

ANALISIS PENGARUH VARIASI VISKOSITAS PELUMAS TERHADAP PERUBAHAN TEMPERATUR PADA SIMULATOR ALAT UJI PELUMAS BANTALAN

Komarudin
Razul Harfi

Abstract

Offering lubricants aims to reduce friction and wear between rubbing machine components. Friction and wear that occurs can cause the temperature to increase the engine. If friction was not revolve, it will affect the performance of machine that can cause reduced the engine life and the engine failure.

The lubricant works is by forming the oil film on rubbing surfaces. Oil film is formed very influential on the resulting temperature. A good lubricant is a lubricant that is not easy to change the viscosity of rising temperatures.

It is therefore necessary to test the lubrication to get a good lubricating characteristics against the formation of oil film. Lubricant used was lubricant with SAE 30, 40 and 50. The method used is to do a live test in the field of variation types of lubricants by providing a variable load on the the simulator's lubricant and bearing test tool with sliding bearing babbit. Then take measurements, calculations and analysis on the increase in temperature, the formation of oil film and values of bearing characteristics. Lubricants with a viscosity SAE 40 which produces a better temperature. Where the temperature lubricants with a viscosity SAE 40 lower than lubricants SAE 30 and SAE 50.

Keywords: *Lubricants, Oil Film, Temperature and Viscosity.*

PENDAHULUAN

Pelumasan merupakan aktifitas yang penting dalam pengoperasian mesin. Pemberian minyak pelumas bertujuan untuk mengurangi gesekan dan keausan antar komponen mesin yang saling bergesekan. Gesekan dan keausan yang terjadi dapat menyebabkan temperatur disekitar mesin meningkat dan akan terus meningkat. Apabila gesekan ini tidak diatasi, akan mempengaruhi kinerja suatu mesin yang dapat menyebabkan berkurangnya umur mesin dan kegagalan mesin. Hal ini membawa kerugian pada suatu industri karena berpengaruh pada produktifitasnya dan pengeluaran biaya yang besar untuk perbaikan mesin.

Cara kerja pelumas adalah dengan membentuk oil film pada permukaan yang saling bergesekan. Oil film yang terbentuk sangat berpengaruh pada temperatur yang dihasilkan. Pelumas yang baik adalah pelumas yang tidak mudah mengalami perubahan viskositas jika terjadi peningkatan temperatur.

Keberhasilan sistem pelumasan pada suatu mesin sangat diperlukan. Keberhasilan pelumasan ditentukan oleh tiga aspek, yaitu jenis pelumas, jumlah pelumas, dan metode pelumasan. Dengan pemilihan dan penggunaan pelumasan yang tepat diharapkan dapat mengatasi gesekan dan keausan yang berlebih

sehingga dapat memperpanjang umur mesin dan pengeluaran biaya jadi berkurang.

Oleh karena itu, dilakukan pengujian pada pelumas dengan viskositas yang berbeda terhadap pembentukan oil film sehingga gesekan langsung antara logam dapat dihindarkan. Dimana pengujian ini dilakukan pada simulator alat uji pelumas bantalan dengan menggunakan pelumas Pertamina Meditran S SAE 30, SAE 40 dan SAE 50. Bantalan yang digunakan adalah bantalan luncur babbit dan beban yang berikan sebesar 40 kg, 60 kg dan 80 kg. Diharapkan dengan pengujian ini didapatkan pelumas yang tepat berdasarkan tingkat viskositasnya.

TINJAUAN PUSTAKA

Simulator Alat Uji Pelumas dan Bantalan

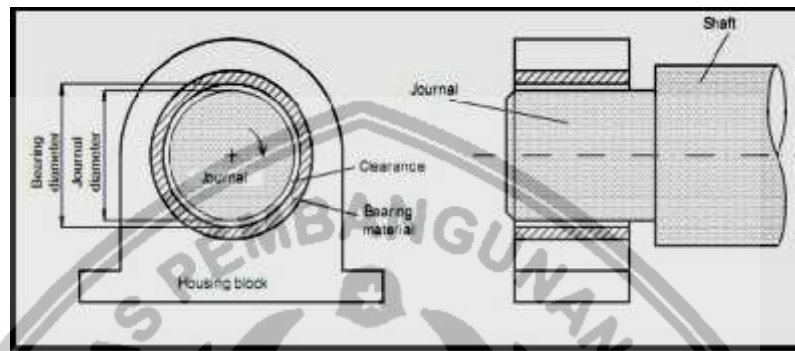
Bantalan Luncur

Bantalan luncur mampu menumpu poros berputaran tinggi dengan beban besar. Oleh karenanya penggunaan bantalan luncur sangat luas penggunaannya pada mesin-mesin yang memiliki elemen berputar (*rotating machines*), seperti turbin uap, generator, blower, kompresor, motor bakar, poros kapal laut, bahkan sebagai bantalan pada elemen yang seharusnya menggunakan bantalan

gelinding. Bantalan ini sederhana konstruksinya dan dapat dibuat serta dipasang dengan mudah. Karena gesekannya yang besar pada waktu mulai jalan, bantalan luncur memerlukan momen awal yang besar. Bantalan luncur lebih baik dari bantalan gelinding (pada parameter yang dapat dianggap sama) dalam hal penyerapan getaran, tahanan terhadap gaya kejut, relatif tidak bising, dan umurnya lebih panjang. Semua karakteristik ini disebabkan oleh prinsip pelumasan bantalan luncur yang menggunakan lapisan tipis minyak pelumas saat

menumpu poros. Pembebanan bantalan luncur umumnya merupakan pembebanan radial atau arah beban tegak lurus dengan sumbu poros.

Disebut bantalan luncur karena adanya gerakan luncur (*sliding*) antara permukaan yang diam dengan permukaan yang bergerak pada bantalan tersebut. Dan sering juga disebut *journal bearing* karena poros ditumpu oleh bantalan pada tempat / daerah yang dinamakan tap-poros, dan daerah tap-poros tersebut dinamakan *journal* seperti terlihat pada gambar 2.1



Gambar 1. Journal Bearing atau Bantalan Luncurⁱ

Pelumasan (*Lubrication*)

Pemberian minyak pelumas antara dua permukaan bantalan, yaitu permukaan yang bersinggungan akibat tekanan, dan saling bergerak satu terhadap yang lain disebut dengan pelumasan (*lubrication*).

