

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Oil

Oli atau pelumas (*lubricant* atau sering disebut *lube*) adalah suatu bahan (biasanya berbentuk cairan) yang berfungsi untuk mereduksi keausan antara dua permukaan benda bergerak yang saling bergesekan. Suatu bahan cairan dapat dikategorikan sebagai pelumas jika mengandung bahan dasar (bisa berupa *oil based* atau *water/glycol based*) dan paket aditif.

Pelumas mempunyai tugas pokok untuk mencegah atau mengurangi keausan sebagai akibat dari kontak langsung antara dua permukaan logam yang saling bergesekan sehingga keausan dapat dikurangi, besar tenaga yang diperlukan akibat gesekan dapat dikurangi dan panas yang ditimbulkan oleh gesekan pun akan berkurang. Pelumas yang baik harus bisa membuat kinerja mesin lebih ringan dan bertugas sebagai pelindung komponen metal didalam mesin dari friksi akibat gesekan antar logam.

Dari bahan dasarnya, oli mesin yang umum beredar terbagi dua jenis, yaitu:

1. Oli Mineral (*Base Oil*)

Oli Mineral (*Base Oil*) diperoleh dari hasil tambang minyak bumi yang diolah menjadi oli dan ditambah bahan aditif untuk menambah mutu pelumas menjadi lebih baik.

2. Oli Sintetis (*Synthetic Oil*)

Oli Sintetis terdiri atas *Polyalphaolifins* senyawa ini kemudian dicampur dengan oli mineral. Pada dasarnya, oli sintetis didesain untuk menghasilkan kinerja yang lebih efektif dibandingkan dengan oli mineral.

2.1.1. Karakteristik Kekentalan / SAE Oli

Untuk menandai kekentalan oli, biasanya digunakan istilah atau kode huruf *Society of Automotive Engineer* (SAE) yang diikuti dengan angka. SAE mirip seperti lembaga standarisasi seperti ISO, DIN atau JIS, yang mengkhususkan diri

di bidang otomotif. Angka di belakang huruf SAE inilah yang menunjukkan tingkat kekentalannya (viskositas).

Viskositas adalah kemampuan laju cairan pelumas. Viskositas *index* atau sering diartikan kemampuan cairan mempertahankan kekentalannya terhadap temperatur kerja mesin. Semakin tinggi angkanya, semakin kental pelumas tersebut.

Beberapa hal yang perlu diketahui dan dimengerti tentang kekentalan / SAE oli mesin adalah :

- 1) Kekentalan / SAE suatu oli mesin tidak bisa dijadikan ukuran kualitas oli, tetapi lebih berkaitan pada kemampuan oli tersebut dalam beradaptasi pada suhu rendah dan tinggi. Tingkat SAE hanyalah sebagai pembeda atau kelas-kelas suatu oli mesin berdasarkan tingkat sifat kekentalannya, jadi SAE rendah (oli encer) tidak identik dengan mutu yang lebih baik dibandingkan oli dengan angka SAE yang tinggi (oli kental).
- 2) Pahami Kode SAE oli, misalnya SAE 20W-50, makna dibalik kode ini berarti, suatu oli yg memiliki kemampuan yang telah lulus uji dengan distarter pada suhu (minus) -10 C dan bisa dialirkan di dalam mesin sampai suhu -20 C dan memiliki minimum kekentalan tertentu pada suhu tinggi 150 C (HTHS). Oli jenis ini relatif kurang efisien dalam pemakaian BBM namun sangat baik digunakan untuk mesin. Untuk SAE 10W40, lulus uji sampai -30. Semakin kecil angka SAE dengan huruf W semakin dingin suhu ujinya, begitu seterusnya. Huruf W di belakang angka 10 merupakan singkatan kata *winter* (musim dingin). Maksudnya, pelumas mempunyai tingkat kekentalan sama dengan SAE 10 pada saat suhu udara dingin dan SAE 40 ketika udara panas.
- 3) Kekentalan / SAE bukanlah satu-satunya hal yang mendukung kinerja dan perawatan mesin, akan tetapi kualitas kadar kandungan aditif pada oli tersebutlah yang lebih menentukan baik tidaknya untuk perawatan mesin.

