

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Silaban (2011) melakukan penelitian uji kinerja mesin bensin berdasarkan perbandingan pemakaian pelumas mineral dan sintetis. Dari hasil pengujian yang dilakukan bahwa pemakaian bahan bakar spesifik untuk ketiga variasi putaran mesin, maka dengan pelumas sintetis lebih irit dibandingkan dengan pelumas mineral, khususnya pada putaran 1200 rpm. Penggunaan pelumas sintetis menghasilkan daya poros yang lebih besar dibandingkan pelumas mineral yaitu berkisar antara 1,93% - 3,46%. Berdasarkan perhitungan efisiensi termal yang dihasilkan maka penggunaan pelumas sintetis menghasilkan efisiensi termal yang lebih besar dibandingkan pelumas mineral yaitu berkisar antara 8,06% - 33,70%.

Irawansyah dkk (2015) melakukan penelitian pengaruh temperatur dan fraksi volume terhadap konduktivitas termal fluida nano  $TiO_2$ /Oli Termo XT32. Dengan hasil nilai konduktivitas termal fluida oli Termo XT32 mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan temperatur dan fraksi volume. Pada temperatur yang sama penambahan konsentrasi partikel oli Termo XT32 mampu meningkatkan nilai konduktivitas termal fluida. Fraksi volume yang sama peningkatan temperatur juga mampu meningkatkan konduktivitas fluida. Kenaikan nilai konduktivitas termal fluida oli Termo XT32 20% dibanding dengan fluida dasarnya.

Effendi dkk (2014) melakukan penelitian penurunan nilai kekentalan akibat pengaruh kenaikan temperatur pada beberapa merek minyak pelumas. Kesimpulan yang didapat adalah bahwa rata-rata perubahan kekentalan pada kenaikan temperatur 70 °C ke enam merek pelumas adalah sama secara signifikan. Rata-rata prosentasi penurunan kekentalan minyak pelumas adalah SGO SAE 20w-50 62%, AHM Oil MPX1 SAE 10W-30 76%, Yamalube SAE 20W-40 69%, Shell Helix HX5 SAE 15W-50 76%, Castrol Active SAE 20W-50 66% dan Top One Prostar SAE 20W-40 73%.

Semakin tinggi viskositas pelumas yang digunakan maka jumlah putaran sebuah mesin yang terjadi semakin turun. Kondisi ini juga menunjukkan bahwa penurunan efisiensi menjadi semakin meningkat. Jika ditinjau dari sisi daya motor yang dapat ditransmisikan, maka untuk mendapatkan output daya yang diinginkan maka daya motor input harus ditingkatkan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar tinggi kekentalan pelumas yang digunakan maka untuk jumlah putaran dan output daya yang dihasilkan menjadi semakin berkurang (Budianto, 2008).

Menurut Arisandi (2012) dalam penelitiannya analisa pengaruh bahan dasar pelumas terhadap viskositas pelumas dan konsumsi bahan bakar yaitu pemakaian pelumas sintetis 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. Konsumsi bahan bakar pada penggunaan pelumas sintetis cenderung hemat dibandingkan pelumas semi sintetis dan mineral, sedangkan konsumsi bahan bakar pelumas semi sintetis lebih hemat dibanding mineral.

## 2.2. Dasar Teori

### 2.2.1. Pelumas Mesin



**Gambar 2.1.** Oli Pelumas.

Gambar 2.1 merupakan contoh pelumas mesin. Menurut Akrom (2009) pelumas dapat didefinisikan sebagai suatu zat yang berada diantara dua permukaan yang bergerak secara relatif agar dapat mengurangi gesekan antar permukaan tersebut. Menurut Arisandi dkk (2012) pelumas adalah zat kimia, yang umumnya cairan, yang diberikan di antara dua benda bergerak untuk mengurangi gaya gesek. Zat ini merupakan fraksi hasil destilasi minyak bumi yang memiliki suhu 10570-135 °C. Pelumas berfungsi sebagai lapisan pelindung yang memisahkan dua permukaan yang berhubungan. Umumnya pelumas terdiri dari 90% minyak dasar dan 10% zat tambahan. Kerja pelumas adalah melumasi elemen mesin, ketebalan lapisan film pada daerah kontak antara 0,1-1,0  $\mu\text{m}$  dengan demikian tidak terjadi keausan pada masing masing elemen.

Sistem pelumasan merupakan salah satu sistem utama pada mesin, yaitu suatu rangkaian alat-alat mulai dari tempat penyimpanan minyak pelumas, pompa oli, pipa-pipa saluran minyak, dan pengaturan tekanan minyak pelumas agar sampai kepada bagian-bagian yang memerlukan pelumasan (Akrom, 2009). Sistem pelumasan ini memiliki beberapa fungsi dan tujuan, antara lain:

- a. Mengurangi gesekan serta mencegah keausan dan panas, dengan cara yaitu oli membentuk suatu lapisan tipis (*oil film*) untuk mencegah kontak langsung permukaan logam dengan logam.

- b. Sebagai media pendingin, yaitu dengan menyerap panas dari bagian- bagian yang mendapat pelumasan dan kemudian membawa serta memindahkannya pada sistem pendingin.
- c. Sebagai bahan pembersih, yaitu dengan mengeluarkan kotoran pada bagian- bagian mesin.
- d. Mencegah karat pada bagian-bagian mesin.
- e. Mencegah terjadinya kebocoran gas hasil pembakaran.

### 2.2.2. Klasifikasi

Menurut Akrom (2009) berdasarkan wujudnya, minyak pelumas dapat digolongkan menjadi dua bentuk, yaitu cair atau biasa disebut oli, dan setengah padat (*semi solid*) atau biasa disebut gemuk. Minyak pelumas cair atau oli dapat digolongkan berdasarkan beberapa hal, yaitu:

- a. Berdasarkan bahan pelumas itu dibuat
  - 1. Pelumas mineral yang berasal dari minyak bumi. Mineral yang terbaik digunakan untuk pelumas mesin-mesin diesel otomotif, kapal, dan industri.
  - 2. Pelumas semi sintetis. campuran antara minyak sintetis dengan minyak mineral.
  - 3. Pelumas sintetis, minyak pelumas ini berasal dari suatu bahan yang dihasilkan dari pengolahan tersendiri. Pada umumnya pelumas sintetis mempunyai sifat-sifat khusus, seperti daya tahan terhadap suhu tinggi yang lebih baik daripada pelumas mineral atau nabati, daya tahan terhadap asam, dll.
- b. Berdasarkan viskositas atau kekentalan minyak pelumas yang dinyatakan dalam nomor-nomor *Society of Automotive Engineer* (SAE). Angka SAE yang lebih besar menunjukkan minyak pelumas yang lebih kental.
  - 1. Oli *monograde*, yaitu oli yang indeks kekentalannya dinyatakan hanya satu angka.
  - 2. Oli *multigrade*, yaitu oli yang indeks kekentalannya dinyatakan dalam lebih dari satu angka.
- c. Berdasarkan penggunaan minyak pelumas (diatur oleh *The American Petroleum Institute Engine Service Classification*).