Pelumas diklasifikasikan menjadi 3 kelompok sebagai berikut : 1). Cair (*liquid*), Pelumas cair yang biasa digunakan pada bantalan adalah minyak mineral (*mineral oils*) dan minyak sintetik (*synthetic oils*). Minyak mineral penggunaannya sangat luas atau lebih sering digunakan karena lebih murah dan stabil. Pelumas cair lebih sering digunakan karena memiliki keunggulan dibandingkan jenis pelumas lainnya; 2). Semi Liquid, Gemuk (*Grease*) adalah jenis pelumas yang memiliki kekentalan lebih tinggi dibandingkan dengan minyak pelumas. Gemuk digunakan pada bantalan yang dioperasikan dengan kecepatan rendah dan bertekanan besar, dimana tetesan minyak pelumas pada bearing tidak diinginkan, 3). Padat (*solid*), Pelumas padat berguna untuk mengurangi gesekan dimana film pelumas tidak dapat dipelihara karena pengaruh tekanan atau suhu. Pelumas padat harus lebih lunak daripada bahan yang akan dilumasi. Pelumas padat pada

umumnya terbuat dari bahan grafit atau campuran grafit dengan minyak atau gemuk.ⁱⁱ

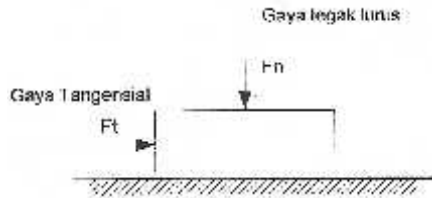
Prinsip Pelumasan Gesekan

Bagaimanapun juga halusness dan tepatnya permukaan logam dapat dilihat atau dirasakan, tetapi sebenarnya tidak rata melainkan terdiri atas titik yang tinggi dan rendah. Kalau dilihat dengan pembesaran yang kuat, maka penampang melintangnya seperti terlihat pada gambar 2. Kalau satu permukaan meluncur diatas permukaan yang lain dan suatu gaya menekannya terhadap permukaan yang lain tersebut, maka titik yang tinggi pada kedua permukaan akan saling mengunci dan menghambat gerak relatif.



Gambar 2. Permukaan Yang Bersinggungan

Dalam meluncur dan mengatasi hambatan ini, maka permukaan yang keras akan melepaskan sebagian dari titik yang tinggi dari permukaan yang lunak, tetapi pada saat yang sama dapat kehilangan sebagian dari titik tingginya sendiri. Hambatan untuk meluncur ini disebut gesekan (friction), pelepasan titik yang tinggi mengakibatkan aus (wear).



Gambar 3. Gesekan Yang Disebabkan Suatu Gaya Tegak Lurus

Kalau sebuah beban atau gaya F_n (gambar 3) yang tegak lurus pada arah gerakan menekan benda yang bergerak kepada benda yang lain, maka suatu gaya F_t harus dikenakan dalam arah gerakan untuk mengatasi gesekan yang dihasilkan dari aksi gaya F_n . Dengan angka, maka gesekan diukur dengan angka gesekan (Coefficient of friction) yang disebut f dan dinyatakan sebagai perbandingan dari gaya tangensial F_t terhadap gaya tegak lurus F_n :

$$f = \frac{F_t}{F_n}$$

Lapisan Minyak (Oil Film)

Semua minyak mempunyai kecenderungan untuk menyebar pada permukaan logam dan melekat kepadanya.



Gambar 4. Berkurangnya Gesekan Dengan Adanya Pelumas

2). Memindahkan Panas, Panas yang ditimbulkan oleh elemen mesin yang bergerak (misalnya: bantalan dan roda gigi) dipindahkan oleh minyak pelumas, asalkan terjadi aliran yang mencukupi; 3). Menjaga sistem tetap bersih, Bahan pelumas harus dapat menghindari kontaminasi sistem dari komponen-komponen bergerak yang bisa merusak sistem tersebut. Partikel-partikel logam akibat keausan, abu yang berasal dari luar dan sisa hasil pembakaran dapat memasuki sistem dan menghalangi operasi yang efisien; 4). Melindungi system, Karat bisa disebabkan kehadiran udara dan air, serta keausan korosif

Oleh sebab itu, suatu lapisan minyak yang sangat tipis dapat terbentuk diantara permukaan yang bergerak, misalnya antara poros dan bantalannya. Tergantung pada tebal lapisan minyak, maka persinggungan antara permukaan logam dapat dikurangi atau samasekali ditiadakan.

Tebal lapisan minyak yang akan terjadi diantara permukaan dua logam yang bergerak relatif tergantung pada beberapa keadaan, yaitu tekanan bantalan, viskositas minyak, dan kecepatan relatif dari permukaan yang bergerak.

Dalam kasus poros berputar dan bantalannya, maka tebal lapisan minyak juga tergantung pada kelonggaran atau perbedaan antara diameter bantalan dan diameter poros, dan bentuk permukaan bantalan, atau perbandingan dari panjang terhadap diameternya.

Fungsi Pelumas

Fungsi utama dari pelumas yang umum digunakan pada peralatan permesinan adalah sebagai berikut : 1). Mengurangi Gesekan dan keausan, Mengurangi gesekan dan keausan adalah fungsi primer dari bahan pelumas. Bahan pelumas harus mampu mencegah persinggungan langsung antara permukaan yang bergesekan pada temperatur kerja, daerah pembebanan dan kondisi lainnya seperti terlihat pada gambar 4. Sifat ini didapat dari kekentalan yang dimiliki minyak pelumas (*viscosity*).

dapat dikarenakan asam-asam mineral yang terbentuk secara kimiawi selama pembakaran bahan bakar. Karat dapat menyebabkan kerusakan komponen, sehingga komponen tersebut tidak dapat bekerja sebagaimana mestinya. Karena hal itulah bahan pelumas harus direncanakan untuk melindungi sistem terhadap serangan korosif.

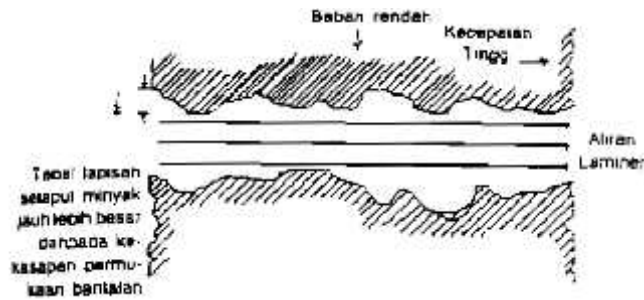
Sistem Pelumasan

Pelumasan Hidrodinamika

Yang dimaksud dengan pelumasan hidrodinamika adalah pelumasan dimana logam-logam yang dilumasi dapat dipisahkan

secara utuh oleh pelumas. Sesuai dengan prinsip pelumasan, maka tidak ada kontak antara logam dengan logam yang terjadi pada sistem pelumasan ini. Pelumas dapat mengalir dengan aliran laminar diantara dua logam yang dilumasi.

Sistem pelumasan hidrodinamika biasanya terjadi pada kondisi kerja dengan beban rendah dan kecepatan tinggi. Penggambaran dari sistem pelumasan ini nampak pada gambar 5.



Gambar 5. Kondisi Pelumasan Hidrodinamika

Pelumasan Lapisan Selaput

Pelumasan sistem ini biasanya terjadi pada kondisi kerja dengan beban tinggi dan kecepatan rendah. Pada sistem ini aliran laminar pelumas terganggu tetapi masih dapat

mengalir. Pada sistem ini terjadi kontak antara logam dengan logam pada daerah tertentu. Pelumasan sistem ini digambarkan pada gambar 6.

