

BAB II

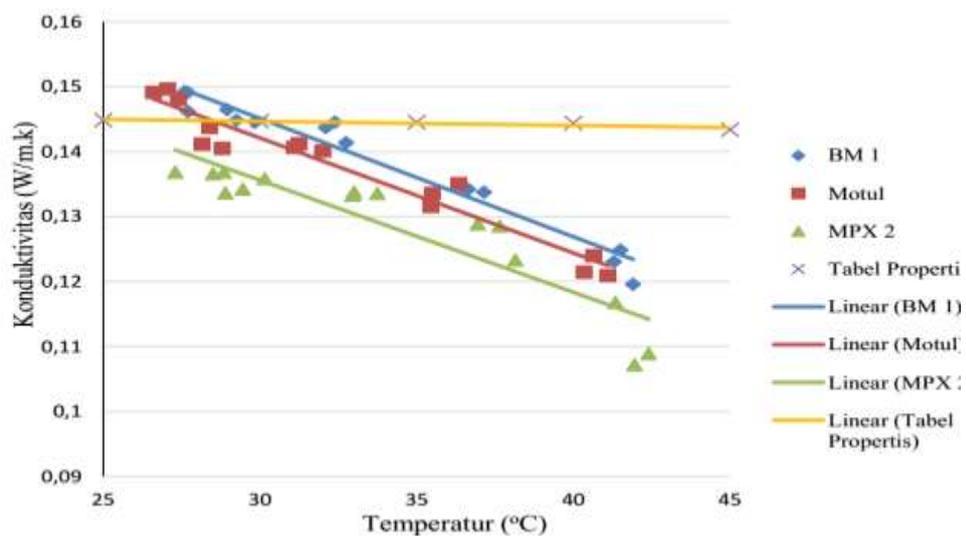
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Rahmawan (2016) melakukan penelitian untuk membandingkan pelumas yang memiliki jenis yang berbeda Mesran Super (mineral) SAE 20W-50, Shell Advance AX7 10W-40 (semi sintetik) dan Top One Evolution 10W-30 (Full sintetik). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui viskositas dan konduktivitas termal dari ketiga jenis minyak pelumas serta pengaruhnya terhadap kinerja motor Suzuki Satria F 150. Pengujian pada motor Suzuki Satria F 150 dilakukan untuk mengetahui besar Torsi, Daya, dan konsumsi BBM pada masing–masing pelumas. Dari hasil pengujian torsi dan daya yang dilakukan hasil torsi terbesar terdapat pada pelumas sintetik yaitu sebesar 13,51 N.m, lalu semi sintetik 13,41 N.m, dan terakhir pelumas mineral 13,39 N.m. Sedangkan daya terbesar terdapat pada pelumas sintetik yaitu sebesar 16,4 HP. Pelumas semi sintetik dan pelumas mineral memiliki daya yang sama yaitu sebesar 16,2 HP. Hasil dari data di atas diperoleh dengan menggunakan kecepatan 600 rpm hingga kecepatan motor maksimal. Pada Pengujian konsumsi BBM konsumsi paling besar terdapat pada pelumas Mesran Super (mineral) yang hanya dapat menempuh 40 km/liter. Pelumas dengan konsumsi BBM paling sedikit adalah Top One Evolution (Full sintetik) yaitu 45 km/liter, dan selanjutnya Shell Advance AX7 (semi sintetik) yang mampu menempuh jarak 43 km/jam.

Liana (2016) tentang data analisa karakteristik viskositas dan konduktivitas thermal minyak pelumas MPX 2 baru dan MPX 2 bekas dan bagaimana pengaruh yang diperoleh pada motor Honda Scoopy 110 cc. Pada penelitian ini merujuk tentang perbedaan 1 pelumas baru MPX 2 dengan 5 pelumas bekas MPX 2 dengan perbandingan 1:5. Hasil data yang diperoleh yaitu pelumas baru lebih unggul dibanding pelumas bekas berdasarkan kualitas viskositas, dengan alasan logikanya bahwa pelumas bekas memang sudah dipakai, sehingga kekentalan yang didapat pasti sudah tidak bagus.

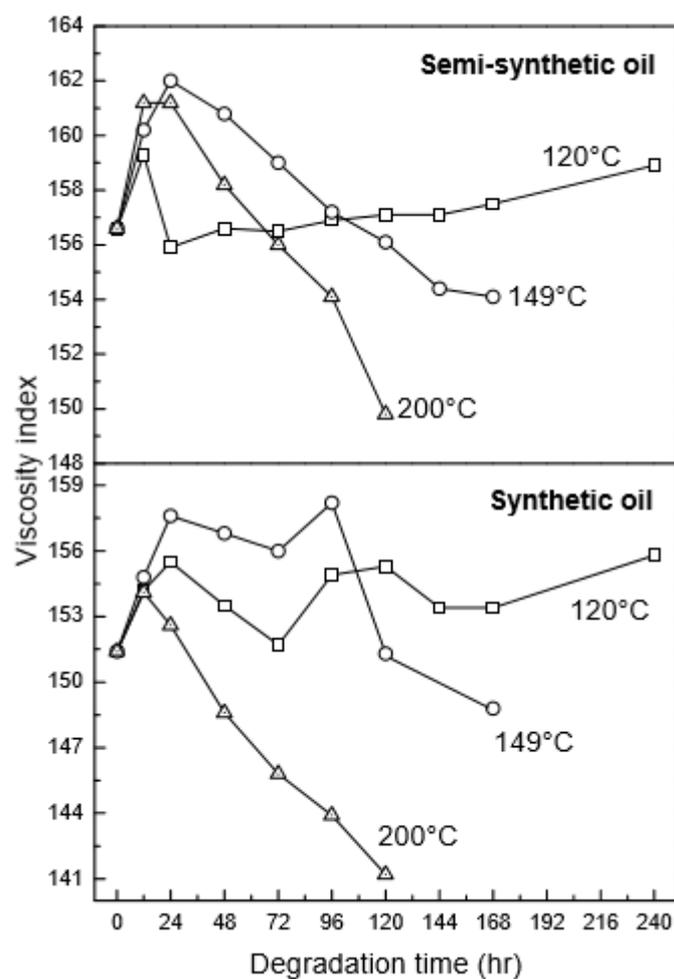
Bayu (2017) melakukan penelitian tentang karakteristik konduktivitas thermal pelumas terhadap temperatur dengan menggunakan pelumas MPX 2 SAE 10W-30 (pelumas mineral), BM 1 SAE 10W-40 (pelumas sintetik) dan Motul 3100 SAE 10W-40 (pelumas sintetik). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas pelumas mesin untuk menghantarkan panas. Semakin tinggi nilai konduktivitas suatu jenis pelumas semakin baik dalam menghantarkan panas, sedangkan untuk sifat yang harus ada pada pelumas nilai konduktivitas harus stabil.