1. Penggunaan minyak pelumas untuk mesin bensin.
2. Penggunaan minyak pelumas untuk mesin diesel.

#### **2.2.2.1. Minyak Mineral**

Menurut Wartawan (1983) minyak pelumas yang diperoleh dari hasil pengolahan bahan tambang atau bahan mineral disebut dengan minyak mineral. Tetapi karena minyak bumi yang ekonomis di dalam pengolahannya maka istilah minyak mineral adalah identik dengan minyak pelumas yang berasal dari pengolahan minyak bumi. Minyak mineral merupakan minyak yang paling banyak digunakan sebagai bahan minyak pelumas. Kemampuan dan kelebihan itu dapat disebut antara lain sebagai berikut:

1. Untuk saat ini harganya paling murah dan dapat dikatakan masih banyak tersedia. Walaupun harga minyak bumi terus menanjak, bandingkan dengan bahan lainnya harganya masih jauh lebih murah.
2. Suhu kemampuan operasinya cukup lebar untuk dapat melayani penggunaan di dalam industri maupun otomotif atau kendaraan.
3. Sifat kimia dan fisiknya mudah dikontrol oleh pabrik maupun oleh instansi yang berwenang.
4. Bahan tidak beracun.
5. Sudah dicampur dengan bahan-bahan kimia lain seperti bahan apa yang dikenal dengan nama aditif, dengan maksud untuk meningkatkan kemampuan unjuk kerjanya.
6. Tidak merusak sekat (*seal*).
7. Mempunyai harga ekonomis.

Bahan mineral minyak bumi yang merupakan bahan yang dapat menghasilkan bahan bakar dan minyak pelumas mayoritasnya terdiri dari elemen-elemen hidrogen dan karbon. Hidrogen dan karbon merupakan elemen-elemen organik yang membentuk ikatan yang dikenal dengan nama hidrokarbon, elemen-elemen hidrokarbon ini kebanyakan berasal dari tumbuh-tumbuhan. Apabila ditinjau asal usul dari minyak bumi, sampai saat ini belum jelas, tetapi menurut suatu teori yang dapat diterima oleh semua pihak menyatakan bahwa bahan-bahan

organik itu berasal dari tanam tanaman yang berada di darat maupun di laut yang terjebak dan terjepit oleh lapisan batuan. Dengan perlahan-lahan tumbuh-tumbuhan yang terjebak tersebut mengalami perubahan-perubahan selama jutaan tahun yang akhirnya berubah bentuk menjadi minyak bumi mentah biasanya disebut minyak mentah saja *crude oil* seperti sekarang yang kita jumpai.

#### **2.2.2.2. Minyak Pelumas Sintetis**

Menurut Wartawan (1983) sangatlah sulit untuk mendefinisikan minyak pelumas sintetis itu. Biasanya pengertian bahasa sintetis oleh umum diartikan sebagai bahan tiruan atau buatan dengan pengetahuan bahan tersebut tidak terdapat di dalam alam sebagai bahan jadi. Dan biasanya bahan yang dibuat sebagai bahan tiruan merupakan bahan yang relatif mudah diperoleh dan murah harganya yang kemudian dibuat menjadi bahan tiruan dari bahan tertentu. Yang banyak kita jumpai umumnya bahan tiruan atau bahan sintetis itu masih relatif lebih murah daripada banyak diburu atau aslinya. Untuk minyak pelumas tiruan atau minyak pelumas sintetis ini lain maksudnya. Minyak pelumas sintetis ini menggunakan minyak yang sebagian besar merupakan liquid yang tidak langsung produksi dari proses pengilangan.

Sifat-sifat dari minyak pelumas sintetis adalah sama dengan minyak pelumas biasa atau konvensional yang berasal dari minyak bumi. Pada kenyataannya yang digunakan atau dinamakan sebagai minyak pelumas sintetis adalah hidrokarbon yang telah mengalami proses khusus. Khusus dimaksud minyak pelumas sintetis ini sengaja dibentuk bukan saja sama dengan minyak pelumas mineral tetapi bahkan dibentuk melebihi kemampuan minyak pelumas mineral. Maka tidaklah mengherankan minyak pelumas sintetis mempunyai harga lebih mahal daripada minyak pelumas mineral. Pada kenyataannya juga menunjukkan bahwa minyak pelumas sintetis memang lebih unggul di dalam unjuk kerja, baik respon terhadap mesinnya maupun daya tahan lamanya digunakan. Untuk penggunaan tertentu minyak pelumas sintetis mempunyai kualitas lebih baik daripada minyak pelumas mineral.

Dari bahan-bahan kimia yang penting yang paling banyak digunakan di dalam memenuhi syarat-syarat pelumasan dapatlah disebut *Ester organofosfat*, *Ester silikat*, *glikol polyalkylena*, dan *Silicon*. Dari bahan-bahan sintesis tersebut kita dapat membandingkan pengaruh dari sifat-sifat dari bahan-bahan tersebut terhadap minyak pelumas mineral.

a. *Ester asam berbasa dua*

Ester asam berbasa dua merupakan salah satu bahan yang paling menonjol dari pelumas sintesis. Bahan-bahan ini banyak ditemukan untuk digunakan sebagai minyak pelumas atau pelumas gemuk yang mempunyai titik penguapan rendah pada mesin gas turbine. Hampir seluruh pelumas diester ini diperoleh dari proses reaksi sintesis produk minyak bumi, sedang yang lainnya diperoleh dari sumber organik seperti lemak binatang dan minyak tumbuh-tumbuhan. Keuntungan dari penggunaan minyak sintesis adalah mempunyai sifat viskositas yang relatif konstan terhadap suhu yang cukup baik. Sangat rendah penguapannya dan mempunyai stabilitas terhadap lingkungan suhu yang tinggi. Biasanya bahan ini juga tidak korosif terhadap logam dan relatif tidak beracun atau *nontoxic*. Sifat yang merugikan dari bahan ini adalah dapat bereaksi dengan karet.