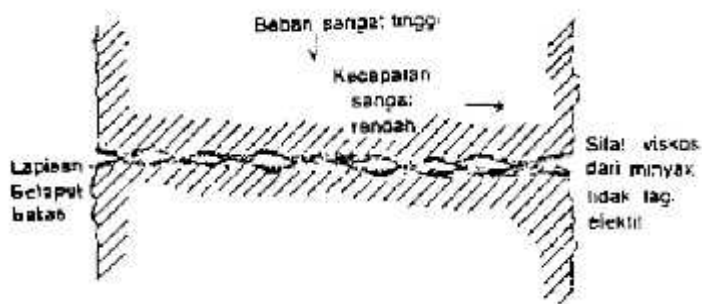


Gambar 6. Kondisi Pelumasan Lapisan Selaput

Pelumasan Batas

Pelumasan batas merupakan sistem pelumasan dimana permukaan logam satu dengan permukaan logam yang lain saling bersentuhan. Sentuhan yang terjadi tersebut diusahakan untuk tidak menimbulkan keausan pada permukaan logam yang dilumasi. Jika terjadi keausan diusahakan untuk seminimal mungkin terjadi. Terjadinya sentuhan logam dengan logam merupakan suatu tumbukan

lenting sempurna. Oleh karena itu biasanya pelumas yang digunakan mengandung aditif bahan kimia yang dapat bereaksi dengan permukaan logam yang dilumasi dengan membentuk pelindung. Pelindung ini bersifat seperti pegas jika terjadi sentuhan antara logam yang dilumasi. Dengan demikian terjadi tumbukan lenting sempurna jika terjadi tumbukan antara logam dengan logam. Pelumasan batas diperlihatkan pada gambar 7



Gambar 7. Kondisi Pelumasan Padat

Sistem pelumasan batas ini terjadi atau digunakan pada kondisi kerja dengan beban sangat berat dan kecepatan sangat rendah. Dengan memperkirakan kondisi kerja dari suatu mesin sehubungan dengan sistem pelumasannya dapatlah ditentukan jenis minyak pelumas yang akan digunakan.

Viskositas

Viskositas adalah ukuran tingkat kekentalan dari cairan. Viskositas adalah sifat fisik minyak yang mampu membentuk, mempertahankan dan menawarkan ketahanan terhadap geser sebuah film penyangga dibawah panas dan tekanan. Semakin besar panas dan tekanan, viskositas lebih besar dibutuhkan dari pelumas untuk mencegah penipisan dan meremas keluar dari filmⁱⁱⁱ. Viskositas sering disebut viskositas dinamis dan viskositas kinetis.

Viskositas dinamis (Absolute) dapat didefinisikan dalam istilah yang sederhana yang ditunjukkan pada gambar 2.8, yang menggambarkan dua pelat datar sejajar yang dipisahkan oleh jarak (h) dengan pelat atas bergerak dengan kecepatan (u_b) dan pelat bawah tetap diam. Molekul minyak divisualisasikan sebagai bulatan kecil yang melapisi sepanjang lapisan dalam antara pelat datar. Untuk memindahkan pelat atas daerah (A) pada kecepatan konstan (u_b) di seluruh permukaan minyak dan menyebabkan lapisan yang berdekatan mengalir melewati satu sama lain, gaya tangensial harus diterapkan. Karena minyak akan "basah" dan melekat pada dua

permukaan, lapisan terbawah tidak akan bergerak sama sekali, lapisan paling atas akan bergerak dengan kecepatan sama dengan kecepatan pelat atas, dan lapisan antara pelat akan bergerak dengan kecepatan langsung sebanding dengan jarak lapisan antara pelat (z) dari pelat diam. Jenis gerakan teratur dalam lapisan sejajar ini dikenal sebagai merampingkan, laminar, atau aliran viskos.

Tegangan geser pada minyak menyebabkan gerakan relatif dari lapisan sama dengan (F/A). Laju regangan geser (s) dari lapisan tertentu didefinisikan sebagai perbandingan dari jarak tegak lurus dari permukaan diam (z) dan konstan untuk setiap lapisan.

$$s = \frac{u}{z} = \frac{u_b}{h} \quad (2.1)$$

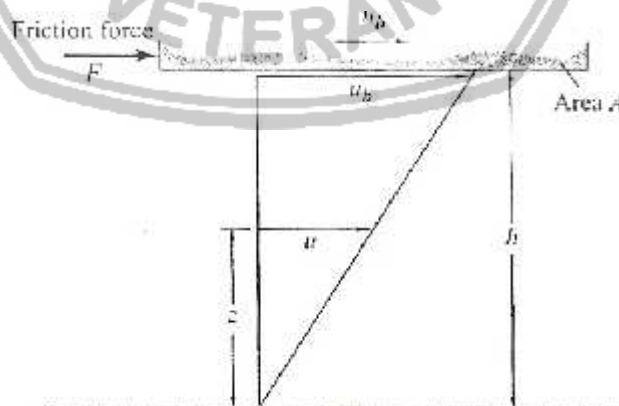
Laju regangan geser memiliki unit (s^{-1})

Newton dengan benar menyimpulkan bahwa gaya yang dibutuhkan untuk mempertahankan kecepatan konstan (u_b) dari permukaan atas adalah sebanding dengan luas dan laju regangan geser, atau

$$F = \mu \frac{A u_b}{h} \quad (2.2)$$

di mana (μ) = **viskositas dinamis**, [$N.s/m^2$] Dengan mengatur kembali persamaan viskositas dinamis dapat menjadi,

$$\mu = \frac{F/A}{u_b/h} = \frac{\text{tegangan geser}}{\text{laju regangan geser}} \quad (2.3)$$



Gambar 8. Ilustrasi Viskositas Dinamis Menurut Hukum Newton Tentang Aliran Viskos

Dalam berbagai situasi akan lebih mudah menggunakan viskositas kinematis daripada viskositas dinamis. **Viskositas**

kinematis (μ_k), [m^2/s] didefinisikan sebagai berikut :

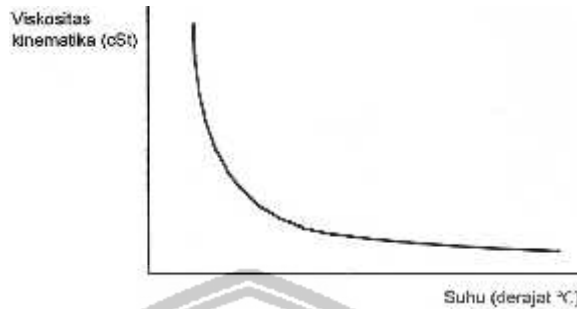
$$\mu_k = \frac{\gamma}{\dot{\gamma}} \quad (2.4)$$

Dimana :

μ = viskositas dinamis, [N.s/m²]
 = density, [N.s²/m⁴]

Pengaruh Suhu Pada Viskositas

Semakin besar beban yang diberikan bantalan, maka semakin tinggi pula kenaikan suhu pada pelumas. Kenaikan suhu ini akan berakibat melemahkan ikatan molekul fluida yang kemudian menurunkan viskositasnya. Viskositas semua jenis fluida atau cairan akan menurun dengan naiknya suhu.