Gambar 2.1 Grafik hubungan antara konduktivitas termal oli dengan temperatur (Bayu, 2017)

Gambar 2.1 dapat dilihat semua sampel pelumas mengalami penurunan seiring dengan kenaikan temperatur hal ini terjadi karena kemampuan menghantarkan panas pelumas menurun. Untuk pelumas jenis sintetik (BM 1 dan Motul 3100) lebih stabil penurunannya terhadap kenaikan temperatur dibandingkan dengan pelumas mineral (pelumas MPX 2) perbedaannya tidak terlalu signifikan. Nilai konduktivitas termal pelumas jenis mineral lebih rendah dibandingkan nilai konduktivitas termal pelumas sintetik pada temperatur tinggi. Dari penelitian yang dilakukan Bayu dapat disimpulkan bahwa pelumas jenis sintesis memiliki kemampuan menghantarkan panas lebih baik dibandingkan pelumas jenis mineral.

Tripathi dan Vinu (2015) melakukan penelitian tentang pengaruh viskositas terhadap temperatur dan waktu. Variasi minyak sintetis dan semi-sintetis dengan penurunan waktu dapat diketahui dan hasilnya digambarkan pada Gambar 2.2 pada temperatur 120 °C, indeks viskositas minyak sintetis dan semi-sintetis hampir konstan antara 153 sampai 157. Namun, pada Temperatur 149 °C, ada perubahan secara signifikan dalam minyak sintetis dan semi-sintetis yaitu dari 151,4 menjadi 157,7 dan kemudian mengalami penurunan secara perlahan.



Gambar 2.2 Grafik Variasi indeks viskositas minyak mesin sintetis dan semi sintetis (Tripathi dan Vinu,2015)

Ashim dan Priangkoso (2013) melakukan pengujian konsumsi bahan bakar terhadap ketiga sepeda motor, hasil yang didapat bahwa penggunaan pelumas dengan viskositas yang lebih rendah memberikan konsumsi bahan bakar yang lebih kecil. Pengujian konsumsi bahan bakar pada sepeda motor terhadap jenis pelumas menunjukkan kecenderungan yang sama untuk semua sepeda motor uji. Penggunaan pelumas SAE 10W40 pada Suzuki Satria Fu menghasilkan konsumsi bahan bakar sebesar 32,63 km/L, penggunaan SAE 15W40 sebesar 31,16 km/L, dan penggunaan SAE 20W40 sebesar 29,97 km/L.

Dalam penelitian Parenden (2012) tentang pengaruh temperatur terhadap viskositas minyak pelumas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai viskositas dari masing-masing minyak pelumas selalu menurun apabila temperatur dinaikkan. Data hasil menunjukkan nilai viskositas untuk minyak pelumas merek Penzoil pada temperatur 28°C viskositasnya sebesar 6,513 dyne.s/cm³ kemudian temperatur dinaikkan menjadi 100°C dan viskositasnya menjadi 1,065 dyne.s/cm³ hal tersebut menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai viskositas pelumas tersebut sebesar 83,11%, untuk merek Meditran pada temperatur 28°C viskositasnya sebesar 6,173 dyne.s/cm³ kemudian temperatur dinaikkan menjadi 100°C dan viskositasnya menjadi 1,039 dyne.s/cm³ terjadi penurunan viskositas sebesar 83,17 % dan untuk merek Castrol pada temperatur 28°C viskositasnya sebesar 5,475 dyne.s/cm³ kemudian temperatur dinaikkan menjadi 100°C dan viskositasnya menjadi 1,034 dyne.s/cm³ penurunan viskositas yang terjadi sebesar 81,11%. Jadi dari data hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa minyak pelumas merek Castrol lebih baik dari ketiga merek yang digunakan. Karena pada saat temperatur dinaikkan nilai visositas yang turun sebesar 81,11% dibandingkan merek pelumas Penzoil dan Meditran.

Rohadi dkk, (2013) melakukan penelitian tentang analisis keausan baja st.40 dengan variasi pelumas. Pada penelitian ini menggunakan tiga macam variasi pelumas, yaitu Pengujian keausan baja St.40 menggunakan alat tribotester Pin-on-disc tanpa pelumas, menggunakan pelumas SAE 40, dan menggunakan pelumas SAE 140. Pada pengujian pin dengan variasi pelumas didapatkan penurunan berat pin yang besar pada pengujian pin dengan variasi tanpa pelumas

Sebesar 3,74 g. Sedangkan penurunan berat pin yang kecil sebesar 0.03 g terdapat pada pengujian pin menggunakan pelumas SAE 40 dan 0,02 g pada pengujian menggunakan pelumas SAE 140 mm³/N.m. Faktor keausan yang besar terdapat pada pengujian tanpa pelumas sebesar 26,9.10⁻⁴ mm³/N.m. sedangkan faktor keausan yang kecil terdapat pada pengujian menggunakan pelumas SAE 140 sebesar 0,4.10⁻⁴ mm³/N.m.

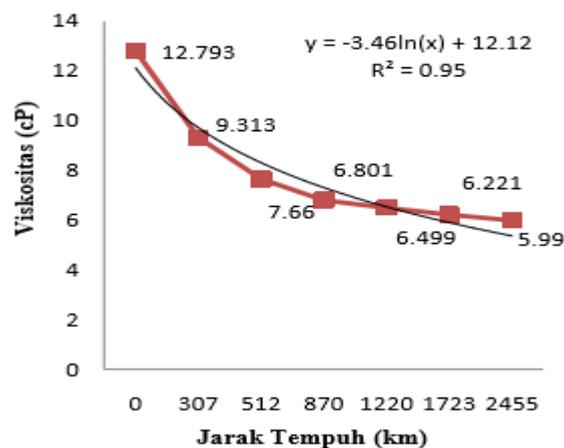
Efendi dkk, (2014) melakukan penelitian tentang penurunan nilai kekentalan akibat pengaruh kenaikan temperatur pada beberapa minyak pelumas. Penelitian dilakukan menggunakan enam produk minyak pelumas yang berbeda yaitu AHM Oil MPX 1, Shell Helix HX 5, Yamalube, Castrol Active, Top One Prostar, dan SGO. Pengujian dilakukan dengan memanaskan keenam produk minyak pelumas dari suhu kamar sampai *temperature* 70°C. Dari pengujian yang dilakukan rata-rata perubahan kekentalan pada temperatur 70°C keenam produk minyak hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata perubahan kekentalan pelumas terjadi pada saat kenaikan temperatur mencapai 70 derajat *celsius* untuk ke enam merek pelumas secara signifikan adalah sama. Rata-rata *presentase* penurunan kekentalan minyak pelumas adalah sebesar 62% untuk oli merek SGO SAE 20W-50, 76% untuk oli merek AHM Oil MPX1 SAE 10W-30, 69% untuk oli merek Yamalube SAE 20W-40, 76% untuk oli merek Shell Helix HX5 SAE 15W-50, 66% untuk oli merek Castrol Active SAE 20W-50 dan 73% untuk oli merek Top One Prostar SAE 20W-40, dilihat dari Tabel 2.1 rata-rata perubahan yang terjadi pada nilai kekentalan keenam produk minyak pelumas akibat pengaruh kenaikan *temperature* adalah sama secara signifikan.

