan didalam dan tahanan yang kecil terhadap aliran. Suatu pelumas dengan kekentalan rendah mengalir lebih tipis. Pelumas ini dipergunakan pada bagian peralatan yang mempunyai kecepatan tinggi dimana permukaannya perlu saling berdekatan seperti pada bantalan turbin.

Kekentalan dapat dinyatakan sebagai tahanan aliran fluida yang merupakan gesekan antara molekul–molekul cairan satu dengan yang lain. Suatu jenis cairan yang mudah mengalir, dapat dikatakan memiliki kekentalan yang rendah, dan sebaliknya bahan–bahan yang sulit mengalir dikatakan memiliki kekentalan yang tinggi. Pelumas cenderung menjadi encer dan mudah mengalir ketika panas dan cenderung menjadi kental dan tidak mudah mengalir ketika dingin. Ada tingkatan permulaan kental dan ada yang dibuat encer (tingkat kekentalannya rendah). Suatu badan internasional SAE (*Society of Automotive Engineers*) yang khusus membidangi pelumas dalam menyatakan standar kekentalan dengan awalan SAE didepan indek kekentalan, umumnya menentukan temperatur yang sesuai dimana pelumas tersebut dapat digunakan. Selanjutnya angka yang mengikuti dibelakangnya, menunjukkan tingkat kekentalan pelumas tersebut. Parameter ini biasanya sudah tercantum pada masing-masing kemasan oli dengan kode SAE, Angka yang mengikuti di belakangnya, menunjukkan tingkat kekentalan oli tersebut. SAE 40 atau SAE 10W-50, semakin besar angka yang mengikuti kode oli menandakan semakin kentalnya oli tersebut. Huruf W (*Winter*) untuk SAE 10W-50, berarti pelumas tersebut memiliki tingkat kekentalan SAE 10 untuk kondisi suhu dingin dan SAE 50 pada kondisi suhu panas (Nugroho dan Sunarno, 2012).

Dibawah ini dapat dilihat sebuah contoh beberapa tipe viskositas dan *ambient* temperatur dalam derajat celcius yang bisa digunakan sebagai standar minyak pelumas di berbagai lingkungan:

- 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, 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. Oleh karena itu viskositas cairan akan mengalami penurunan 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. Dimana ketika larutan dengan konsentrasi yang tinggi akan memiliki nilai viskositas yang tinggi pula, ini terjadi karena konsentrasi larutan menyatakan bahwa banyaknya partikel zat yang terlarut dalam larutan, gesekan antar partikel semakin tinggi dan begitu pula viskositasnya semakin tinggi.

#### 2.2.2.2. Alat Ukur Viskositas

Viskometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kekentalan suatu fluida. Viskometer kebanyakan mengukur kecepatan suatu aliran 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 yaitu sampel minyak pelumas akan dilakukan pengujian geser dalam ruangan antara dinding luar dari *bob* dan dinding dalam dari *cup* dimana *bob* masuk persis ditengah-tengah. Kekurangan *viscometer* yaitu adalah terjadinya aliran sumbat yang disebabkan oleh geseran yang tinggi sepanjang keliling bagian *tube* sehingga mengakibatkan penurunan konsentrasi. Penurunan konsentrasi ini mengakibatkan bagian tengah zat yang ditekan akan keluar memadat hal ini disebut aliran sumbat (Muchtart dalam Rahmawan, 2016).

b. *Viscometer Cone and Plate*

*Viscometer 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 sebuah presisi yang dibutuhkan untuk proses pengembangan data rheologi lengkap. Cara pemakaiannya adalah sampel minyak pelumas diposisikan ditengah-tengah papan, kemudian dinaikkan hingga posisi dibawah kerucut. Kerucut yang digerakkan oleh sepeda motor dengan beberapa variabel kecepatan dan sampelnya digeser dalam ruang sempit antara papan yang diam dan kerucut yang berputar.

c. *Viscometer Hoppler*

Pada *Viscometer Hoppler* yang diukur adalah waktu yang diperlukan oleh sebuah bola untuk melewati cairan pada jarak untuk tinggi tertentu. Diakibatkan oleh grafitasi benda yang jatuh melalui medium yang berviskositas dengan kecepatan yang semakin cepat hingga mencapai kecepatan maksimum. Kecepatan maksimum akan dicapai jika gravitasi dengan tahanan medium bernilai sama. Besarnya gaya tahanan *frictional resistance* untuk benda yang berbentuk bola *stokes*.

d. *Viscometer Ostwald*

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

### **2.2.3. Konduktivitas Termal**

Konduktivitas atau kehantaran termal adalah suatu besaran intensif bahan yang menunjukkan kemampuannya untuk menghantarkan panas. Panas yang ditransfer dari satu titik ke titik lain melalui salah satu dari tiga metode yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. Konduktivitas termal merupakan laju aliran panas dikali jarak persatuan luas dan perbedaan suhu.