Gambar 9. Perubahan Viskositas Dinamis Secara Umum dari Suatu Pelumas yang Disebabkan Pengaruh Kenaikan Suhu

Pada gambar 9 diperlihatkan perubahan viskositas dinamis fluida karena naiknya suhu. Tampak pada gambar tersebut viskositas semakin menurun dengan naiknya suhu yang diberikan fluida. Perubahan viskositas yang disebabkan kenaikan suhu merupakan hal yang sangat penting yang harus dipertimbangkan di dalam berbagai jenis penerapan minyak lumas di dalam tugasnya menghadapi jangkauan suhu yang luas.

Klasifikasi Pelumas Berdasarkan Viskositas

Berdasarkan viskositasnya pelumas diklasifikasikan menjadi dua bagian besar, yaitu pelumas industri dan pelumas otomotif. Pelumas industri menurut ISO dan pelumas otomotif menurut SAE.

Klasifikasi Menurut ISO

International Organization for Standardization (ISO) mengklasifikasikan pelumas menurut viskositas yang khusus digunakan di dalam industri. Kegunaan sistem ISO ini untuk menyeragamkan tingkat viskositas pelumas dalam viskositas kinematis yang diukur pada 40[°C] agar mempermudah dalam memilih viskositas pelumas industri yang sesuai dengan penggunaannya.

Perlu diketahui bahwa klasifikasi tingkat viskositas menurut ISO seperti Tabel 2.1 tidak berlaku untuk pelumas mesin dan pelumas roda gigi transmisi kendaraan. Klasifikasi ini merupakan klasifikasi ASTM D-2422. Sistem klasifikasi ini digunakan untuk

pelumas roda gigi cair dengan jangkauan viskositas antara 2 sampai dengan 1500 [cSt]. Pada ASTM D-2422 terdapat 18 tingkat viskositas seperti Tabel 2.1, yang lengkap dengan viskositas Mid-Point. Untuk keseragaman nomenklatur, tingkat viskositas pelumas industri dirancang sebagai ISO *viscosity grade* (tingkat viskositas ISO) yang disingkat ISO VG. Tulisan ini akan diikuti dengan pernyataan viskositas nominal dalam *centistoke* [mm²/s] pada suhu 40[°C].

Klasifikasi Menurut SAE

Pada umumnya pelumas diklasifikasikan dalam viskositas untuk memenuhi syarat kebutuhan tiap jenis mesin. Setiap jenis mesin mempunyai syarat kebutuhan viskositas pelumas yang digunakan sendiri-sendiri. Yang melakukan penyusunan klasifikasi pertama kali adalah SAE atau Society of Automotive Engineers dari Amerika Serikat. Klasifikasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Pelumas diklasifikasikan dalam 11 kelas atau tingkat viskositas SAE, mulai dari SAE 0W sampai dengan SAE 60. Urutan tingkat viskositas SAE pada kolom pertama dari atas nilai viskositasnya kecil, semakin ke bawah nilai viskositasnya semakin besar.

Dari kesebelas tingkat viskositas itu, dapat dibagi dalam dua bagian besar, yaitu tingkat viskositas yang tandanya diberi huruf W dibelakang nomor tingkat viskositasnya dan tandanya tanpa huruf W.

Kelompok pertama merupakan kelompok tingkat viskositas pelumas mesin yang digunakan pada musim dingin untuk daerah beriklim sedang yang memiliki empat musim. Huruf W yang dicantumkan pada tingkat viskositas adalah singkatan dari kata *winter* atau musim dingin.

Kelompok kedua berjumlah lima tingkat viskositas tanpa huruf W, yang

merupakan kelompok tingkat viskositas yang digunakan pada musim panas, yaitu SAE 20 sampai dengan SAE 60. Untuk iklim di Indonesia kita cukup menggunakan pelumas yang klasifikasinya digunakan pada musim panas, yaitu kelompok pelumas kedua tanpa huruf W.

Tabel 1. Klasifikasi Viskositas Pelumas Industri Menurut International Organization for Standardization (ISO) Yang Merupakan Klasifikasi ASTM D-2422

Sistem Tingkat Viskositas ISO Standar 3448 ASTM D-2422	Semua Viskositas Diukur Pada Suhu 40°C, Menggunakan ASTM D-341 untuk Konversi Viskositas Pada Suhu Lain			
	Viskositas Mid-Point cSt	Batas Viskositas Kinematika, cSt		Klasifikasi Tingkat AGMA
		Minimum	Maksimum	
ISO VG 2	2,2	1,98	2,42	..
ISO VG 3	3,2	2,88	3,52	..
ISO VG 5	4,6	4,14	5,06	..
ISO VG 7	6,8	6,12	7,48	..
ISO VG 10	10,0	9,0	11,0	..
ISO VG 15	15,0	13,5	16,5	..
ISO VG 22	22,0	19,8	24,2	..
ISO VG 32	32	28,8	35,2	..
ISO VG 46	46	41,4	50,6	1
ISO VG 68	68	61,2	74,8	2 EP
ISO VG 100	100	90,0	100,0	3 EP
ISO VG 150	150	135,0	165,0	4 EP
ISO VG 220	220	198,0	242,0	5 EP
ISO VG 320	320	288,0	352,0	6 EP
ISO VG 460	460	414,0	506,0	7 Comp, 7 EP
ISO VG 680	680	612,0	748,0	8 Comp, 8 EP
ISO VG 1000	1000	900,0	1100,0	8A Comp
ISO VG 1500	1500	1350,0	1650,0	9 EP
..	3200	..	..	10 EP
..	4600	..	..	11 EP
..	6800	..	..	12 EP
..	32000	..	..	13 EP

Tabel 2. Klasifikasi Viskositas SAE Untuk Pelumas Mesin SAE J300

Tingkat Viskositas SAE Cranking	Viskositas [cP] pada suhu rendah [°C] Pumpabilitas Maksimum	Viskositas [cP] pada suhu rendah [°C] Tanpa Yield Stress Maksimum	Viskositas Kinematika [cSt] Pada 100°C		Viskositas [cP] pada suhu tinggi Shear Tinggi Pada 150°C dan 10s ⁻¹ Minimum
			Min	Max	
0 W	3250 pada -30	30000 pada -35	3,8	..	..
5 W	3500 pada -25	30000 pada -30	3,8	..	..
10 W	3500 pada -20	30000 pada -25	4,1	..	..
15 W	5000 pada -15	30000 pada -20	5,6	..	..
20 W	4500 pada -10	30000 pada -15	5,6	..	..
25 W	6000 pada -5	30000 pada -10	9,3	..	..
20	..	..	5,6 kurang dari 9,3		2,6
30	..	..	9,3 kurang dari 12,5		2,9
40	..	..	12,5 kurang dari 16,3		2,9(tingkat 0W-40)
					5W-40, 10W-40 3,7(tingkat 15W-40)