Tabel 2.1 Presentase penurunan kekentalan pada *temperature* 70°C
(Adawiyah dan Efendi, 2014)

Merek Pelumas	Pengujian										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SGO SAE 20w-50	63%	60%	71%	67%	54%	65%	59%	63%	62%	63%	62%
AHM Oil MPX1 SAE 10w-30	82%	70%	81%	80%	68%	80%	75%	70%	70%	80%	76%
Yamalube SAE 20w-40	71%	66%	66%	69%	68%	80%	70%	66%	71%	63%	69%
Shell Helix HX5 SAE 15w-50	73%	72%	82%	83%	72%	69%	71%	78%	83%	77%	76%
Castrol Active SAE 20w-50	73%	64%	52%	65%	71%	66%	67%	61%	72%	67%	66%
Top One Prostar SAE 20w-40	85%	66%	69%	77%	76%	68%	77%	69%	67%	74%	73%

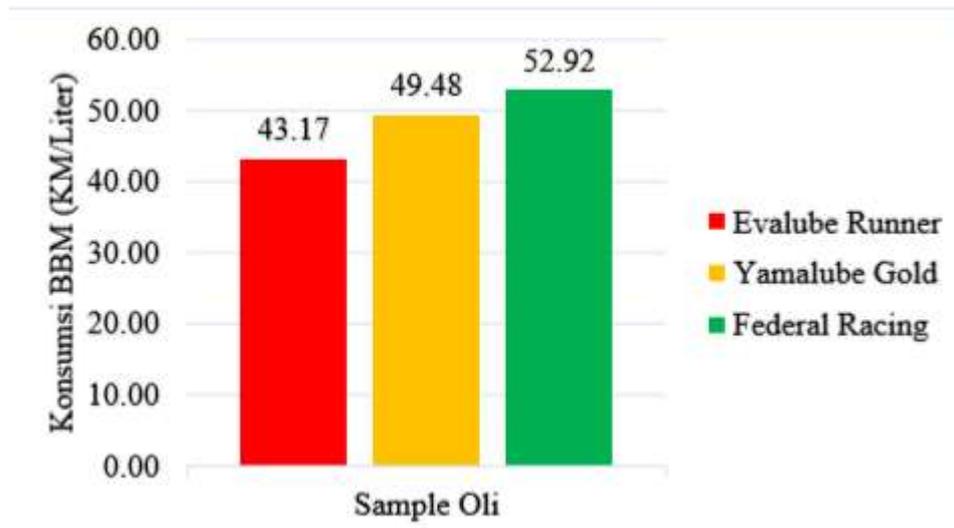
Rahman (2014) melakukan penelitian tentang analisa pengaruh viskositas pelumas terhadap jumlah putaran dan daya. Hasil yang didapatkan adalah bahwa semakin tinggi nilai SAE pelumas yang digunakan maka jumlah putaran yang dihasilkan pada poros tersebut akan semakin berkurang. Hal ini dikarenakan semakin tinggi nilai SAE menunjukkan kekentalan pelumas semakin tinggi. Pada pelumasan, viskositas pelumas yang tinggi menunjukkan gaya tahanan pelumas terhadap benda (rotor) yang bergerak adalah tinggi. Sehingga menyebabkan kecepatan benda yang bergerak tersebut menurun. Begitu juga sebaliknya, nilai viskositas pelumas yang rendah menunjukkan sifat tahanan pelumas tersebut benda yang bergerak adalah rendah. Sehingga kemampuannya mengurangi kecepatan benda yang bergerak pun akan menurun

Diatniti dkk, (2015) bahwa viskositas berbanding terbalik dengan jarak tempuh motor, yaitu semakin tinggi jarak tempuh motor maka nilai viskositas juga menurun. Hal ini disebabkan semakin lama pelumas digunakan maka semakin berkurang kualitas pelumas tersebut atau semakin encer. Saat pelumas menjadi bertambah encer, waktu alir yang diperoleh dari hasil pengukuran semakin cepat dan menghasilkan nilai viskositas semakin kecil karena nilai viskositas berbanding lurus dengan waktu alir pelumas.



Gambar 2.3 Grafik hubungan antara jarak tempuh dengan nilai viskositas pelumas pada sepeda motor (Diatniti dkk, 2015)

Arizona (2017) melakukan pengujian pengaruh beberapa jenis minyak pelumas terhadap konsumsi bahan bakar pertamax



Gambar 2.4 Grafik perbandingan konsumsi bahan bakar metode uji jalan (Arizona, 2017)

Gambar 2.4 menunjukkan pengaruh beberapa jenis minyak pelumas terhadap konsumsi bahan bakar Pertamina. Hasil pengujian menunjukkan saat sepeda motor menggunakan pelumas dengan jenis Fully Synthetic Federal Racing didapatkan konsumsi bahan bakar sebesar 52,92 km/liter, untuk pelumas jenis Semi Synthetic Yamalube Gold didapatkan konsumsi bahan bakar sebesar 49,48 km/liter dan untuk pelumas mineral Evalube Runner didapatkan konsumsi bahan bakar 43,17 km/liter. Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan oli Fully Synthetic Federal Racing memiliki konsumsi bahan bakar yang lebih tinggi dibanding oli jenis Semi Synthetic Yamalube Gold dan pelumas jenis mineral Evalube Runner. Hal ini dikarenakan pelumas dengan jenis Fully Synthetic Federal Racing mampu menyerap kalor panas dengan baik karena memiliki campuran zat aditif yang berfungsi memperbaiki sifat-sifat dari suatu pelumas. Sehingga panas yang dihasilkan dari komponen mesin pada saat bekerja akan dapat di dinginkan dengan lebih baik dan membuat temperatur mesin yang dihasilkan akan lebih rendah dibanding pelumas jenis Semi Synthetic Yamalube Gold dan pelumas jenis mineral Evalube Runner. Dengan temperatur mesin yang lebih rendah akan

membuat pemuaian yang terjadi pada mesin lebih rendah dibandingkan pemuaian yang terjadi saat temperatur mesin tinggi sehingga nilai konsumsi bahan bakar saat temperatur rendah akan lebih irit dibandingkan dengan temperatur mesin yang lebih yang tinggi.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Pengertian Pelumasan Mesin

Pelumasan merupakan salah satu komponen yang sangat penting dalam suatu mesin. Pelumas mempunyai fungsi melindungi bagian-bagian mesin yang bergerak dengan cara membentuk lapisan film. Lapisan ini berfungsi mencegah kontak langsung antara permukaan metal yang bergesekan sehingga dapat membatasi keausan.