#### **2.2.3.1. Proses Perpindahan Kalor**

Konduksi termal merupakan suatu fenomena transport dimana perbedaan temperatur menyebabkan transfer energi termal dari satu daerah benda panas ke

daerah yang lain dari benda yang sama pada temperatur yang lebih rendah. Panas yang ditransfer dari suatu titik ke titik yang lain melalui salah satu dari tiga metode 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. 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.

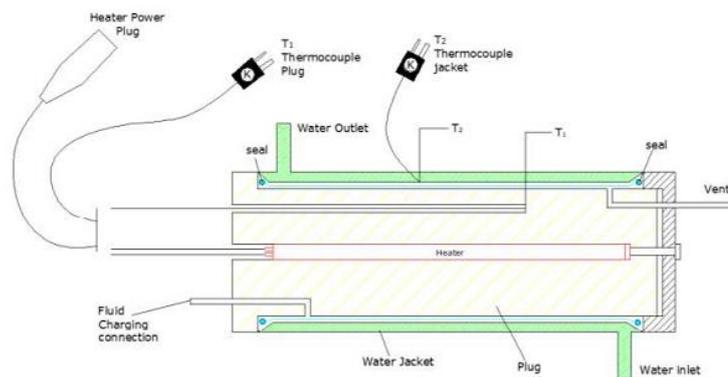
Proses perpindahan kalor secara radiasi adalah suatu proses perpindahan kalor yang terjadi akibat pancaran dari suatu gelombang elektromagnetik ke benda lain tanpa adanya perantara.

### 2.2.3.2. Pengukuran Konduktivitas Termal

Pengukuran konduktivitas dapat dilakukan dengan metodely *steady state cylindrical cell*. Pengukuran konduktivitas termal efektif ini berdasarkan pada pengujian perbedaan temperatur dari masing-masing sampel fluida yang berada didalam sebuah ruang sempit berbentuk *annular radial clearance*. Sampel fluida sendiri akan diukur nilai konduktivitas termal efektifnya dan dimasukkan kedalam ruang kecil di antara sebuah *plug* yang kemudian dipanaskan dengan sebuah selubung *jacket* yang didinginkan oleh air. Pelumas *cartidge* digunakan untuk menaikkan temperatur *Plug* dengan menghasilkan daya yang dikendalikan oleh *voltmeter* dan *amperemeter* standar yang terpasang pada panel alat ukur. *Plug*

sendiri berbahan dasar dari aluminium 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 1 dan ketebalan terhadap perpindahan panas dari panas yang berasal dari *plug* ke selubung *jacket*. Perhitungan yang diperlukan untuk mengetahui konduktivitas termal dari sampel minyak pelumas 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*  
 $Q_e = V \cdot I$ ..... (2.1)
2. *Temperature Different*  
 $\Delta t = T_1 - T_2$ ..... (2.2)
3. *Conduction Heat Transfer Rate*  
 $Q_c = Q_e - Q_i$ ..... (2.3)
4. *Thermal Conductivity*  
 $K_{\text{Fluida}} = \frac{Q_c \cdot \Delta r}{A \cdot \Delta t}$  ..... (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* ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $T_2$  = Temperatur *jacket* ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $V$  = *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 *flug* dan *jacket* = 0.0133 m<sup>2</sup>  
 $K$  = *Thermal conductivity* (W/m.K)

#### 2.2.4. Dinamometer

Dinamometer merupakan suatu alat yang digunakan untuk menghitung kecepatan putar mesin (rpm) dan torsi (N.m) dimana tenaga atau daya yang dihasilkan dari suatu mesin yang dapat dihitung. Dinamometer menggunakan sensor untuk menghitung nilai kecepatan putar suatu mesin, daya dan torsi. Namun dalam pengukuran secara langsung tenaga mesin masih belum bisa menggunakan alat dynamometer ini. Dua metode yang biasa digunakan dalam industri mesin yaitu :

##### a. Dinamometer Mesin

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

b. Chasis Dinamometer

*Chasis* dinamometer atau *Rolling Road Dynamometer* biasanya digunakan untuk mengukur daya pengeluaran mesin dengan menguji kendaraan dalam bentuk seutuhnya. Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui performa pengeluaran, 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 digunakan yaitu mesin kalor, dimana mesin kalor ini adalah sebuah mesin yang menggunakan sumber energi termal untuk melakukan kerja mekanik atau bisa juga mesin yang mengubah energi termal menjadi energi mekanik. Energi tersebut dapat diperoleh melalui proses pembakaran, dimana proses fisi menggunakan bahan bakar nuklir atau proses lain-lain. jika dilihat 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 kedalam 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 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:

#### 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 tahap ini katup masuk dalam keadaan 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 di dalamnya. Pada saat ini kedua katup dalam keadaan tertutup.