				20W-40,40
50	..	..	16,3 kurang dari 21,9	3,7
60	..	..	21,9 kurang dari 26,1	3,7

Hubungan Antara Variabel – Variabel Angka Sommerfeld

Angka karakteristik bantalan (*bearing characteristic number*) atau angka sommerfeld, ditetapkan oleh persamaan:

$$S = \left(\frac{r}{c}\right)^2 \frac{\mu \cdot N}{P} \quad \text{vii} \quad (2.5)$$

dimana: S = angka karakteristik bantalan

r = jari-jari poros [mm]

c = ruang bebas arah radial [mm]

μ = viskositas dinamis [cP]

P = tekanan bantalan [N/mm²]

Angka Sommerfeld mengandung semua variable yang biasanya ditetapkan oleh perencana angka ini adalah tak berdimensi, dan dipakai sebagai absis grafik kecuali pada grafik viskositas.

Grafik Viskositas

Salah satu pengandaian yang penting yang dibuat dalam analisa Raimond-Boyd

adalah bahwa viskositas dari pelumas adalah konstan selama melalui bantalan. Dalam mencari viskositas yang akan dipakai pada lampiran 2 kita akan menggunakan suatu suhu yang merata-ratakan suhu masuk dan keluar, dengan persamaan:

$$T_{AV} = T_1 + \frac{\Delta T}{2} \quad \text{viii} \quad (2.6)$$

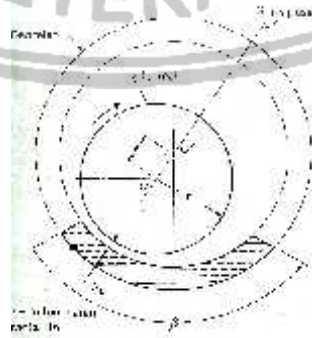
dimana, T₁ = suhu masuk pelumas [°C]

ΔT = kenaikan suhu pelumas dari masuk ke keluar [°C]

Tebal Lapisan Minimum

Pada gambar 2.10 dijelaskan , dimensi c adalah kelonggaran radial (*radial clearance*). Jarak antara pusat jurnal O dan pusat bantalan O' adalah eksentrisitas (*eccentricity*) dan dinyatakan dengan e. Tebal lapisan minimum (*minimum film thickness*) dinyatakan dengan h_o. Dimana besaran h_o/c disebut variabel ketebalan lapisan minimum (*minimum film thickness variable*). Besaran ini didapat dengan melihat grafik pada lampiran 3.

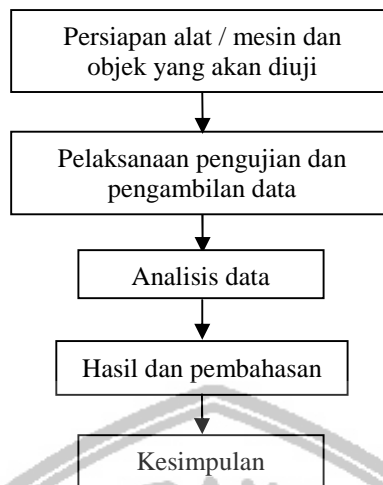
$$\frac{h_o}{c} \quad \text{ix} \quad (2.7)$$



Gambar 10. Tata Nama Suatu Bantalan Luncur

METODOLOGI PENGUJIAN DAN PENGOLAHAN DATA
Diagram Alir Pengujian

Pada gambar 11 merupakan diagram alir pengujian yang menggambarkan kegiatan penulis dalam melaksanakan pengujian untuk menunjang penulisan tugas akhir.



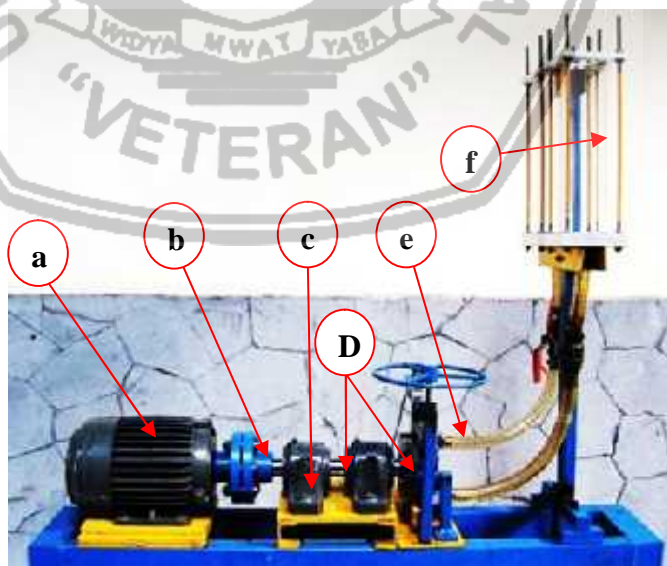
Gambar 11. Diagram Alir Pengujian

Pada gambar 11 merupakan diagram alir pengujian yang menggambarkan kegiatan penulis dalam melaksanakan pengujian untuk menunjang penulisan tugas akhir.

diperlukan pemeriksaan terhadap alat yang akan digunakan. Seperti perbaikan pada sistem pelumasan, mekanisme pembebanan dan kelistrikan. Tempat penulis melakukan pengujian adalah di bengkel las Politeknik xxx pada tahun 2011. Pada gambar 12 adalah bagian-bagian dari simulator alat uji pelumas dan bantalan :

Persiapan Alat dan Objek Pengujian Simulator Alat Uji Pelumas Bantalan

Alat ini adalah alat atau mesin yang digunakan penulis dalam melakukan pengujian. Namun sebelum melakukan pengujian



Gambar 12 : Simulator Alat Uji Pelumasan Bantalan

1) Motor listrik : Teco 3 – phase Motor 1.5 [Hp], 1.1 [KW], 50 [Hz], 1400 [Rpm]. Pada pengujian ini putaran motor yang digunakan

adalah 1000 rpm. Untuk mendapatkan putaran motor tersebut diperlukan alat bantu, yaitu LG Starvert-i (*inverter*) dan Irtek seperti pada

gambar 13 (a) dan (b) dibawah ini. Dimana LG Starvert-i (*inverter*) digunakan untuk menentukan frekuensi putaran motor yang

kemudian diukur menggunakan Irtek untuk putaran motor.