Marsudi (2016) Minyak pelumas mesin yang digunakan pada motor matic harus mempunyai syarat-syarat tertentu diantaranya:

1. Harus mempunyai kekentalan yang tepat apabila terlalu rendah, lapisan oli akan mudah rusak dan akan menyebabkan keausan pada komponen.
2. Kekentalan harus relatif stabil tanpa adanya perubahan dalam temperatur.
3. Oli mesin harus sesuai dengan penggunaan metal.
4. Tidak merusak atau antikarat terhadap komponen.
5. Tidak menimbulkan busa.
6. Minyak pelumas harus dapat mengurangi keausan pada benda yang bersinggungan.

Minyak pelumas mesin diklasifikasikan menjadi dua, yaitu:

1. Klasifikasi berdasarkan kekentalan
2. Klasifikasi berdasarkan kualitas

2.2.2 Klasifikasi Berdasarkan Kekentalan

Kekentalan adalah besarnya tahanan dalam suatu pengaliran minyak pelumas. Jadi, derajat kekentalan adalah menunjukkan kekentalan minyak pelumas. Minyak pelumas (oli) cenderung menjadi encer dan mudah mengalir ketika panas dan cenderung menjadi kental saat kondisi dingin. Kekentalan

dinyatakan dengan angka yang disebut dengan indeks kekentalan. Apabila indeks kekentalannya rendah, minyak pelumas (oli) cenderung encer. Jika indeks kekentalannya tinggi, maka minyak pelumas (oli) cenderung kental. Derajat kekentalan minyak pelumas dinyatakan dengan SAE (*society Automotive Engine*), sedangkan untuk menentukan derajat kekentalan, haruslah diketahui factor-faktor sebagai berikut:

1. Besar beban yang harus didukung oleh minyak.
2. Temperatur operasi.
3. Luas bidang gesek.
4. Kecepatan gerakan.

SAE (*society Automotive Engine*) mewakili kekentalan pelumas yang ditawarkan. Misalnya, jika di kemsan tertulis 10W-40W, berarti winter. Sedang 10 menunjukkan bahwa minyak pelumas (oli) memiliki tingkat viskositas atau kekentalan dengan indeks 10, mewakili kekentalan minyak pelumas (oli) ketika suhu dingin sebelum mesin dihidupkan pada keadaan dingin (*winter*). Sedangkan 40 mewakili kekentalan minyak pelumas (oli) ketika suhu mesin berada di suhu yang tinggi dan akan berubah menjadi kekentalan dengan indeks 40 pada suhu 100 derajat celcius.

2.2.3 Klasifikasi Berdasarkan Kualitas

Kualitas minyak pelumas secara internasional beragam, namun yang umumnya sering dipakai sebagai standar minyak pelumas di dunia adalah sertifikat API dan sertifikat JASO.

2.2.3.1 Sertifikat API

API (*American petroleum Institute*) ini adalah satu-satunya badan standarisasi Amerika terhadap pelumas mesin, yaitu suatu lembaga yang memeriksa kualitas minyak pelumas (oli) yang dipakai di negara-negara eropa dan amerika, dan umumnya standar API sudah dimiliki oleh hampir seluruh merek minyak pelumas (oli). Untuk di Indonesia standarisasi pelumas otomotif merujuk ke API atau proses standar ASTM (*American Standard Technique Method*). API

servise biasanya menggunakan inisial S untuk bensin dan C untuk solar. Adapun huruf yang mengikuti di belakangnya merupakan tingkatan (*Grade*) dari minyak pelumas (oli) tersebut contoh: SA, SB, SC, SD, SE, SF, SG, SH, SJ, SL untuk bensin dan CA, CB, CF, CH, CH4 untuk solar. Makin jauh abjad yang mengikutinya, makin bagus kualitas minyak pelumas (oli) tersebut dan telah memenuhi syarat minyak pelumas (oli) sebelumnya.

2.2.3.2 Sertifikat JASO

Sertifikat JASO (*Japanese Automotive Standart Asociation*) ini adalah lembaga di jepang yang menstandarisasi kinerja dari kopling (*clutch*) yang menentukan atau mengeluarkan standarisasi bagi pelumas, mengecek dan menguji kualitas minyak pelumas untuk kendaraan di negaranya. Disebabkan karakteristik mesin kendaraan jepang dan eropa mempunyai perbedaan, makan jepang mengeluarkan sertifikat terhadap kualitas pelumas sendiri. Kebanyakan motor buatan jepang menggunakan system kopling basah, sedangkan motor kendaraan buatan eropa menggunakan system kolping kering, yang artinya tidak terendam pelumas, sehingga kendaraan eropa cukup menggunakan sertifikasi API, sedangkan kendaraan buatan jepang selain menggunakan sertifikasi API, juga harus menggunakan sertifikasi JASO.

Bagian standarisasi JASO ada dua yaitu JASO MA, dan JASO MB. JASO MA adalah kode untuk menunjukkan bahwa minyak pelumas tersebut sangat cocok untuk motor berkopling basah. Sedangkan JASO MB, dikhususkan untuk motor jenis matic karena mempunyai tipe mesin yang berbeda. Jika standarisasi JASO MB dipakai di motor yang seharusnya memakai standar JASO MA, maka bisa terjadi slip kopling.

2.2.4 Jenis-jenis Minyak Pelumas

1. Minyak pelumas mineral, diperoleh langsung dari minyak bumi dengan cara penyulingan, dimana dari penyulingan tersebut diperoleh minyak pelumas dengan berbagai kekentalannya atau viskositasnya.

2. Minyak pelumas sintetis, dibuat dari proses khusus yang biasanya terdiri dari organic esters yang dibuat dengan mencampur alkohol dan asam. Maksudnya adalah bahwa minyak pelumas jenis ini tidak hanya sama dengan minyak mineral, akan tetapi minyak ini dimaksudkan bisa melebihi kemampuan dari minyak mineral yang memiliki stabilitas termal, oksidasi, dan kinerja yang optimal.
3. Minyak pelumas semi sintetis, dibuat dengan cara mencampur minyak pelumas dengan jenis mineral dan sintetis. Sehingga diperoleh kombinasi dari minyak mineral.