Tingkat kualitas dari pelumas mempunyai satuan sendiri yaitu *American Petroleum Institute* (API). Untuk kendaraan bermesin bensin, pelumas biasanya menggunakan kode yang berawalan huruf S (kependekan dari kata *Spark* yang

berarti percikan api), contohnya seperti kode SA, SB, SC, SD, SE dan SF. Pada kendaraan mesin diesel, kode mutu pelumas mesinnya diawali huruf C (kependekan dari kata *compression*, yang mana sifat pembakaran dalam diesel terjadi karena adanya tekanan udara sangat tinggi), contohnya kode huruf CA, CB, CC, dan CD.

2.1.2. Meditran S Series (SAE 30,40,50)

Meditran S Series (SAE ,30,40,50) adalah pelumas mesin diesel tugas berat yang diformulasikan dari *base oil* yang mempunyai *viscosity* index tinggi dan aditif yang seimbang. Mampu memberikan perlindungan terhadap keausan dan korosi serta menghindari terbentuknya deposit di ruang bakar. Memenuhi standar API Service CF, CD, CF2/SF, Mercedes Benz (sheet 228.0), ACEA E.1-96, MIL-L-2104D, MIL-L-461529B, Komatsu 07.801, Allison C-4 & Caterpillar TO-2. Khusus Meditran S 10W & 30W juga dianjurkan untuk sistem transmisi dan hidrolik pada mesin tugas berat.

Meditran dari Pertamina yang akan di distribusi biasanya dikemas dalam bentuk drum – drum ataupun dikemas seperti pada gambar di bawah ini.



sumber : www.pertaminaracing.com/produk/

Gambar 1. Meditran S Series (SAE ,30,40,50)

a. Deskripsi produk

Pelumas jenis tugas berat yang bermutu tinggi terutama untuk pelumasan mesin diesel yang dilengkapi dengan *turbocharger* dan *supercharger* maupun *naturally aspirated* dan mempergunakan bahan bakar solar. Pelumas ini dikhususkan untuk pelumasan mesin diesel dengan putaran tinggi yang banyak dipergunakan

untuk mesin alat-alat besar, armada angkutan di mesin stasioner yang diinginkan. Minyak pelumas dengan persyaratan MIL 2104 D.

b. Kemampuan kerja

Meditran S memenuhi persyaratan *API Service Classification* CF,CD,CF2/SF Mercedes Benz sheet 228.0, MIL-L204D dan MIL-L 46152B, ACEA E.1-96. Khusus MEDITRAN S 40 memenuhi persyaratan Komatsu KES 07.801. Oleh karena itu tidak perlu tambahan aditif. Penggunaan yang disarankan

Meditran S dianjurkan untuk pelumasan mesin bensin pada kendaraan, mesin alat-alat besar, mesin stasioner maupun mesin perkapalan yang mempunyai putaran tinggi yang dilengkapi dengan *turbocharger* dan *supercharger* maupun *naturally aspirated*.

c. Karakteristik Tipikal

Tabel 1 berikut menunjukkan karakteristik meditrans pada SAE 30, 40 dan 50.

No.	Typical Characteristics	ASTM Method	MEDITRAN		
			S 30	S 40	S 50
1	No. SAE		30	40	50
2	Density at 15 °C (kg/L)	D-4052	0.8902	0.8932	0.9013
3	Viscosity Kinematic, at 40 °C, cST at 100 °C, cST	D-445	91.56	142.40	238.35
		D-445	10.82	14.40	20.19
4	Viscosity Index	D-2270	102	99	98
5	Colour ASTM	D-1500	4.5	4.5	L5.0
6	Flash Point (°C)	D-92	226	253	273
7	Pour Point (°C)	D-5950	-18	-12	-9
8	Total Base Number (mg KOH/g)	D-2896	10.30	10.30	10.30

2.2 Pengaduk

Pemilihan pengaduk yang tepat menjadi salah satu faktor penting dalam menghasilkan proses dan pencampuran yang efektif. Pengaduk jenis baling-baling (propeller) dengan aliran aksial dan pengaduk jenis turbin dengan aliran radial menjadi pilihan yang lazim dalam pengadukan dan pencampuran.