(a)



(b)

Gambar 13 (a) dan (b) : LG Starvert-i (*inverter*) dan Irtek

2) Kopling fleksibel yang menghubungkan motor dengan poros. Dimana dengan menggunakan kopling fleksibel dapat memudahkan dalam proses *alignment*; 3). Poros dengan material S45C sebagai penransmisi daya; 4). Dua bantalan gelinding (*rolling bearing*) yang berfungsi untuk menumpu poros sehingga poros berada tepat pada posisinya dan sebagai penstabil saat poros berputar; 5). Mekanisme pembebanan. Pada mekanisme pembebanan yang digunakan pada alat ini ditentukan oleh banyaknya putaran yang ada di

clamp-c. Dimana *clamp-c* ini menjepit lengan ayun yang berada dibawah dan diatas bantalan. Kemudian lengan ayun diatas bantalan memberikan sinyal kepada *loadcell* yang ditampilkan pada *display* terlihat pada gambar 14 (a) dan (b). Pada mekanisme pembebanan ini beban yang diterima bantalan dua kali lebih besar dari hasil yang ada di *display*.



(a)



(b)

Gambar 14 (a) dan (b) : Load Cell dan Display

6). Sistem pelumasan, Cara pelumasan yang digunakan pada alat uji ini adalah dengan cara pelumasan gravitasi, dimana pelumas ditampung pada tabung yang terbuat dari bahan acrylic seperti pada gambar 3.5. Sisi atas dan bawah tabung ini ditutup oleh plat yang terbuat dari bahan duralium, pemilihan duralium dimaksudkan untuk menghindari terjadinya proses oksidasi antara minyak pelumas dengan logam. Posisi tabung harus lebih tinggi dibandingkan posisi bantalan, sehingga pelumas mengalir dengan gaya beratnya. Minyak pelumas mengalir melalui nipel yang dihubungkan dengan selang plastik selanjutnya akan diteruskan ke lubang nipel pada bantalan. Dimana pada bantalan dan rumah bantalan sudah dibuat alur masuk pelumas (*oil groove*),

sehingga pelumas akan disebarkan melalui alur minyak tersebut.



Gambar 15. Tabung Pelumasan

Objek Pengujian

Objek pengujian yang akan digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

1). Pelumas Pertamina Mediteran S (gambar 3.6) dengan Viskositas SAE 30, SAE 40 dan SAE 50.



Gambar 16. Pelumas Pertamina Meditrans S

2). Bantalan luncur yang terbuat dari bahan babbitt (gambar 3.7) dengan ukuran panjang (l) = 60 [mm] dan diameter (d) = 35 [mm].



Gambar 17. Bantalan Luncur Babbitt

Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan pengukuran suhu pelumas dan suhu bantalan. Suhu diukur selama satu jam dengan selang waktu lima menit. Pengukuran suhu ini menggunakan thermometer dimana suhu di ukur pada pelumas yang keluar dari sistem dan langsung pada dinding bantalan (gambar 3.8). Pengambilan data juga dibantu dengan stopwatch / jam untuk menentukan waktu.



Gambar 18. Pengukuran Suhu Menggunakan Thermometer

Pengolahan Data Data Hasil Pengujian

Dibawah ini adalah tabel-tabel hasil pengujian dengan beban bervariasi, yaitu: 40 [kg], 60 [kg] dan 80 [kg].

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Pelumas SAE 30 Beban 40 [kg]

Suhu awal pelumas : 29,5[°C]
Suhu awal bantalan : 29,6[°C]

Suhu [°C]	Waktu (Menit)											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Suhu Pelumas	30,5	31,3	33,1	34,7	35,9	36,8	37,3	38,4	39,2	40,1	40,6	41,2
Suhu Bantalan	35,5	37,5	38,2	39,0	40,1	41,8	43,8	45,2	46,0	47,6	48,1	49,3

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Pelumas SAE 40 Beban 40 [kg]

Suhu awal pelumas : 30,0[°C]
Suhu awal bantalan : 29,5[°C]

Suhu [°C]	Waktu (Menit)											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Suhu Pelumas	30,8	32,8	34,0	35,4	36,1	37,1	37,9	39,2	39,6	40,5	41,3	41,6
Suhu Bantalan	34,6	36,3	37,3	38,9	39,7	41,2	42,0	42,6	42,9	43,6	43,9	44,2

Tabel 5. Data Hasil Pengujian Pelumas SAE 50 Beban 40 [kg]

Suhu awal pelumas : 30,1[°C]

Suhu awal bantalan : 29,6[°C]

Suhu [°C]	Waktu (Menit)											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Suhu Pelumas	31,1	32,8	34,3	35,7	36,3	36,8	37,2	37,9	38,9	39,4	39,2	39,7
Suhu Bantalan	36,8	38,5	40,5	41,8	43,2	43,9	44,8	45,7	46,2	46,1	46,4	46,7

Tabel 6. Data Hasil Pengujian Pelumas SAE 30 Beban 60 [kg]

Suhu awal pelumas : 29,2[°C]

Suhu awal bantalan : 30,0[°C]

Suhu [°C]	Waktu (Menit)											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Suhu Pelumas	30,9	32,9	35,0	36,4	38,0	39,0	39,6	40,8	41,6	40,3	40,7	41,8
Suhu Bantalan	35,9	39,0	38,8	38,9	43,7	44,7	45,9	48,4	50,9	48,3	51,7	50,8

Tabel 7. Data Hasil Pengujian Pelumas SAE 40 Beban 60 [kg]

Suhu awal pelumas : 29,6[°C]

Suhu awal bantalan : 29,3[°C]

Suhu [°C]	Waktu (Menit)											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Suhu Pelumas	30,4	32,0	33,4	34,9	36,1	37,3	38,0	38,7	39,3	39,9	40,2	41,0
Suhu Bantalan	34,5	36,8	39,5	40,5	42,4	43,6	44,7	43,3	42,7	44,4	46,5	43,6

Tabel 8. Data Hasil Pengujian Pelumas SAE 50 Beban 60 [kg]

Suhu awal pelumas : 29,8[°C]

Suhu awal bantalan : 29,9[°C]

Suhu [°C]	Waktu (Menit)											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Suhu Pelumas	31,8	33,1	34,4	36,4	37,1	37,6	38,2	39,6	40,3	40,9	41,9	40,9
Suhu Bantalan	36,1	39,2	41,6	42,1	43,5	44,4	45,8	46,2	48,2	48,1	48,9	48,7

Tabel 9. Data Hasil Pengujian Pelumas SAE 30 Beban 80 [kg]

Suhu awal pelumas : 29,1[°C]

Suhu awal bantalan : 29,7[°C]

Suhu [°C]	Waktu (Menit)											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Suhu Pelumas	31,3	33,6	35,2	37,2	38,2	39,3	39,8	41,0	42,0	42,4	42,3	42,5
Suhu Bantalan	35,3	38,2	39,7	40,9	43,5	45,0	46,5	48,1	48,5	49,0	49,8	50,3

Tabel 10. Data Hasil Pengujian Pelumas SAE 40 Beban 80 [kg]

Suhu awal pelumas : 29,6[°C]
 Suhu awal bantalan : 29,4[°C]