2.2.5 Sifat Minyak Pelumas

Pada motor bakar bensin atau diesel terdapat berbagai komponen. Komponen tersebut terdiri atas bahan logam (*metal part*) yang statis maupun dinamis seperti katup, piston, gear, silinder block, camshaft dan lain-lain. Setiap komponen harus terjaga dengan baik agar mesin dapat berjalan baik dan dapat membuat umur mesin lebih awet. Untuk menjaga komponen pada mesin selalu dalam kondisi baik dibutuhkan pelumas untuk mendinginkan komponen pada saat suhu tinggi.

Dalam penelitiannya Arismunandar (1988), 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 yang bergesekan, terutama pada beban yang besar dan pada putaran mesin rendah. Minyak pelumas yang terlalu kental akan sulit untuk mengalir, di samping itu dapat menyebabkan kerugian berupa daya mesin yang menjadi terlalu besar.

b. Titik Tuang

Pada temperatur tertentu, minyak pelumas akan membentuk jaringan kristal yang menyebabkan minyak tersebut sulit mengalir. Oleh karena itu,

minyak pelumas yang digunakan sebaiknya memiliki titik tuang yang serendah-rendahnya untuk menjamin agar pelumas dapat mengalir pada keadaan operasi.

c. Stabilitas

Beberapa minyak pelumas pada temperatur tinggi, tingkat stabilitasnya akan berubah 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.

d. Kemampuan pelumasan

Minyak pelumas harus memiliki sifat pelumasan yang cukup baik, yaitu dapat melumasi permukaan logam pada komponen-komponen mesin. Sifat ini sangat penting untuk melindungi permukaan mesin agar dapat membatasi keausan.

2.2.6 Jenis-Jenis Pelumasan

Minyak pelumas memiliki peranan penting bagi sebuah kendaraan. Tanpa adanya pelumas mesin tidak akan mampu bekerja dengan maksimal. Pada motor bakar, pelumasan lebih sulit karena terdapat panas terutama sekitar torak dan silinder akibat ledakan dalam ruang bakar. Ada berbagai jenis sistem pelumasan menurut (Daryanto, 2004) yaitu :

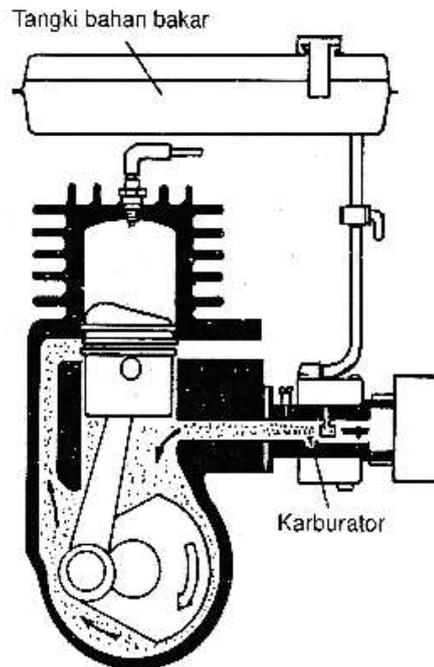
a. Pelumasan Bentuk kabut

Pelumasan kabut merupakan pelumasan yang dimana suatu minyak pelumas tersebut dicampurkan terhadap bensin dengan perbandingan tertentu dan dimasukkan ke dalam tangki bensin. Campuran bensin dan oli ini dimasukkan melalui karburator ke dalam ruang pemutar mesin dalam bentuk kabut sehingga oli tersebut dapat memberi pelumasan kepada mesin-mesin yang berputar akibat pembakaran. Cara lainnya adalah memakai pompa oli yang menekan oli ke dalam aliran udara. Jumlah oli yang dimasukkan/diinjeksikan itu dikontrol oleh katup.

Sistem pelumasan kabut ini dipakai pada mesin dua langkah, yaitu:

1. Mesin pemotong rumput.

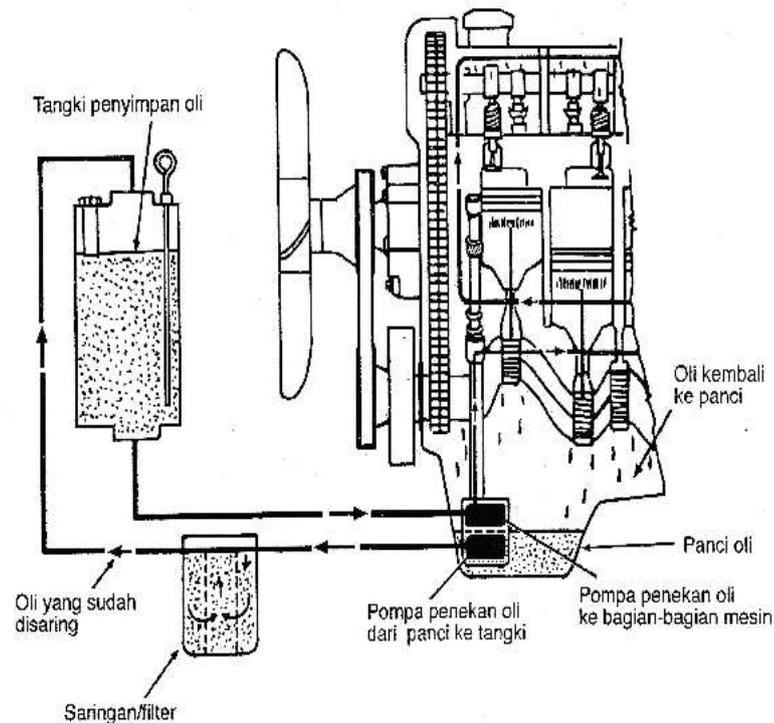
2. Kapal boat.
3. Generator dan kompresor.
4. Sepeda motor 2 tak. Contohnya seperti motor vespa yang dengan sistem pelumasan yang bercampur dengan bahan bakar seperti pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Pelumasan campur bahan bakar (Daryanto, 2004)

b. Pelumasan Bentuk Kering

Pelumas tersebut ditempatkan pada tangki atau tempat pelumas yang berada di luar mesin. Kemudian pelumas tersebut dialirkan dengan tekanan pompa dan dialirkan kebagian-bagian mesin yang bergerak melalui pipa atau alur-alur yang terdapat di dalam blok mesin. Setelah seluruh komponen diberi pelumas, oli tersebut akan jatuh ke tempat penampungan oli di bagian bawah sebuah pompa atau gayung tempat oli itu dinaikkan lagi ke panci untuk kemudian dialirkan lagi seperti tadi (bersirkulasi). Contoh sistem pelumasan tipe kering dapat dilihat seperti pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 Pelumasan tipe kering (Daryanto, 2004)