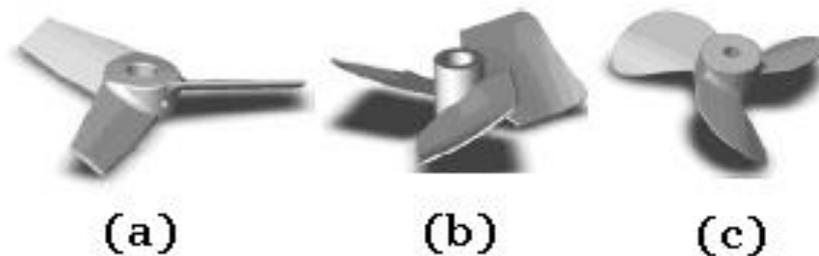
2.2.1 Jenis-jenis Pengaduk

Secara umum, terdapat empat jenis pengaduk yang biasa digunakan, yaitu pengaduk baling-baling (*propeller*), pengaduk turbin (*turbine*), pengaduk dayung (*paddle*), dan pengaduk *helical ribbon*.

1. Pengaduk jenis baling-baling (*Propeller*)

Ada beberapa jenis pengaduk yang biasa digunakan, yaitu:

- a. *Marine propeller*
- b. *Hydrofoil propeller*
- c. *High flow propeller*



Gambar 2. Pengaduk jenis Baling-baling (a), Daun Dipertajam (b), Baling-baling kapal (c)

Baling-baling ini digunakan pada kecepatan berkisar antara 400 hingga 1750 rpm (*revolutions per minute*) dan digunakan untuk cairan dengan viskositas rendah

2. Pengaduk Dayung (*Paddle*)

Berbagai jenis pengaduk dayung biasanya digunakan pada kecepatan rendah diantaranya 20 hingga 200 rpm. Dayung datar berdaun dua atau empat biasa digunakan dalam sebuah proses pengadukan. Panjang total dari pengadukan dayung biasanya 60 - 80% dari diameter tangki dan lebar dari daunnya 1/6 - 1/10 dari panjangnya.

Beberapa jenis *paddle* yaitu:

- a. *Paddle anchor*
- b. *Paddle flat beam – basic*
- c. *Paddle double – motion*
- d. *Paddle gate*
- e. *Paddle horseshoe*

- f. *Paddle glassed steel (used in glass-lined vessels)*
- g. *Paddle finger*
- h. *Paddle helix*
- i. *Multi paddle*



Gambar 3. Pengaduk Jenis Dayung (Paddle) berdaun dua

Pengaduk dayung menjadi tidak efektif untuk suspensi padatan, karena aliran radial bisa terbentuk namun aliran aksial dan vertikal menjadi kecil. Sebuah dayung jangkar atau pagar, yang terlihat pada gambar 3 biasa digunakan dalam pengadukan. Jenis ini menyapu dan mengeruk dinding tangki dan kadang-kadang bagian bawah tangki. Jenis ini digunakan pada cairan kental dimana endapan pada dinding dapat terbentuk dan juga digunakan untuk meningkatkan transfer panas dari dan ke dinding tangki. Pengaduk dayung sering digunakan untuk proses pembuatan cat, bahan perekat dan kosmetik.

3. Pengaduk Turbin

Pengaduk turbin adalah pengaduk dayung yang memiliki banyak daun pengaduk dan berukuran lebih pendek, digunakan pada kecepatan tinggi untuk cairan dengan rentang kekentalan yang sangat luas. Diameter dari sebuah turbin biasanya antara 30 - 50% dari diameter tangki. Turbin biasanya memiliki empat atau enam daun pengaduk.

Turbin dengan daun yang datar memberikan aliran yang radial. Jenis ini juga berguna untuk dispersi gas yang baik, gas akan dialirkan dari bagian bawah pengaduk dan akan menuju ke bagian daun pengaduk lalu terpotong-potong menjadi gelembung gas. Beberapa jenis turbin yaitu:

- a. *Turbine disc flat blade*
- b. *Turbine hub mounted curved blade*
- c. *Turbine disc mounted curved blade*

- d. *Turbine pitched blade*
- e. *Turbine bar*
- f. *Turbine shrouded*



Gambar 4. Pengaduk Turbin pada bagian variasi

Pada turbin dengan daun yang dibuat miring sebesar 45° , seperti yang terlihat pada Gambar 4, beberapa aliran aksial akan terbentuk sehingga sebuah kombinasi dari aliran aksial dan radial akan terbentuk. Jenis ini berguna dalam suspensi padatan karena aliran langsung ke bawah dan akan menyapu padatan ke atas. Terkadang sebuah turbin dengan hanya empat daun miring digunakan dalam suspensi padat



Gambar 5. Pengaduk Turbin Baling-baling.