Suhu [°C]	Waktu (Menit)											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Suhu Pelumas	31,0	33,2	35,0	36,3	37,0	37,8	38,3	38,9	39,5	40,1	40,9	41,4
Suhu Bantalan	35,4	37,3	39,6	41,0	41,7	43,0	43,4	43,6	44,2	43,9	44,3	45,0

Tabel 11. Data Hasil Pengujian Pelumas SAE 50 Beban 80 [kg]

Suhu awal pelumas : 30,0[°C]
 Suhu awal bantalan : 29,7[°C]

Suhu [°C]	Waktu (Menit)											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Suhu Pelumas	33,2	34,4	36,0	37,2	37,8	38,4	38,9	40,2	40,8	41,4	42,1	42,0
Suhu Bantalan	37,0	39,6	42,0	42,7	43,7	44,9	46,3	46,8	47,7	48,3	49,0	49,2

Perhitungan Tebal Lapisan Minimum

Untuk mencari tebal lapisan minimum diperlukan data-data sebagai berikut :

Suhu masuk pelumas (t_1) = 30 [°C]
 Suhu keluar pelumas (t_2) = 41 [°C]
 Beban bantalan (W) = 60 [kg]
 Diameter poros (d) = 35 [mm]
 Panjang bantalan (l) = 60 [mm]
 Oil groove (r_o) = 2,5[mm]

$$x = 35,5[°C]$$

$$x_1 = 35[°C]$$

$$y_1 = 170$$

$$x_2 = 40[°C]$$

$$y_2 = 120$$

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}(x - x_1) + y_1 = \frac{120 - 170}{40 - 35}(35,5 - 35) + 170 = 165$$

Putaran motor (N) = 1000 [rpm]
 Radial clearance (c) = 0,001r
 (pada lampiran 2) = 0,001(17,5)
 = 0,0175 [mm]

Tabel 12. Hasil Interpolasi Viskositas Dinamis pada 35,5[°C]

Viskositas	Viskositas Dinamis (μ)
SAE 30	97,8
SAE 40	165
SAE 50	165

Suhu rata-rata pelumas (T_{AV})

$$T_{AV} = T_1 + \left(\frac{\Delta T}{2}\right)$$

$$= 30 + \left(\frac{41 - 30}{2}\right)$$

$$= 35,5[°C]$$

Viskositas dinamis (absolute) SAE 40 pada 35,5[°C] = 165 [cP] (diperoleh dari hasil interpolasi pada lampiran 1), dimana:

Tekanan pada bantalan

$$P = \frac{W}{(ld) - 2(oil\ groove)}$$

$$P = \frac{60}{(60 \times 35) - 2(f\ r_o^2)}$$

$$P = \frac{60}{(60 \times 35) - 2(f \cdot 2,5^2)}$$

$$P = 0,029[kg / mm^2]$$

Angka karakteristik bantalan (Sommerfeld)

$$S = \left(\frac{r}{c}\right)^2 \left(\frac{\sim \cdot N}{P}\right)$$

$$= \left(\frac{17,5}{0,0175}\right)^2 \left(\frac{165}{10^9}\right) \left(\frac{1000}{60}\right) \left(\frac{1}{0,029 \times 9,8}\right)$$

$$= 9,7$$

$$\frac{l}{d} = \frac{60}{35} = 1,7 \Rightarrow \infty \text{ (pada lampiran 3)}$$

Dilihat pada grafik ketebalan lapisan minimum pada lampiran 3 dengan $S = 9,7$ dan $l/d \Rightarrow \infty$, nilai ketebalan lapisan minimum (h_0) untuk SAE 40 dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{h_0}{c} = 1,$$

$$h_0 = 1 \times 0,0175 = 0,0175 [mm]$$

Tabel 13. Hasil Perhitungan Ketebalan Lapisan Minimum

Viskositas	h_0 [mm]
SAE 30	0,0175
SAE 40	0,0175
SAE 50	0,0175

Nilai $\mu N/P$ (Karakter Bantalan)

Nilai $\mu N/P$ minimum untuk SAE 40 dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{\sim \cdot N}{P} = \frac{165 \times 1000}{0,029} = 5,69 \times 10^6 \left(\frac{cP \cdot rpm}{kg/mm^2}\right)$$

Tabel 14. Hasil Perhitungan $\mu N/P$

Viskositas	$\mu N/P$
SAE 30	$4,25 \times 10^6$
SAE 40	$5,69 \times 10^6$
SAE 50	$5,69 \times 10^6$

Nilai $\mu N/P$ minimum untuk bantalan babbitt sebesar 28000 (lampiran 4) dengan dikalikan faktor keamanan sebesar 3 dimana nilai $\mu N/P$ pada tabel 3.12 lebih besar daripada nilai $\mu N/P$ minimum untuk bantalan babbitt, maka kondisi ini dapat diterima. Dimana gesekan langsung antara logam dengan logam dapat dihindarkan.

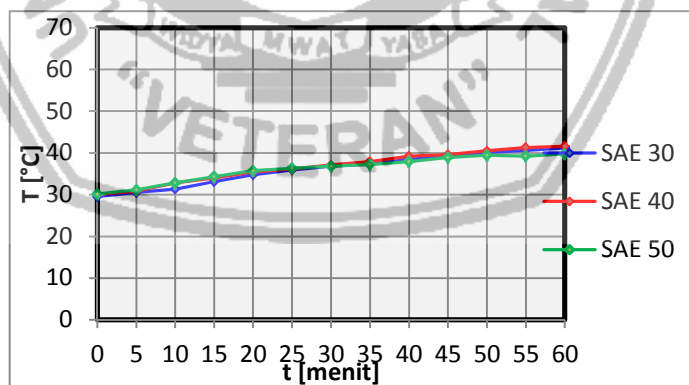
HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode Analisis Data

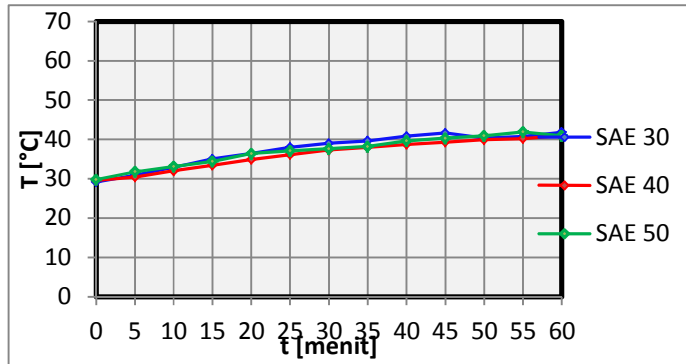
Dalam penelitian ini kami menggunakan metode deskriptif (Metode Analistik). Metode deskriptif tertuju pada pemecahan masalah yang ada pada masa sekarang yang berdasarkan data-data yang telah dikumpulkan. Data dikumpulkan dengan menggunakan alat yang sudah ada kemudian data dianalisa sehingga didapat kesimpulan.