b. *Ester organo fosfat*

Beberapa dari *fosfat Ester* ini memberikan ikatan yang baik dan stabil secara kimia yang memungkinkan untuk digunakan sebagai komponen utama dari minyak pelumas sintesis. Fosfat Ester ini biasa digunakan sebagai aditif tekanan ekstrim. Stabilitas terhadap oksidasi dari bahan ini adalah cukup baik yaitu sampai dengan 300°F dan jika kenaikan suhu lebih tinggi maka bahan ini akan menjadi rusak. Penggunaan utama dari ikatan organofosfor ini adalah di dalam pesawat udara sebagai minyak hidrolik, karena memberikan sifat anti api yang baik.

c. *Ester silikat*

Sifat dari pelumas ini adalah mempunyai indeks viskositas yang tinggi yaitu antara 150-200 dan khususnya mempunyai penguapan yang rendah. Ketahanan terhadap oksidasi pada suhu tinggi tidak begitu baik,

tetapi hal ini dapat diperbaiki dengan penambahan aditif. Ester silikat tidak korosif terhadap logam ataupun plastik atau karet, tapi seperti umumnya silikon akan mengeraskan karet setelah kontak pada suhu tinggi. Satu hal perlu diperhatikan dari Ester silikat ini adalah kecenderungannya untuk terjadi hidrolisa.

d. *Glikol polyalkylena*

Penggunaan dari *glikol polyalkylena* atau *polyester* telah sangat luas yang mana meliputi penggunaan sebagai minyak pelumas di dalam motor bakar, roda gigi, kompresor, pompa bahkan juga digunakan di dalam merumuskan fluida tahan api, dengan bahan dasar air sebagai fluida hidrolis. Glikol sangat menarik untuk digunakan minyak pelumas mesin turbin pesawat udara dari sebab stabilitas terhadap suhu sangat baik, kecilnya sifat korosif terhadap logam, besarnya tahanan dari ikatan kimianya untuk rusak yang disebabkan oleh gesekan mekanik yang tinggi.

e. Silikon

Pelumas silikon dari minyak pelumas sintesis ini adalah polimer yang mempunyai bermacam-macam tingkat viskositas. Tingkat viskositas dari silikon ini tergantung pada Panjang pendeknya rantai dari ikatan molekulnya. Sifat yang paling menonjol dari silikon ini adalah memberikan kurva viskositas dengan suhu yang mendatar. Silikon memberikan ketahanan yang baik terhadap oksidasi pada suhu biasa, tetapi cenderung membentuk gel pada saat terjadi oksidasi. Dari sifat kimianya silikon nampak tidak merusak plastik, karet, dan cat.

### 2.2.3. Sifat Minyak Pelumas

Menurut Arisandi (2012) sifat minyak pelumas sebagai berikut:

a. *Viscositas* (Viskositas)

Adalah kekentalan suatu minyak pelumas yang merupakan ukuran kecepatan bergerak atau daya tolak suatu pelumas untuk mengalir.

b. *Viscosity Index* (Indeks Viskositas)

Merupakan perubahan kekentalan suatu pelumas dikarenakan

adanya perubahan temperatur.

*c. Fire Point*

Adalah menunjukkan temperatur dimana pelumas akan dan terus menyala sekurang-kurangnya selama 5 detik.

*d. Pour Point*

Merupakan titik temperatur dimana suatu pelumas akan berhenti mengalir dengan leluasa.

*e. Cloud Point*

Keadaan dimana pada temperatur tertentu maka lilin yang larut di dalam minyak pelumas akan mulai membeku.

#### **2.2.4. Sertifikasi Pelumas**

- a. *SAE Society of Automotive Engineers* adalah persatuan ahli otomotif dunia yang bertugas menetapkan standar viskositas atau kekentalan.
- b. *JASO Japan Automobile Standard Organization* adalah suatu badan organisasi yang bertugas mengeluarkan standar grading atau level oli yang didasarkan terhadap kandungan fosfor dalam oli.

#### **2.2.5. Viskositas**

##### **2.2.5.1 Pengertian Viskositas**

Menurut Silaban (2011) kekentalan merupakan sifat terpenting dari minyak pelumas, yang merupakan ukuran yang menunjukkan tahanan minyak terhadap suatu aliran. Pelumas dengan viskositas tinggi adalah kental, berat dan memiliki kemampu aliran yang rendah dan 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 kekekantalan tinggi kurang efisien karena tahanannya terhadap gerakan. Sedangkan keuntungannya adalah dihasilkan lapisan pelumas yang tebal selama penggunaan. 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 yang sulit mengalir dikatakan memiliki kekentalan yang tinggi.

Kekentalan juga menunjukkan ketebalan atau kemampuan untuk menahan aliran suatu cairan. Pelumas cenderung menjadi encer dan mudah mengalir ketika panas dan cenderung menjadi kental dan tidak mudah mengalir ketika dingin. Tapi masing-masing kecenderungan tersebut tidak sama untuk semua pelumas. Ada tingkatan permulaan kental dan ada yang dibuat encer (tingkat kekentalannya rendah).