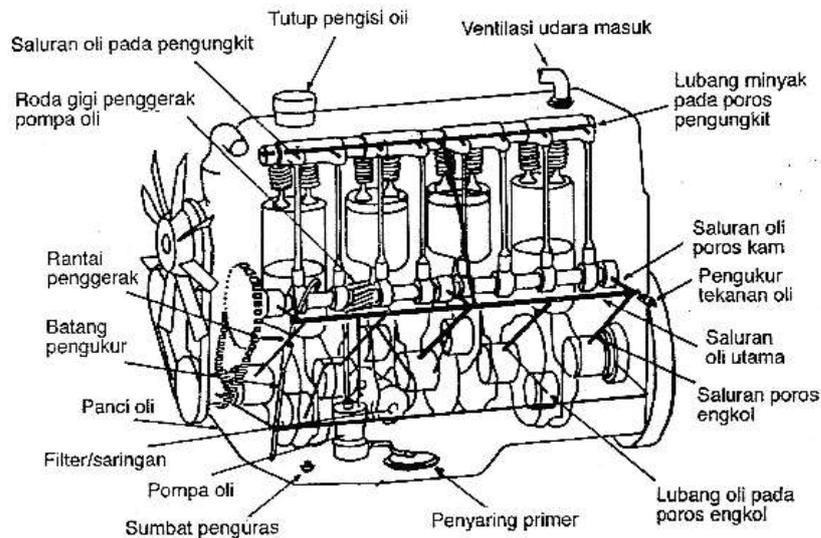
Sistem pelumasan kering jarang digunakan pada kendaraan bermotor, tetapi beberapa kendaraan besar seperti truk masih menggunakan pelumasan bentuk kering. Pelumasan kering banyak digunakan pada :

1. Sepeda motor,
2. Traktor penggali tanah,
3. Mesin-mesin tak bergerak (*stationer*), contohnya generator.

c. Pelumasan Bentuk Basah

Sistem ini sering digunakan pada kendaraan bermotor dan mobil-mobil modern. Pelumas tersebut ditempatkan pada tangki oli yang terdapat di bagian bawah dari ruang mesin penggerak (poros engkol). Kemudian pelumas dialirkan ke bagian mesin yang bergerak dengan kombinasi dari penyemprotan dan tekanan. Waktu poros engkol dari mesin itu berputar, ujung dari poros batang torak tercelup oli yang terdapat di dasar ruang mesin dan menyiramkan oli ke seluruh komponen yang terdapat di dalam mesin. Terkadang pada ujung dari poros batang torak terdapat penggaruk oli yang berfungsi membantu pengambilan oli. Jika

putaran mesin meningkat tinggi maka oli berubah menjadi kabut lembut sehingga oli tersebut bisa masuk ke bagian bawah mesin. Contoh sistem pelumasan basah dapat dilihat seperti pada Gambar 2.7

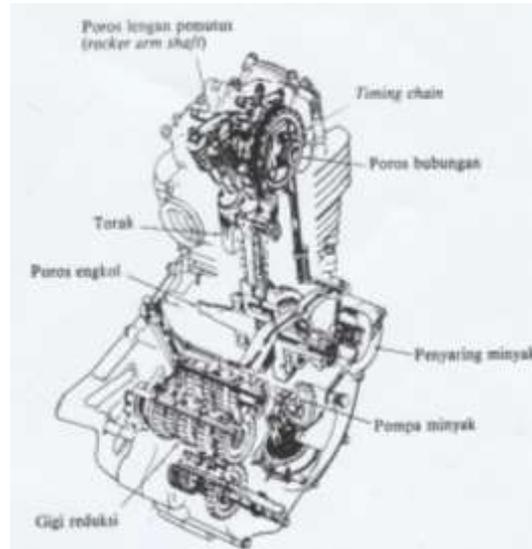


Gambar 2.7 Sistem pelumasan basah (Daryanto, 2004)

d. Pelumasan Motor 4 Langkah

Daryanto (2004) minyak pelumas motor ini disimpan pada tangki oli dan mengalirkannya ke bagian yang berputar di dalam mesin motor dengan menggunakan pompa oli. Saluran dan sistem pengaliran minyak pada motor satu tidak sama dengan motor yang lain tetapi umumnya terlihat seperti Gambar 2.8 adapun penjelasannya sebagai berikut :

- a.) Pelumas mengalir melalui bantalan utama dari poros engkol menuju ke kepala batang torak dan dari sini pelumas tersebut disemprotkan untuk melumasi torak dan *silinder head*.
- b.) Pelumas dialirkan melalui saluran yang terdapat di dalam silinder kemudian melalui poros penghubung dan kemudian pelumas tersebut disemprotkan untuk melumasi lengan pemutus dan porosnya.
- c.) Pelumasnya dipompakan oleh kedua poros yang terdapat pada rumah transmisi dan kemudian setelah pelumas tersebut melumasi roda gigi, pelumas tersebut mengalir kembali melalui celah antar poros yang pada akhirnya melumasi kopleng.



Gambar 2.8 Sistem pelumasan motor 4-langkah (Daryanto, 2004)

2.2.7 Viskositas

2.2.7.1 Pengertian Viskositas

Viskositas adalah ukuran yang menyatakan kekentalan suatu cairan atau fluida (gesekan internal fluida). Gaya viskos melawan gerakan sebagian fluida reaktif terhadap gaya yang lain. Viskositas adalah suatu pernyataan “tahanan untuk mengalir” dari suatu sistem yang mendapatkan suatu tekanan. Semakin kental suatu cairan, semakin besar gaya yang dibutuhkan untuk membuatnya mengalir pada kecepatan tertentu.

Menurut Silaban (2011) sifat terpenting dari minyak pelumas adalah viskositas/kekentalannya, yang merupakan ukuran yang menunjukkan tahanan minyak/oli terhadap suatu aliran. Minyak pelumas dengan viskositas tinggi memiliki ciri-ciri kental, berat, dan kemampuan cairan untuk mengalir lebih rendah. Viskositas tinggi mempunyai tahanan yang tinggi terhadap gerakannya sendiri serta lebih banyak gesekan di dalam dari molekul-molekul pelumas yang saling meluncur satu di atas yang lain. Jika digunakan pada bagian-bagian mesin

yang bergerak, pelumas dengan kekekantalan 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).