4.4 Pengaduk Helical-Ribbon

Jenis pengaduk ini digunakan pada larutan pada kekentalan yang tinggi dan beroperasi pada rpm yang rendah pada bagian laminar. *Ribbon* (bentuk seperti pita) dibentuk dalam sebuah bagian *helical* (bentuknya seperti baling-baling helikopter dan ditempelkan ke pusat sumbu pengaduk). Cairan bergerak dalam sebuah bagian aliran berliku-liku pada bagian bawah dan naik ke bagian atas pengaduk.

Beberapa jenis pengaduk *helical-ribbon* yaitu:

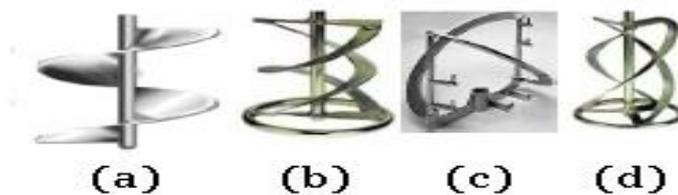
- a. *Ribbon impeller*
- b. *Double Ribbon impeller*

c. *Helical screw impeller*

d. *Sigma impeller*

e. *Z-blades*

Gambar di bawah ini adalah contoh dari jenis-jenis pengaduk *helical-ribbon*.



Gambar 6. Pengaduk Jenis (a), (b) & (c) *Hellical-Ribbon*, (d) *Semi-Spiral*

3.2.1 Kecepatan Pengaduk

Salah satu variasi dasar dalam proses pengadukan dan pencampuran adalah kecepatan putaran pengaduk yang digunakan. Variasi kecepatan putaran pengaduk bisa memberikan gambaran mengenai pola aliran yang dihasilkan dan daya listrik yang dibutuhkan dalam proses pengadukan dan pencampuran. Secara umum klasifikasi kecepatan putaran pengaduk dibagi tiga, yaitu kecepatan putaran rendah, sedang dan tinggi.

1. Kecepatan putaran rendah

Kecepatan rendah yang digunakan berkisar pada kecepatan 400 rpm. Pengadukan dengan kecepatan ini umumnya digunakan untuk minyak kental, lumpur dimana terdapat serat atau pada cairan yang dapat menimbulkan busa.

Jenis pengaduk ini menghasilkan pergerakan *batch* yang sempurna dengan sebuah permukaan fluida yang datar untuk menjaga temperatur atau mencampur larutan dengan viskositas dan gravitasi spesifik yang sama.

2. Kecepatan putaran sedang

Kecepatan sedang yang digunakan berkisar pada kecepatan 1150 rpm. Pengaduk dengan kecepatan ini umumnya digunakan untuk larutan sirup kental dan minyak pernis. Jenis ini paling sering digunakan untuk meriakkan permukaan pada viskositas yang rendah, mengurangi waktu pencampuran, mencampuran larutan dengan viskositas yang berbeda dan bertujuan untuk memanaskan atau mendinginkan

3. Kecepatan putaran tinggi

Kecepatan tinggi yang digunakan berkisar pada kecepatan 1750 rpm. Pengaduk dengan kecepatan ini umumnya digunakan untuk fluida dengan viskositas rendah misalnya air. Tingkat pengadukan ini menghasilkan permukaan yang cekung pada viskositas yang rendah dan dibutuhkan ketika waktu pencampuran sangat lama atau perbedaan viskositas sangat besar.

4.2.1 Jumlah Pengaduk

Penambahan jumlah pengaduk yang digunakan pada dasarnya untuk tetap menjaga efektifitas pengadukan pada kondisi yang berubah. Ketinggian fluida yang lebih besar dari diameter tangki, disertai dengan viskositas fluida yang lebih besar dan diameter pengaduk yang lebih kecil dari dimensi yang biasa digunakan, merupakan kondisi dimana pengaduk yang digunakan lebih dari satu buah, dengan jarak antar pengaduk sama dengan jarak pengaduk paling bawah ke dasar tangki. Penjelasan mengenai kondisi pengadukan dimana lebih dari satu pengaduk yang digunakan dapat dilihat dalam tabel 1.