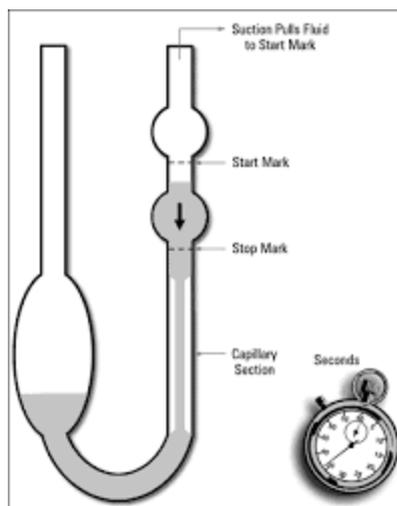
Menurut Wartawan (1983) kenaikan suhu atau penurunan tekanan akan berakibat melemahkan ikatan molekul serta menurunkan viskositasnya. Viskositas menurun dengan naiknya suhu. Ini jelas terlihat pada minyak pelumas yang berasal dari minyak bumi. Perubahan viskositas dikarenakan kenaikan suhu merupakan hal yang sangat penting yang harus dipertimbangkan di dalam berbagai jenis penerapan minyak pelumas. Sebagai contohnya minyak pelumas yang viskositasnya rendah akan kurang aktivitas minyak pelumas tersebut di dalam melindungi bagian-bagian logam mesin kendaraan pada saat mesin dihidupkan, karena akan menurun lagi viskositasnya akibat suhu yang naik. Tetapi apabila kita menggunakan minyak pelumas yang viskositasnya tinggi akan mendapat kesulitan untuk mula-mula menghidupkan mesin, setidaknya-tidaknya *accu* akan bekerja keras untuk dapat menghidupkan mesin. Terlebih lagi apabila suhu lingkungan sangat rendah. Yang ideal dari minyak pelumas adalah viskositasnya cukup menghidupkan mesin dilain pihak tidak banyak berubah pada saat mesin hidup. Karena kenaikan suhu agar dapat memenuhi fungsinya melumasi mesin. Secara umum yang diharapkan dari suatu minyak pelumas adalah perubahan yang sekecil mungkin yang terjadi pada viskositasnya di dalam menghadapi pengaruh jangkauan suhu yang besar.

### 2.2.5.2 Viskometer

Viskometer adalah alat yang digunakan untuk mengetahui viskositas atau kekentalan suatu fluida atau larutan. Kebanyakan viskometer mengukur kecepatan dari suatu cairan mengalir melalui pipa gelas. Ada beberapa macam viscometer yang biasa digunakan antara lain:

a. Viskometer Kapiler atau *Ostwald*

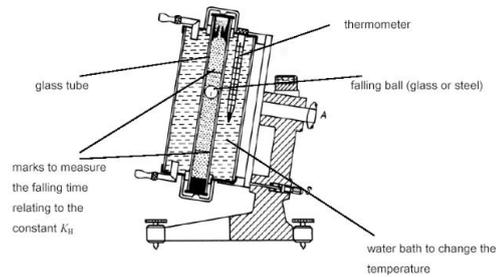
Viskositas dari cairan yang ditentukan dengan mengukur waktu yang dibutuhkan bagi cairan tersebut untuk lewat antara dua tanda ketika mengalir karena gravitasi melalui *viscometer Ostwald*. Waktu alir dari cairan yang diuji dibandingkan dengan waktu yang dibutuhkan bagi suatu zat yang viskositasnya sudah diketahui (biasanya air) untuk lewat dua tanda tersebut. Contoh *viscometer Ostwald* dapat dilihat gambar 2.2.



**Gambar 2.2** *Viskometer oswald.*

b. Viskometer *Hoppler*

Berdasarkan hukum stokes pada kecepatan bola maksimum, terjadi keseimbangan sehingga gaya gesek sama dengan gaya berat. Prinsip kerjanya adalah menggelindingkan bola (yang terbuat dari kaca) melalui tabung gelas yang berisi zat cair yang diselidiki. Kecepatan jatuhnya bola merupakan fungsi dari resiprok sampel. Contoh Viskometer *hoppler* dapat dilihat gambar 2.3.



**Gambar 2.3** Viskometer *hoppler*.

c. Viskometer *Cup dan Bob*

Prinsip kerjanya digeser dalam ruangan antar dinding luar dari *bob* dan dinding dari *cup* dimana *bob* masuk persis ditengah-tengah. Kelemahan viskometer ini adalah terjadinya aliran sumbat yang disebabkan geseran yang tinggi di sepanjang keliling bagian tube sehingga menyebabkan penurunan konsentrasi. Penurunan konsentrasi ini menyebabkan bagian tengah zat yang ditekan keluar memadat. Contoh Viskometer *Cup dan Bob* dapat dilihat gambar 2.4.



**Gambar 2.4** Viskometer *Cup dan Bob*.

d. Viskometer *Cone* dan *Plate*

Cara pemakaian adalah sampel ditempatkan di tengah-tengah papan, kemudian dinaikkan hingga posisi di bawah kerucut. Kerucut digerakkan oleh motor dengan bermacam kecepatan dan sampelnya digeser di dalam ruang semi transparan yang diam dan kemudian kerucut yang berputar. Contoh Viskometer *Cone* dan *Plate* dapat dilihat gambar 2.5.



**Gambar 2.5.** Viskometer *Cone* dan *Plate*.

## **2.2.6. Konduktivitas Termal**

### **2.2.6.1 Pengertian Konduktivitas Termal**

Menurut Holman (1993) 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.

Konduksi termal merupakan suatu fenomena transport dengan perbedaan temperatur menyebabkan transfer energy 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. Konduksi

Perpindahan kalor secara perambatan atau perpindahan kalor dari suatu bagian benda padat ke bagian lain dari benda padat yang sama, atau dari benda padat yang satu ke benda padat yang lain karena terjadi persinggungan fisik atau menempel tanpa terjadinya perpindahan molekul-molekul dari benda padat itu sendiri.

b. Konveksi

Perpindahan kalor secara aliran atau konveksi adalah perpindahan kalor yang dilakukan oleh molekul-molekul suatu fluida (cair atau gas). Molekul-molekul fluida tersebut dalam gerakannya melayang kesana kemari membawa sejumlah kalor.

c. Radiasi

Perpindahan kalor secara pancaran atau radiasi adalah perpindahan kalor suatu benda ke benda yang lain melalui gelombang elektromagnetik tanpa medium perantara. Bila pancaran kalor menimpa suatu bidang, sebagian dari kalor pancaran yang diterima benda tersebut akan dipancarkan kembali, dipantulkan dan sebagian dari kalor akan diserap.

Setiap zat baik berbentuk padat, cair maupun gas tersusun dari partikel-partikel. Yang mempunyai kecenderungan selalu bergetar. Sifat bergetar partikel-partikel zat tergantung pada jarak partikel pada zat sangat berbeda dari ketiga jenis zat seperti yang telah disebutkan di atas. Jarak antar partikel pada zat padat sangat dekat, jarak partikel pada zat fluida lebih jauh dibandingkan dengan jarak antar partikel pada zat padat. Sedangkan pada gas jarak antar partikel berjauhan. Oleh karena itu gerak partikel-partikel pada zat padat sangat terbatas, dan hanya bergetar pada tempat tertentu.