2.2.7.2 Viskositas Pelumas

Viskositas pelumas dibedakan dalam dua jenis yang berbeda (Shigley, 2004), yaitu sebagai berikut :

a. Viskositas dinamis

Viskositas dinamis atau absolut merupakan rasio tegangan geser yang dihasilkan oleh fluida yang mengalir. Dalam satuan SI diukur dalam pascal-detik atau newton detik per meter persegi, tapi dalam satuan centimeter-gram-detik (cgs) Unit menggunakan satuan centipoise. Secara luas ukuran centipoise lebih banyak digunakan.

$$1 \text{ centipoise (Cp)} = 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s} = 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2 \dots\dots\dots (2.1)$$

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

b. Viskositas kinematis

Viskositas kinematis merupakan perbandingan antara viskositas absolut/dinamis dengan kepadatan fluida. Dalam sistem SI satuan yang digunakan adalah meter persegi per detik, namun dalam sistem CGS Unit menggunakan centistoke.

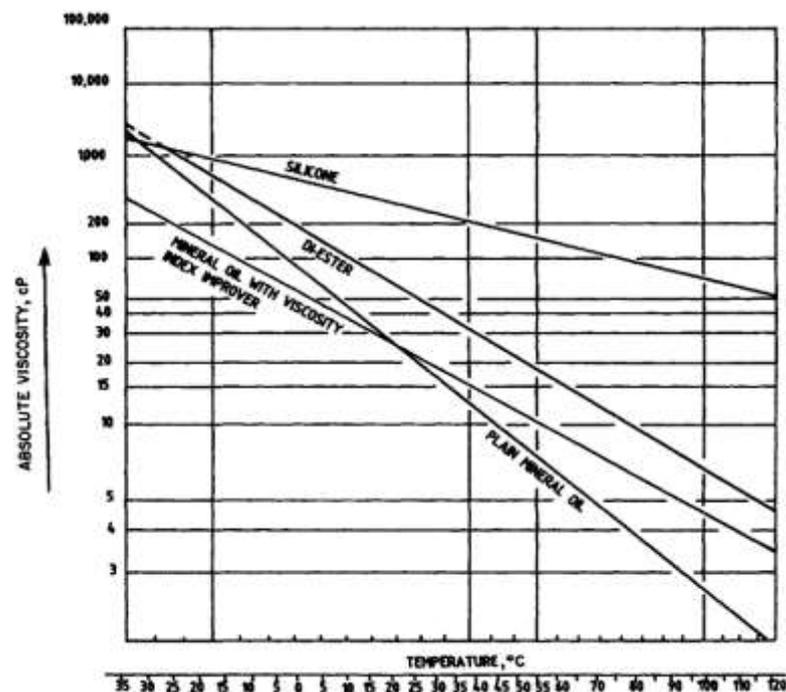
$$1 \text{ centistoke (cSt)} = 1 \text{ mm}^2/\text{s} \dots\dots\dots (2.2)$$

Centistoke lebih dikenal dan digunakan oleh pemasok pelumas dan penggunaannya. Dalam minyak pelumas perbedaan viskositas kinematis dan dinamis tidaklah terlalu penting, karena kepadatan mereka pada suhu operasi biasanya terletak antara 0,8 dan 1,2 cSt. Namun, untuk beberapa sintetik (*fluorinated*) minyak dengan kepadatan tinggi, dan untuk gas, perbedaannya bisa sangat signifikan. Viskositas dari minyak pelumas kebanyakan adalah antara 10 dan 600 (cSt) pada suhu operasi, dengan angka rata-rata sekitar 90 cSt. Beberapa ciri viskositas yang berkisar pada suhu operasi ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Tingkat operasi viskositas (Shigley, 2004)

Lubricant	Viscosity range, cSt
Clocks and instrument oils	5–20
Motor oils	10–50
Roller bearing oils	10–300
Plain bearing oils	20–1500
Medium-speed gear oils	50–150
Hypoid gear oils	50–600
Worm gear oils	200–1000

Indek viskositas merupakan definisi dari hubungan viskositas dengan temperatur minyak pelumas pada skala tinggi dengan perbandingan dua minyak pelumas standar.



Gambar 2.9 Grafik indeks viskositas dengan temperatur (Shigley, 2004)

Gambar 2.9 menunjukkan perubahan viskositas dengan temperatur untuk beberapa minyak pelumas.

2.2.8 Konduktivitas Termal

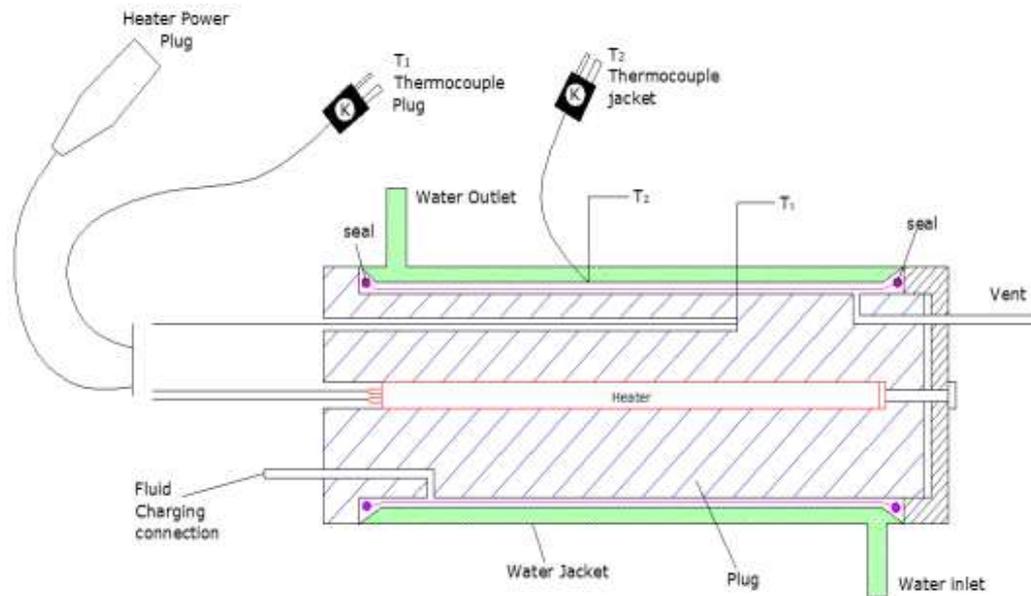
2.2.8.1 Pengertian Perpindahan Kalor

Menurut Santosa dan Nurcahyadi (2016), Perpindahan kalor adalah suatu perpindahan panas yang terjadi karena adanya perbedaan temperatur. Perpindahan kalor dapat terjadi dengan tiga mekanisme: konduksi, konveksi, dan radiasi. Konduksi adalah perpindahan kalor yang terjadi tanpa adanya gerakan makroskopis dari mediumnya. Konduksi tidak dapat terjadi pada medium padat saja. Konduksi dapat terjadi juga pada medium cair atau gas asalkan cairan atau gas tersebut dalam kondisi diam. Masing-masing jenis medium memiliki kemampuan memindahkan kalor secara konduksi yang berbeda-beda. Kemampuan suatu medium untuk memindahkan kalor secara konduksi disebut sebagai konduktivitas termal.