Analisis Data

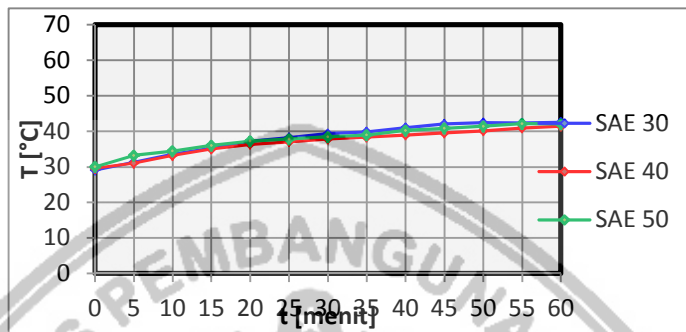
Dibawah ini adalah grafik-grafik hasil pengujian dengan beban bervariasi, yaitu: 40 [kg], 60 [kg] dan 80 [kg].



Gambar 19. Grafik Suhu Terhadap Waktu Viskositas SAE 30, SAE 40 dan SAE 50 Beban 40 [kg]



Gambar 20. Grafik Suhu Terhadap Waktu Viskositas SAE 30, SAE 40 dan SAE 50 Beban 60 [kg]



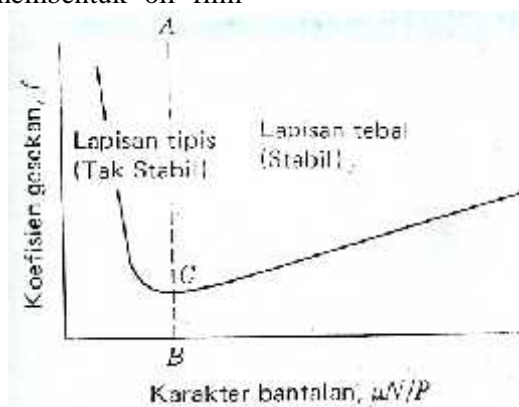
Gambar 21. Grafik Suhu Terhadap Waktu Viskositas SAE 30, SAE 40 dan SAE 50 Beban 80 [kg]

Dari data hasil pengujian pelumas Meditran S dengan viskositas SAE 30, SAE 40 dan SAE 50 pada simulator alat uji pelumas dan bantalan dengan variasi beban sebesar 40 [kg], 60 [kg] dan 80 [kg] dengan putaran motor 1000 [rpm], maka penulis dapat melakukan analisis yaitu:

Jika dilihat pada gambar 19, 20 dan 21, pada beban 60 [kg] dan 80 [kg] pelumas dengan viskositas SAE 40 menghasilkan suhu yang lebih baik dibandingkan SAE 30 dan SAE 50. Namun pada beban 40 [kg] pelumas dengan SAE 40 menghasilkan suhu yang lebih panas tetapi jika dilihat dari suhu yang dihasilkan pada bantalan, pelumas dengan viskositas SAE 40 ini sudah melakukan perannya untuk meredam panas dengan membentuk oil film

secara sempurna. Dimana stabilitas viskositas pelumas SAE 40 lebih baik dibandingkan SAE 30 dan SAE 50.

Grafik variasi dari koefisien gesekan dengan karakter bantalan terlihat pada gambar 22, sebelah kanan garis BA merupakan lapisan tebal dimana kontak langsung antara logam dengan logam terhindarkan karena adanya pembentukan oil film yang sempurna. Pada daerah lapisan tebal ini pelumasan hidrodinamis terjadi. Sebelah kiri garis BA merupakan lapisan tipis dimana kontak logam dengan logam terjadi sehingga terjadi penurunan viskositas. Titik C merupakan awal terjadinya kontak logam dengan logam.



Gambar 22. Grafik Variasi Dari Koefisien Gesekan Dengan Karakter Bantalan

Dari hasil perhitungan tebal lapisan minimum (tabel 13) dan nilai karakter bantalan (tabel 14) pada bab sebelumnya, oil film atau lapisan minyak yang terbentuk pada pelumas dengan viskositas SAE 30, SAE 40 dan SAE 50 sudah sempurna atau terisi penuh dan nilai karakter bantalan lebih besar dari nilai minimum karakter bantalan, ini termasuk pada lapisan tebal (gambar 22). Namun dari data hasil pengujian stabilitas viskositas dari pelumas yang berpengaruh terhadap suhu yang dihasilkan.

KESIMPULAN

Dari hasil data dan analisis yang dilakukan pada pelumas meditrans S dengan viskositas SAE 30, SAE 40 dan SAE 50, maka penulis dapat menyimpulkan sebagai berikut:

1). Variasi beban mempengaruhi pembentukan oil film akibat adanya gaya lempar atau gaya sentripetal dari poros yang berputar, 2). Dari data hasil pengujian dengan beban 40 kg, 60 kg dan 80 kg terjadi peningkatan temperatur setiap beban yang diberikan semakin besar, 3). Pelumas akan mencapai keadaan yang optimum jika bantalan luncur dan poros terpisahkan secara sempurna oleh oil film. Terbentuknya oil film ini mencegah kontak langsung antara logam dengan logam, 4). Dari ketiga jenis pelumas yang di uji, yaitu pelumas dengan viskositas SAE 30, SAE 40 dan SAE 50 pada variasi beban menghasilkan kondisi tebal lapisan yang optimum sehingga terhindar dari kontak langsung antara logam dengan logam, namun pada pelumas dengan viskositas SAE 40 menghasilkan kondisi temperatur yang lebih baik. Dimana temperatur pelumas dengan viskositas SAE 40 lebih rendah dibandingkan pelumas SAE 30 dan SAE 50.

DAFTAR PUSTAKA

Bhandari, V. B, 2007, *Design Of Machine Elements*, 2nd Edt, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, 7 West Patel Nagar, New Delhi 110 008.

Ghandi, H, 1995, *Perencanaan Teknik Mesin*, Edisi Keempat, Jilid 2, Erlangga, Jakarta.

Hamrock, Bernard. J, Schmid, Steven. R. & Jacobson, Bo. O, 2005, *Fundamentals Of Machine Elements*, 2nd Edt, Mc Graw Hill Higher Education, New York 10020.

Khurmi, R. S. & Gupta, J. K, 2005, *A Textbook Of Machine Design*, Eurasia Publishing House (P) Ltd, 7361, Ram Nagar, New Delhi-110055.

Sularso. & Kiyokatsu, S, 1997, *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin*, Pradaya Paramita, Jakarta.

V.L MALEEV, M.E, DR.A.M, 1995, *Operasi Dan Pemeliharaan Mesin Diesel*, Erlangga, Jakarta.

Wartawan, L. Anton, 1998, *Pelumas Otomotif Dan Industri*, Balai Pustaka, Jakarta.

<http://isjd.pdii.lipi.go.id/admin/jurnal/20285310.pdf>

<http://repository.usu.ac.id.pdf>

<http://search.4shared.com/q/150/bearing>