Tabel 1. Kondisi untuk Pemilihan Pengaduk

Satu Pengaduk	Dua Pengaduk
Fluida dengan viskositas rendah	Fluida dengan viskositas sedang dan tinggi
Pengaduk menyapu dasar tangki	Pengaduk pada tangki yang dalam
Kecepatan balik aliran yang tinggi	Gaya gerak aliran besar
Ketinggian permukaan cairan yang bervariasi	Ukuran mounting nozzle yang minimal

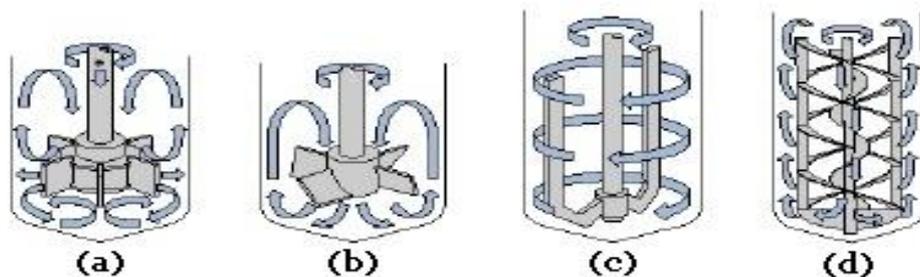
5.2.1 Pemilihan Pengaduk

Viskositas dari cairan adalah salah satu dari beberapa faktor yang mempengaruhi pemilihan jenis pengaduk. Indikasi dari rentang viskositas pada setiap jenis pengaduk adalah :

- a. Pengaduk jenis baling-baling digunakan untuk viskositas fluida di bawah Pa.s (3000 cP)
- b. Pengaduk jenis turbin bisa digunakan untuk viskositas di bawah 100 Pa.s

(100.000 cp)

- c. Pengaduk jenis dayung yang dimodifikasi seperti pengaduk jangkar bisa digunakan untuk viskositas antara 50 - 500 Pa.s (500.000 cP)
- d. Pengaduk jenis pita melingkar biasa digunakan untuk viskositas di atas 1000 Pa.s dan telah digunakan hingga viskositas 25.000 Pa.s.



Gambar 7. Pola aliran yang dihasilkan oleh jenis-jenis pengaduk yang berbeda (a) *Impeller*, (b) *Propeller*, (c) *Paddle* dan (d) *Helical ribbon*

2.3. Viskometer

Untuk dua cairan yang berbeda dengan pengukuran alat yang sama berlaku. Jadi bila η dan cairan pembanding diketahui, maka dengan mengukur waktu yang diperlukan untuk mengalir kedua cairan melalui alat yang sama dapat ditentukan η cairan yang sudah diketahui rapatannya (Sutiah, dkk., 2008).

Tabel viskositas cairan pada berbagai suhu (satuan poise) (Bird, 1987)

Cairan	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)					
	0	10	20	30	40	50
Air	0,0179	0,013	0,0101	0,0080	0,0065	0,0055
Gliserin	105,9	34,4	13,4	6,29	2,89	1,41
Anilin	0,102	0,065	0,0044	0,0316	0,0227	0,0185
Bensin	0,0091	0,0076	0,0065	0,0056	0,0050	0,0044
Etanol	0,0177	0,0147	0,012	0,0100	0,0083	0,007
Minyak lobak	25,3	3,85	1,63	0,96	-	-

Perbedaan nilai viskositas menengah dan region periperal ini menunjukkan parameter nilai K. Ketika $k > 1$ maka nilai viskositas lebih dari menengah, $k=1$ viskositasnya sama dalam keadaan apapun, $k < 1$ viskositasnya ditengah region(Rao, dkk., 2003). Tujuan dari hubungan momentum memberikan informasi kinetik dalam viskositas (Gavin Dkk., 2007).

Viskositas suatu cairan murni atau larutan merupakan indeks hambatan aliran cairan. Viskositas dapat diukur dengan menggunakan laju aliran yang melalui tabung berbentuk silinder. Cara ini merupakan salah satu cara yang paling mudah dan dapat digunakan untuk cairan maupun gas.