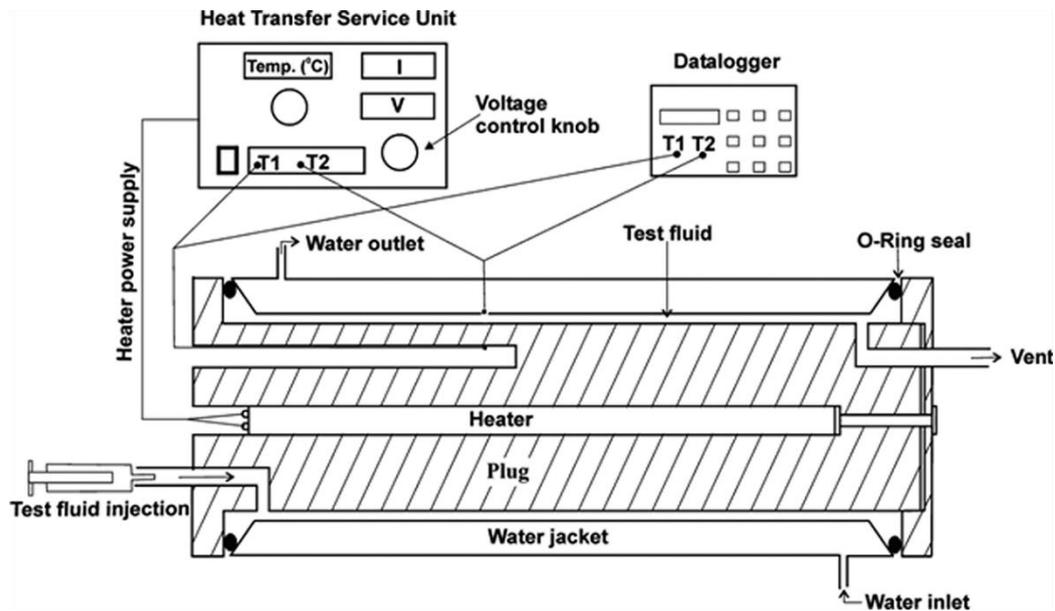
Koefisien konduktivitas termal didefinisikan sebagai laju panas pada suatu benda dengan suatu gradien temperatur. Dengan kata lain konduktivitas termal menyatakan kemampuan bahan menghantarkan kalor. Nilai konduktivitas termal

penting untuk menentukan jenis dari penghantar yaitu konduksi panas yang baik (*good conductor*) untuk nilai koefisien konduktivitas termal yang besar dan penghantar panas yang tidak baik (*good insulator*) untuk nilai koefisien panas yang kecil.

Energi termal dihantarkan dalam zat padat menurut salah satu dari dua modus berikut: melalui getaran kisi (*lattice vibration*) atau dengan angkutan melalui elektron bebas. Dalam konduktor listrik yang baik, dimana terdapat elektron bebas yang bergerak di dalam struktur kisi bahan-bahan, maka elektron di samping dapat mengangkut muatan-muatan listrik, dapat pula membawa energi termal dari daerah bersuhu tinggi ke daerah bersuhu rendah, sebagaimana halnya dalam gas. Bahkan electron ini sering disebut gas electron (*electron gas*). Energi dapat pula berpindah sebagai energi getaran dalam struktur kisi bahan. Namun, pada umumnya perpindahan energi melalui getaran ini tidaklah sebanyak dengan cara angkutan elektron. Oleh karena itu, penghantar listrik yang baik selalu merupakan penghantar kalor yang baik pula, seperti halnya tembaga, aluminium, dan perak. Sebaliknya isolator listrik yang baik merupakan isolator kalor Holman, (1993).

#### **2.2.6.2. Pengukuran Konduktivitas Termal**

Pengukuran konduktivitas dapat dilakukan dengan metode *steady state cylindrical cell*. Dasar dari pengukuran konduktivitas termal efektif ini berdasarkan pada pengesetan perbedaan temperatur dari sampel fluida yang ada di dalam sebuah ruang sempit berbentuk annular (*radial clearance*). Sampel fluida yang konduktivitas termal efektifnya akan diukur mengisi ruang kecil diantara sebuah *plug* yang dipanaskan dan sebuah selubung *jacket* yang didinginkan oleh air. Plug tersebut dipanaskan dengan menggunakan sebuah pemanas *catridge* yang dihasilkan dengan daya yang dikendalikan oleh voltmeter dan ammeter standar yang terpasang pada panel. *Plug* tersebut dibuat dari aluminium 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. Skema dapat dilihat pada gambar 2.6.



**Gambar 2.6.** Skema alat pengukuran konduktivitas termal (Irawansyah, 2015)

Ruang bebas tersebut cukup kecil untuk mencegah adanya konveksi alamiah (*natural convection*) di dalam sampel fluida tersebut. Karena radial *clearance* yang relatif kecil tersebut, sampel fluida yang ada di dalam ruang tersebut dapat digambarkan sebagai sebuah pelapis tipis (*lamina*) dari area permukaan (*face area*)  $l$  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* ( $t_2$ ) dengan menyesuaikan variabel transformer (Irawansyah, 2015).

Persamaan untuk perhitungan konduktivitas termal sebagai berikut:

a. *Elemen Heat Input*

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

Keterangan:

$V$  = Voltage (V)

$I$  = Current (A)

$Q_e$  = Elemen Heat input (W)

b. *Temperatur Different*

$$\Delta t = t_1 - t_2 \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

$t_1$  = Temperatur plug (°C)

$t_2$  = Temperatur Jacket (°C)

$\Delta t$  = Temperatur different (K)

c. *Conduction Heat Transfer Rate*

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

Keterangan:

$Q_e$  = Elemen Heat input (W)

$Q_i$  = Incidental heat transfer rate (W)

$Q_c$  = Conduction Heat Transfer Rate (W)

d. *Thermal Conductivity*

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

$\Delta r$  = 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>

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

$Q_c$  = Conduction Heat Transfer Rate (W)

**2.2.7. Dyno Test**

*Dyno test* adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengukur gaya puntir (torsi) dan daya. Contohnya adalah tenaga yang dihasilkan oleh mesin, yang dapat dihitung dengan mengukur secara simultan torsi dan kecepatan rotasi per menit RPM *revolution per minute*. Jenis *dyno test* antara lain:

a. *Engine dyno*

Mesin yang akan diukur parameter dinaikan ke mesin dyno tersebut, pada dyno jenis ini tenaga yang terukur merupakan hasil dari putaran mesin murni.

b. *Chassis dyno*

Roda motor diletakan di atas *drum dyno* berputar. Kinerja mesin yang didapat merupakan *power* sesungguhnya yang dikeluarkan mesin karena sudah dikurangi segala macam faktor gesek yang bisa mencapai 30% selisihnya jika dibandingkan dengan *engine dyno*.