2.2.8.2 Pengukuran Konduktivitas Termal

Pengukuran konduktivitas dapat dilakukan dengan metode *steady state cylindrical cell*. Dasar dari pengukuran konduktivitas termal efektif ini berdasarkan pada perbedaan temperatur dari sampel fluida dalam sebuah ruang sempit berbentuk annular (*radial clearance*). Sampel fluida yang konduktivitas termal efektifnya akan diukur harus mengisi ruang kecil di antara sebuah *plug* yang dipanaskan dan sebuah selubung (*jacket*) yang didinginkan oleh air. *Plug* tersebut dipanaskan dengan menggunakan sebuah pemanas bernama *catridge* yang dihasilkan oleh daya yang dikendalikan melalui voltmeter dan ampermeter standar yang terpasang pada panel. *Plug* tersebut dibuat dari bahan aluminium untuk mengurangi konduktivitas termal dan variasi temperatur yang mengandung elemen pemanas berbentuk silinder yang resistensinya dalam suhu kerja (*working temperature*) dan dapat diukur dengan akurat. Ruang bebas tersebut cukup kecil untuk mencegah terjadinya konveksi secara alamiah (*natural convection*) dalam sampel fluida tersebut. Karena *radial clearance* yang relatif kecil, sampel fluida di dalam ruang tersebut dapat digambarkan sebagai lapisan tipis (*lamina*) dari area

permukaan (*face area*) l dan ketebalan r terhadap perpindahan panas yang berasal dari *plug* menuju ke selubung (*jacket*). Perhitungan yang diperlukan untuk mengukur konduktivitas termal adalah temperatur *plug* (T_1) dan *jacket* (T_2) dengan menyesuaikan variabel *transformer*.



Gambar 2.10 Skema alat konduktivitas termal (Santosa dan Nurcahyadi, 2016)

Perhitungan konduktivitas termal sebagaimana ditunjukkan pada persamaan 2.3-2.6

1. *Elemen Heat Input*

$$Q_e = V \cdot I \dots\dots\dots(2.3)$$

2. *Temperatur Differennce*

$$\Delta t = T_1 - T_2 \dots\dots\dots(2.4)$$

3. *Conduction Heat Transfer Rate*

$$Q_c = Q_e - Q_i \dots\dots\dots(2.5)$$

4. *Thermal Conductivity*

$$K = \frac{Q_c \cdot \Delta r}{A \cdot \Delta t} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

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

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

T1 = Temperatur *Plug* ($^{\circ}\text{C}$)

T2 = Temperatur *Jacket* ($^{\circ}\text{C}$)

V = *Voltage* (V)

I = *Current* (A)

Qe = *Element Heat Input* (W)

Δt = Temperatur *Different* (K)

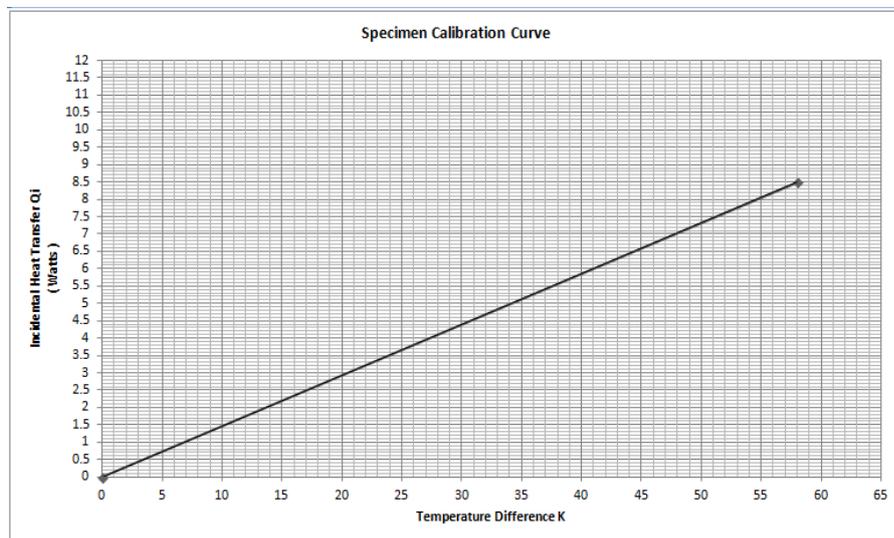
Δr = *Radial clearance* 0,34 mm

Qi = *Incidental heat transfer rate* (W)

Qc = *Conduction heat transfer rate* (W)

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

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



Gambar 2.11 Kurva kalibrasi perpindahan kalor Qi
(Santosa dan Nurcahyadi,2016)

2.2.9 Torsi dan Daya

2.2.9.1 Torsi Pada Mesin

Torsi merupakan parameter performa mesin untuk melakukan kerja, besaran yang digunakan merupakan besaran turunan dari yang digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan oleh benda yang berputar pada porosnya. Torsi atau momen putar adalah gaya dikalikan jarak penjang lengan (Arends dan Berenschot, 1980) sebagaimana ditunjukkan pada persamaan 2.7

$$T = F \cdot r \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

T = Torsi benda berputar (N.m)

F = Gaya sentrifugal dari benda yang berputar (N)

r = Jarak lengan torsi (m)

2.2.9.2 Daya Pada Mesin

Daya mesin merupakan parameter dalam menentukan kerja motor. Pengertian daya itu adalah besarnya kerja motor dalam kurun waktu tertentu (Arends dan Berenschot, 1980). Untuk mengukur daya pada mesin dapat menggunakan dinamometer dan tachometer. Rumus yang dapat digunakan untuk menghitung daya pada mesin motor 4 langkah, yaitu :

$$P = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{60000} \text{ (KW)} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

P = Daya (KW)

n = Putaran Mesin (rpm)

T = Torsi (N.m)

2.2.10 Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar merupakan banyaknya bahan bakar yang dipakai untuk menghasilkan tenaga mekanis, laju bahan bakar tiap detik dapat ditentukan menggunakan rumus :

$$\dot{M}_f = \frac{S}{v} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

\dot{M}_f = Konsumsi Bahan Bakar (km/Liter)

s = Jarak Tempuh (km)

v = Volume Bahan Bakar (Liter)