Menurut hukum *polsscuille*, jumlah cairan yang mengalir melalui pipa persatuan waktu mempunyai persamaan :

$$\frac{V}{t} = \frac{\pi P t R^4}{8 \mu L}$$

Dimana :

μ = Viskositas cairan

V= Volume total cairan

T= Waktu yang dibutuhkan cairan yang mengalir di dalam viskositas

P= Tekanan yang bekerja pada cairan

R= Jari-jari tabung

L= Panjang pipa

Ada beberapa viscometer yang sering digunakan untuk menentukan viskositas suatu larutan yaitu :

1. Viskometer Oswald : untuk menentukan laju kapiler
2. Viskometer Hoppler : untuk menentukan bola dalam cairan
3. Viskometer Silinder Putar : untuk menentukan satu dua silinder yang konsentrasi pada kecepatan sudut tertentu.

2.3.1. Viskometer Oswald

Pada viscometer oswald yang diukur adalah waktu yang dibutuhkan oleh sejumlah cairan tertentu untuk mengalir melalui pipa kapiler dengan gaya yang disebabkan oleh berat cairan itu sendiri. Pengukuran viskositas ini menggunakan pembanding air, hal ini dimaksudkan untuk mengurangi kesalahan pengukuran nilai.

Viskositas cairan menggunakan viscometer Oswald dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$\mu = \frac{\pi R^4 (Pt)}{8Vt},$$

sehingga didapat bila menggunakan pembanding viskositas air adalah

$$\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{\pi R^4 (Pt)}{8VL} \times \frac{8VL}{\pi R^4 (Pt)_2} = \frac{(Pt)_1}{(Pt)_2} = \frac{P_1 t_1}{P_2 t_2}$$

Dimana : P = densitas x konstanta

2.3.2. Viskometer Hoppler

Pada Viskometer hoppler yang diukur adalah waktu yang dibutuhkan oleh sebuah bola untuk melewati cairan pada jarak atau ketinggian tertentu, karena adanya gaya gravitasi benda yang jatuh melalui medium yang berviskositas dengan kecepatan yang semakin besar sampai mencapai kecepatan maksimum. Kecepatan maksimum akan dicapai bila gaya gravitasi (g) sama dengan gaya tahan medium (f). Besarnya gaya tahan (friksi) untuk benda yang berbentuk bola oleh stokes dirumuskan : $f = 6\pi\mu r v$

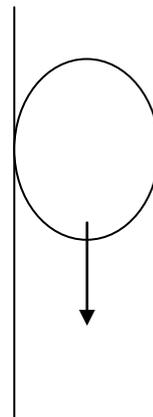
Dimana :

f = Friksi

μ = Viskositas

r = jari-jari

v = kecepatan



Pada kesetimbangan gaya ke bawah adalah $(m-m_0)g$ sehingga,
 $6\pi\mu r v = (m-m_0)g$ atau

$$\mu = \frac{(m - m_0)g}{6\pi r v}$$

Dimana :

m = Massa bola logam

m_0 = Massa cairan yang dipindahkan oleh bola logam

g = Gravitasi

Untuk menentukan viskositas dapat menggunakan langkah-langkah sebagai berikut:

- Alat viskositas sebelum digunakan harus bersih dan kering
- Tentukan massa jenis bola (lihat table) dan massa jenis cairan yang digunakan (lihat pada botol/literature)
- Masukkan sampel yang digunakan sebanyak 45 ml tanpa udara ke dalam tabung miring
- Masukkan bola ke dalam tabung yang telah berisi sampel (jangan sampai ada gelembung udara). Pada saat bola sampai tanda batas paling atas hidupkan stopwatch dan matikan stopwatch pada saat bola sampai tanda paling bawah.
- Waktu yang digunakan dicatat, yaitu gerakan dari tanda bagian atas sampai pada tanda bagian bawah
- Bersihkan tabung pada alat viscometer setelah selesai melakukan praktikum

Tabel 4. Diameter dalam bola $15,94 \pm 0,01$ mm

No Bola	Bahan Bola	Densitas gm/cm ³	Diameter Bola mm	Tetapan K mPa.s.cm ³ /gr.s	Pengukuran mPas (cp)
1	Gelas boron silica	2,2	$15,81 \pm 0,01$	0,007	0,5 – 10
2	Gelas boron silica	2,2	$15,3 \pm 0,05$	0,09	9 – 100
3	Alloy besi nikel	8,1	$15,6 \pm 0,05$	0,09	40 – 700
4	Alloy besi nikel	8,1	$15,2 \pm 1$	0,7	150 – 5000
5	Aloy besi nikel	8,1	$14,0 \pm 0,5$	7	1500 – 50.000
6	Alloy besi nikel	8,1	$11,0 \pm 1$	35	>7500
G	Gelas boron silica	2,2	$15,91 \pm 0,02$	-	Gas
G ₃	Gelas boron silica	2,2	15,30	0,4	20 – 200
G ₄	Gelas boron silika	2,2	14,40	3,5	150 - 1500