**Gambar 2.7.** Alat *dyno test*

*Torque* adalah kemampuan mesin untuk menggerakkan atau memindahkan mobil atau motor dari kondisi diam hingga berjalan. Torsi berkaitan dengan akselerasi. Pada saat kita merasakan tubuh kita terhempas ke belakang saat berakselerasi, menunjukkan besarnya angka torsi pada mesin tersebut.

*Horse power* adalah kemampuan untuk seberapa cepat kendaraan itu mencapai suatu kecepatan tertentu. Misalnya suatu mobil A dapat mencapai kecepatan 0-100km/jam hanya dalam waktu 10 detik, sementara mobil B mampu hanya dalam waktu 6 detik, dikarenakan mobil B memiliki angka Power yang lebih besar.

### 2.2.8. Perhitungan Torsi, Daya, dan Konsumsi Bahan Bakar

- a. Torsi adalah indikator baik dari ketersediaan mesin untuk kerja. Torsi didefinisikan sebagai daya yang bekerja pada jarak momen dan apabila dihubungkan dengan kerja (Arismunandar, 1994).

$$T = F \times L \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

T = Torsi (N.m)

F = Gaya yang terukur pada *Dynamometer* (N)

L = x = Panjang langkah pada *Dynamometer* (m)

- b. Daya adalah besar usaha yang dihasilkan oleh mesin tiap satuan waktu, didefinisikan sebagai laju kerja mesin, ditunjukkan oleh persamaan (Arismunandar, 1994).

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

Keterangan:

P = Daya (kW).

n = Putaran mesin (rpm).

T = Torsi (N.m).

- c. Konsumsi bahan bakar spesifik adalah pemakaian bahan bakar yang terpakai per jam untuk setiap daya yang dihasilkan pada motor bakar. Konsumsi bahan bakar spesifik didefenisikan dengan persamaan (Arismunandar, 1994).

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

Keterangan:

$m_f$  = Laju aliran bahan bakar masuk mesin (kg/jam).

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

P = Daya (kW).

$$m_f = \frac{b}{t} \frac{3600}{1000} \times \rho_{bb} \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan:

B = Volume buret yang dipakai dalam pengujian (cc).

t = Waktu (s).

$\rho_{bb}$  = Massa jenis bahan bakar (kg/l)

d. Pengujian konsumsi bahan bakar dengan uji jalan

Pengujian konsumsi bahan bakar dengan uji jalan untuk mengetahui berapa konsumsi bahan bakar dengan menjalankan kendaraan di jalan umum atau jalan raya dan kemudian diambil data dengan hasil (km/liter).

**2.2.9. Jenis-jenis Sistem Pelumasan**

Menurut Daryanto (2004) ada tiga macam sistem pelumasan, yaitu

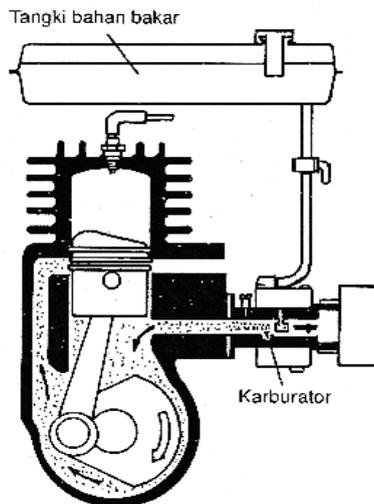
- a. Bentuk kabut,
- b. Bentuk kering,
- c. Bentuk basah.

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

**2.2.9.1. Sistem Pelumasan Bentuk Kabut**

Sistem pelumasan kabut ini dipakai pada mesin kecil dua tak, yaitu

- a. Mesin pemotong rumput



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

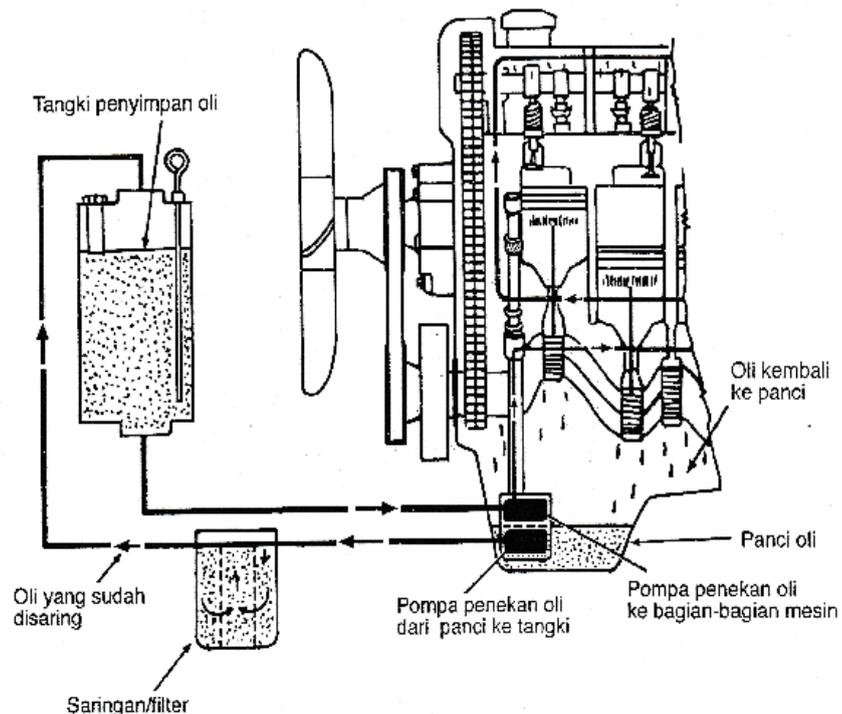
- b. Sepeda motor,
- c. kapal boat,
- d. generator dan kompresor.