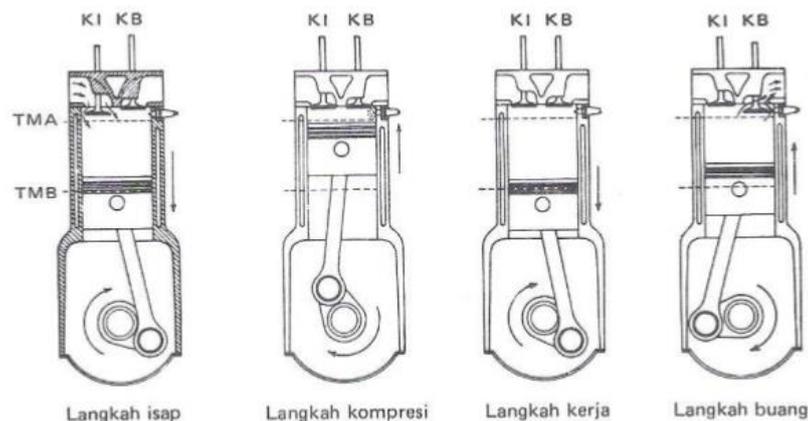
##### c) Langkah Kerja

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 diagram katup dan gambar di bawah ini :



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

### b) Langkah Kompresi

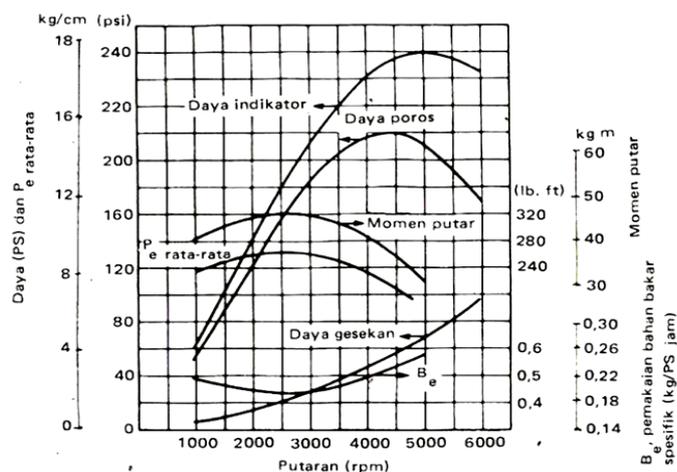
Pembilasan dan pengisian silinder berakhir pada waktu piston pada saat bergerak naik, menutup lubang pembilasan. Setelah lubang pembuangan tertutup maka saat itu juga kompresi mulai berlangsung. Saat langkah torak hampir mencapai TMA (Titik Mati Atas), gas dalam ruang silinder di kompresikan.

### 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 Kinerja Sepeda Motor

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



**Gambar 2.4.** Grafik hubungan torsi, daya, konsumsi bahan bakar spesifik terhadap putaran mesin (Arismunandar, 2002)

### 2.2.6.1. Torsi Mesin

Torsi adalah perkalian antara besarnya gaya dengan jarak tempuh. Pada saat proses usaha maka tekanan-tekanan yang terjadi pada dalam silinder motor

akan menimbulkan suatu gaya yang kuat 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. Pada motor pembakaran biasanya dihubungkan dengan dinamometer bertujuan untuk mendapatkan *ouput* dari motor pembakaran dengan cara menghubungkan poros motor pembakaran dengan poros dinamometer dengan menggunakan kopling elastis. Dengan demikian besarnya torsi tersebut dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

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

Dengan:

T = Torsi (Nm)

F = Gaya sentrifugal benda yang berputar (N)

b = Jarak benda ke pusat rotary (m)

#### 2.2.6.2. Daya Mesin

Dalam penggunaan mesin bertujuan untuk daya. Daya dapat diartikan 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. Pengujian dilakukan dengan menggunakan dinamometer dan *tachometer* atau alat lain yang memiliki fungsi yang sama.

Daya (Bhp) = ditentukan pada persamaan (2.2)

$$P = \frac{2\pi \times n \times T}{60000} \dots\dots\dots (2.2)$$

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 mekanik, laju pemakaian bahan bakar setiap detiknya dapat ditentukan dengan rumus :

$$\dot{M}_f = \frac{\dot{M}_b}{\Delta t} \left( \frac{\text{gr}}{\text{dt}} \right) \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

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

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

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

### 2.2.6.4. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

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

$$\text{SFC} = \frac{\dot{M}_f}{P} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

SFC : konsumsi bahan bakar spesifik (kg/kW.h)

$\dot{M}_f$  : konsumsi bahan bakar (kg/jam)

P : Daya poros efektif (kW)