Perhitungan viskositas dinamik dalam satuan mPa.s digunakan rumus :

$$\mu = K(\rho_1 - \rho_2) t$$

dimana :

- K = Konstanta bola mPa.s.cm³/g.s (lihat table)
- ρ_1 = Densitas bola grm/cm³ (lihat table)
- ρ_2 = Densitas sampel (grm/cm³)
- t = Waktu bola jatuh tanda batas atas sampai tanda batas bawah (detik) konversi viskositas dinamik ke viskositas kinematik digunakan persamaan :

$$v = \frac{\mu}{\rho}$$

Dimana :

- V = viskositas kinematika (mm²/detik), 1 mm²/detik=1 cSt
- μ = viskositas dinamik (mPa/s)
- ρ = densitas sampel (grm/cm³)

Ada beberapa model persamaan penentuan pengaruh suhu terhadap viskositas diantaranya yaitu model persamaan:

1. Model Eksponen

Model eksponensial untuk suhu - ketergantungan viskositas geser (μ) pertama kali diusulkan oleh Reynolds pada tahun 1886.

$$\mu(T) = \mu_0 \exp(-bT)$$

Di mana T adalah suhu dan μ_0 dan b konstanta. Lihat cairan orde pertama dan cairan orde kedua. Ini merupakan model empiris yang biasanya

bekerja untuk berbagai terbatas suhu. Model eksponensial diusulkan untuk mengevaluasi viskositas efektif dari campuran partikel - cairan. Pertama , pertimbangan teoritis dibatasi dengan kondisi encer tanpa efek interaksi partikel dinamis dan turbulensi fluida. Hal ini menyebabkan serangkaian kekuatan dinyatakan dalam konsentrasi partikel , yang dapat dilihat sebagai perpanjangan dari rumus Einstein. Derivasi tersebut kemudian diperpanjang dengan menggunakan model eksponensial untuk kondisi konsentrasi partikel tinggi . Rumus eksponensial diperoleh , yang tidak tunduk pada konsentrasi partikel maksimum, ditemukan sebanding dengan berbagai formula empiris yang ada dalam literatur. Sehingga dari persamaan eksponen di atas dapat dianalisa semakin tinggi suhu maka viskositas akan semakin menurun.

2. Model Arrhenius

Model ini didasarkan pada asumsi bahwa aliran fluida mematuhi persamaan Arrhenius untuk kinetika molekul :

$$\mu(T) = \mu_0 \exp\left(\frac{E}{RT}\right)$$

Di mana T adalah suhu, adalah koefisien, E adalah energi aktivasi dan R adalah konstanta gas universal. Sebuah cairan orde pertama adalah nama lain untuk cairan hukum daya dengan ketergantungan eksponensial viskositas pada suhu. Salah satu model akselerasi yang paling awal dan sukses untuk memprediksi bagaimana temperature terhadap viskositas, model ini di kenal dengan persamaan arrhenius. Sehingga dari persamaan arrheniu di atas dapat dianalisa semakin tinggi suhu maka viskositas akan semakin menurun.

T= Menunjukkan suhu yang di ukur dalam derajat K (273+ °C)

Model arrhenius ini telah berhasil digunakan untuk mekanisme kegagalan yang tergantung pada reaksi-reaksi kimia, proses difusi atau proses perpindahan. Dibutuhkan lebih banyak ampere untuk memecah ikatan dan membuat cairan tersebut mengalir, karena suatu cairan tersusun dari molekul-molekul yang dihubungkan dengan ikatan ampere tetapi ikatan ini akan dipecahkan pada

ampertor yang tinggi oleh perpindahan panas dan energy aktivasi akan menurun dengan nyata. Viskositas cairan akan menurun jika suhu diturunkan, sedangkan viskositas gas akan meningkat jika suhu dinaikan.

3. Viskositas Air

Viskositas persamaan air akurat ke dalam 2,5 % dari 0 ° C sampai 370 ° C:

$$\mu(T) = 2.414 \times 10^{-5} \times 10^{247.8/(T-140)}$$

Di mana T memiliki unit Kelvin , dan μ memiliki unit Kg / ms