Oli pelumas dicampurkan pada bensin dengan perbandingan tertentu dan dimasukkan ke dalam tangki minyak. Campuran bensin dan oli ini dimasukkan melalui karburator ke dalam ruang pemutar mesin dalam bentuk kabut sehingga oli memberi pelumas mesin yang berputar akibat pembakaran. Cara lainnya ialah memakai pompa oli yang menekan oli ke dalam aliran udara. Jumlah oli yang dimasukkan atau diinjeksikan itu dikontrol oleh katup.

### 2.2.9.2. Sistem Pelumasan Kering

Dengan pengecualian kendaraan tertentu, misalnya motor balap, sistem pelumasin kering jarang digunakan pada kendaraan bermotor, walaupun beberapa truk berat menggunakannya. Pelumasan kering banyak digunakan pada:

- a. sepeda motor,
- b. traktor penggali tanah,
- c. mesin-mesin tak bergerak (stationer), misalnya generator.



**Gambar 2.9.** Sistem pelumasan tipe kering (Daryanto, 2004).

Oli pelumas ditempatkan pada tangki atau tempat pelumas di luar mesin. Pelumas dialirkan dengan tekanan pompa didedarkan kebagian-bagian mesin yang bergerak melalui pipa atau alur-alur dalam blok mesin. Setelah seluruh komponen diberi pelumas, oli jatuh ke tempat penampungan di bawah sebuah pompa atau gayung tempat oli itu dinaikkan lagi ke tempat serepnya untuk didedarkan seperti tadi.

### **2.2.9.3. Sistem Pelumasan Basah**

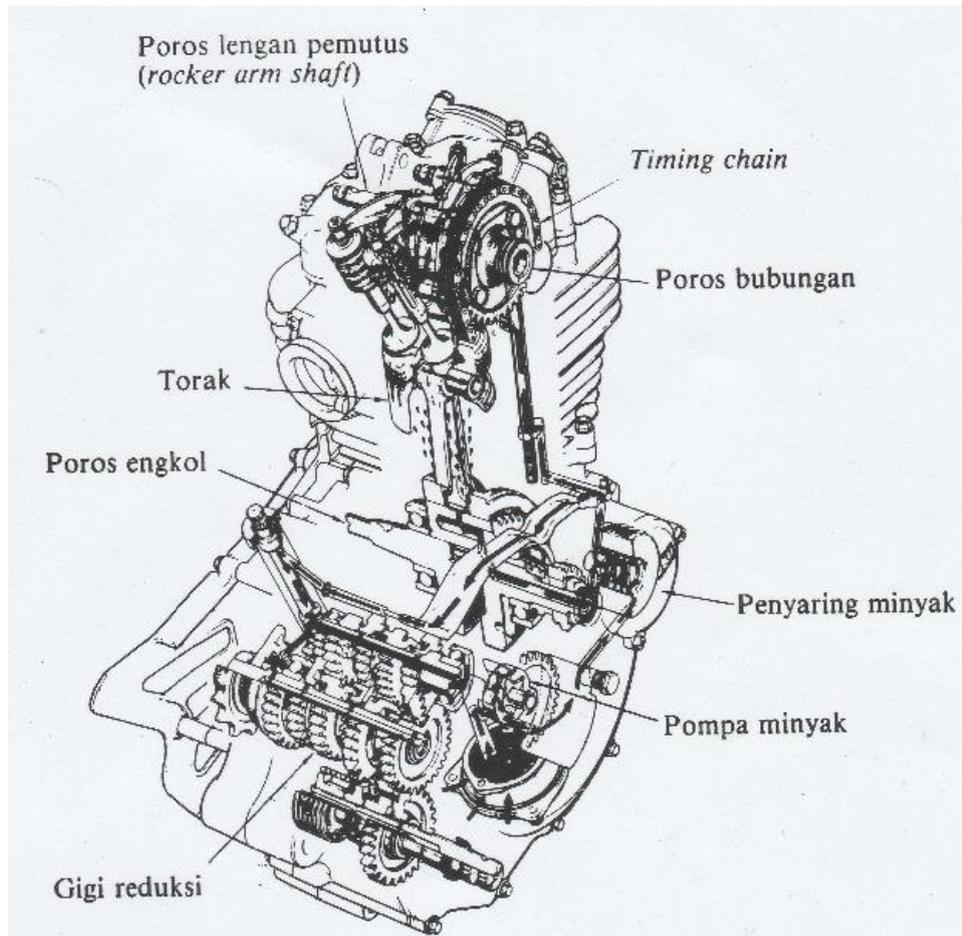
Sistem ini lazim digunakan pada motor mobil yang modern. Oli pelumas ditempatkan pada tempat oli atau penyaring yang dipasang dibagian dasar atau posisi paling bawah dari ruang mesin penggerak (poros engkol). Pelumas dialirkan kebagian mesin yang bergerak dengan kombinasi dari pemancaran penyemprotan dan tekanan. Waktu poros engkol dari mesin itu berputar, ujung besar dari poros batang torak tercelup oli di dasar ruang mesin dan menyiramkan oli ke seluruh bagiar mesin di bawah separo ruangan. Kadang-kadang pada ujung besar dari poros batang torak terdapat penggaruk oli yang berfungsi membantu pengambilan oli. Jika putaran mesin meningkat tinggi maka oli berubah menjadi kabut lembut sehingga bisa masuk ke bagian dalam bawah mesin (Daryanto, 2004).

### **2.2.10. Sistem Pelumasan Motor 4-Langkah**

Menurut Daryanto (2004) minyak motor disimpan di tempat bak minyak di rumah poros engkol dan mengalirnya ke bagian yang berputar di motor dengan menggunakan pompa minyak. Saluran dan sistem pengaliran minyaknya pada motor yang satu tidak sama dengan motor yang lain tetapi umumnya seperti terlihat pada gambar sepeda motor di rumah melalui 3 cara:

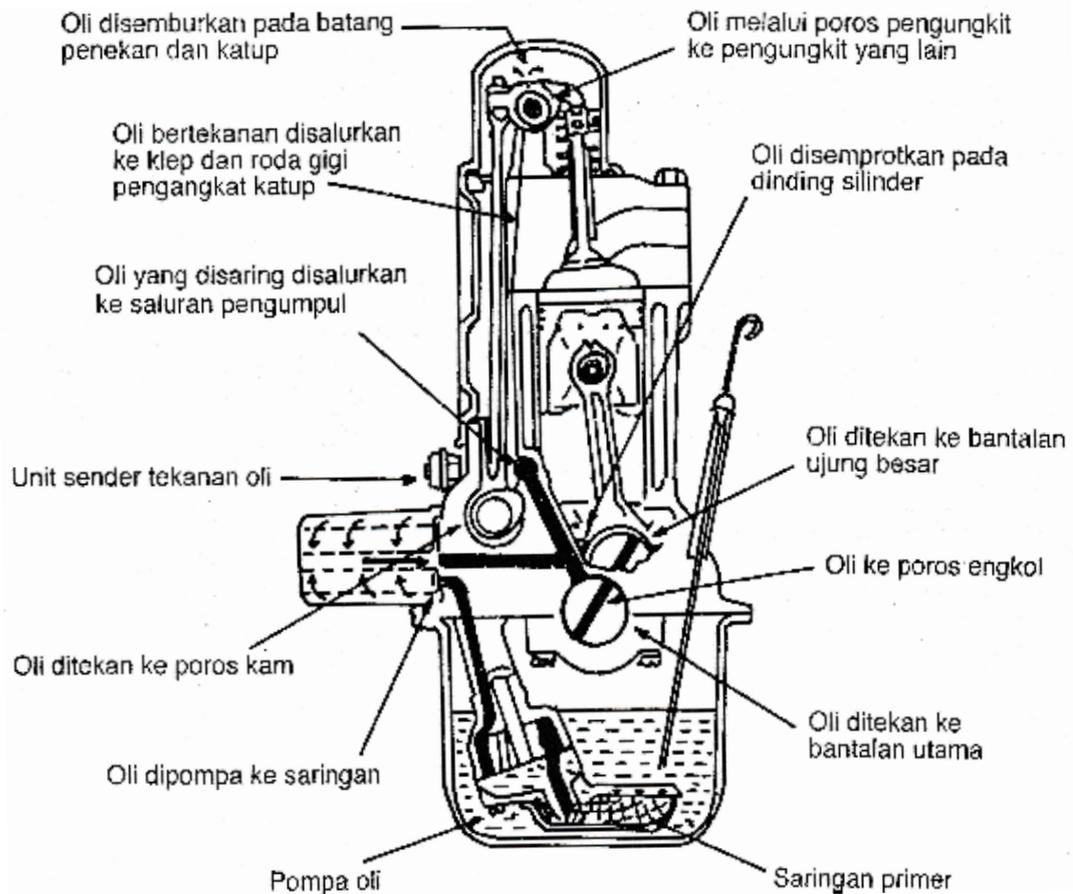
- a. Minyak mengalir melalui bantalan utama poros engkol ke kepala besar batang torak dari sini minyaknya disemprotkan dan pelumas kepala kecil, silinder dan torak.
- b. Minyak dialirkan melalui saluran di dalam silinder ke poros hubungan dan dari sini minyak disemprotkan untuk melumasi lengan pemutus dan porosnya.

- c. Jalan yang ketiga minyaknya dipompakan kedua poros di rumah transmisi dan setelah melumasi roda roda gigi mengalir melalui antar poros dan akhirnya melumasi kopling



**Gambar 2.11.** System pelumasan motor 4-langkah (Daryanto, 2004).

Panci oli adalah reservoir untuk oli pelumasan. Volume dengan jumlah oli dengan bantuan tongkat pengukur pada bagian samping mesin dan harus mencukupi pada saringan pick up yang di bawah kondisi pengoperasian secara normal.



**Gambar 2.12.** Sistem pelumasan (Daryanto, 2004).

### 2.2.11. Maintenance

*Maintenance* diartikan dalam bahasa Indonesia ialah pemeliharaan, namun sampai saat ini masih banyak orang yang menganggap *maintenance* itu adalah perawatan. Karena banyak yang menganggap perawatan dengan pemeliharaan itu sama, namun pada kenyataannya sangatlah berbedah antara perawatan dan pemeliharaan. Pemeliharaan dan perawatan tidaklah sama, dengan pengertian dari pemeliharaan yaitu tindakan yang dilakukan terhadap suatu alat atau produk agar produk tersebut tidak mengalami kerusakan, Sedangkan pengertian perawatan yaitu suatu tindakan perbaikan yang dilakukan terhadap suatu alat yang telah mengalami kerusakan agar alat tersebut dapat digunakan kembali. Kesimpulannya yaitu pemeliharaan dilakukan sebelum suatu alat/produk mengalami kerusakan dan

mencegah terjadinya kerusakan, sedangkan perawatan yaitu dilakukan setelah suatu alat mengalami kerusakan (Nurdarojat, 2014).

a. *Preventive Maintenance*

*Preventive Maintenance* merupakan tindakan pemeliharaan yang terjadwal dan terencana. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi masalah-masalah yang dapat mengakibatkan kerusakan pada komponen/alat dan menjaganya selalu tetap normal selama dalam operasi. Contohnya melakukan pengecekan terhadap pendeteksi indikator tekanan dan temperatur, atau alat pendeteksi indikator lainnya. apakah telah sesuai hasilnya untuk kondisi normal kerja suatu alat. Membersihkan kotoran-kotoran yang menempel pada alat atau produk (debu, tanah maupun bekas minyak).

b. *Predictive Maintenance*

*Predictive Maintenance* merupakan perawatan yang bersifat prediksi, dalam hal ini merupakan evaluasi dari perawatan berkala *Preventive Maintenance*. Pengecekan ini dapat dievaluasi dari indikator-indikator yang terpasang pada instalasi suatu alat dan juga dapat melakukan pengecekan untuk menambah data dan tindakan perbaikan selanjutnya.

c. *Breakdown Maintenance*

*Breakdown Maintenance* merupakan perbaikan yang dilakukan tanpa adanya rencana terlebih dahulu. Kerusakan terjadi secara mendadak pada suatu alat atau produk yang sedang beroperasi, yang mengakibatkan kerusakan bahkan hingga alat tidak dapat beroperasi. Contoh kerusakan pada mesin adalah rusaknya bearing karena kegagalan fungsi pelumasan.

d. *Corrective Maintenance*

*Corrective Maintenance* merupakan pemeliharaan yang telah direncanakan, yang didasarkan pada kelayakan waktu operasi yang telah ditentukan pada buku petunjuk alat tersebut. Pemeliharaan ini merupakan *overhaul* yang meliputi pemeriksaan, perbaikan dan penggantian terhadap setiap bagian-bagian alat yang tidak layak pakai lagi, baik karena rusak maupun batas maksimum waktu operasi yang telah ditentukan.