

METODA PENGUKURAN VISKOSITAS

Eflita Yohana

Abstrak

Pengukuran viskositas dari fluida penting dilakukan untuk mengetahui kemampuan fluida menahan gaya geser. Metoda pengukuran viskositas fluida dengan menggunakan silinder konsentrik-putar. Viskositas ditentukan berdasarkan jumlah torsi pada dasar silinder dan selubung silinder. Metoda pengukuran dengan aliran pada pipa kapiler viskositas ditentukan berdasarkan laju aliran volume (Q) dan pengukuran penurunan tekanan aliran fluida.

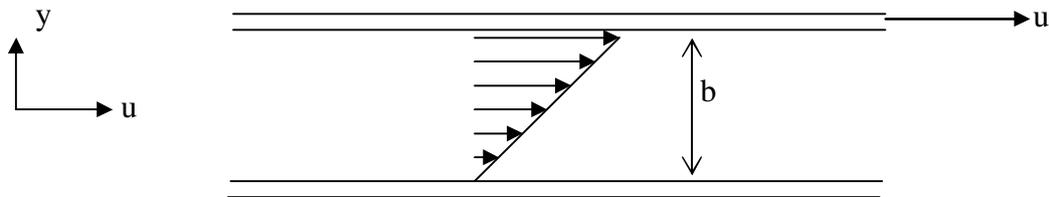
Berbagai metoda dipergunakan untuk pengukuran viskositas. Metoda yang paling umum dipergunakan adalah :

1. Metoda silinder- konsentrik-putar
2. Metoda aliran kapiler

METODA SILINDER-KONSENTRIK-PUTAR

Ditinjau dua plat paralel yang jaraknya relatif dekat satu dan lainnya seperti dibawah ini. Satu plat dalam keadaan stasioner dan yang satu bergerak

dengan kecepatan tetap sebesar u . Ditinjau dari segi konstruksi, sistem ini kurang praktis dan pendekatan konvensional yang mendekati keadaan dua plat paralel adalah silinder konsentrik berputar (lihat gambar dibawah). Silinder dalam stasioner dan dilengkapi dengan alat ukur torsi, sedangkan silinder luar diputar dengan kecepatan sudut ω , tetap. Jika rongga cincin b cukup kecil dibandingkan terhadap jari-jari silinder dalam, maka susunan silinder putar ini mendekati keadaan plat paralel, dan profil kecepatannya pada cincin dapat dianggap linier, sehingga :



Gb.1. Distribusi kecepatan antar plat paralel berukuran cukup besar

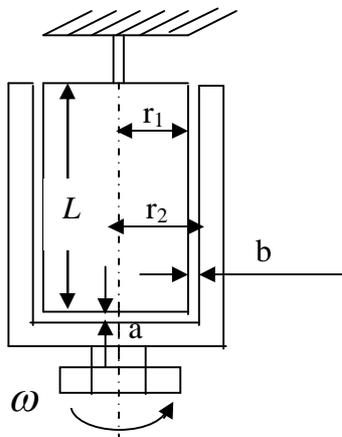
$$\frac{du}{dy} = \frac{u - 0}{b} = \frac{u}{b} = \frac{r_2 \omega}{b}$$

y disini adalah jarak radial dan dianggap $b \ll r_1$. Sekarang jika torsi T diukur maka tegangan geser fluida dapat dinyatakan oleh persamaan :

$$T = F \cdot r_1 \qquad \tau = \frac{F}{A}$$

$$\tau = \frac{T}{r_1 A} \qquad A = 2 \pi r_1 L$$

$$\tau = \frac{T}{2 \pi r_1^2 L} \qquad (1)$$



Viskositas dapat ditentukan berdasarkan kombinasi persamaan-persamaan diatas, sehingga diperoleh persamaan berikut :

$$\mu = \frac{\tau}{du/dy} = \frac{T}{2 \pi r_1^2 L \frac{r_2 \omega}{b}}$$

sehingga
$$\mu = \frac{T \cdot b}{2 \pi r_1^2 r_2 L \omega}$$

$$T = \frac{2\mu\pi r_1^2 r_2 L \omega}{b} \quad (2)$$

Jika susunan silinder konsentrik disusun sedemikian sehingga rongga cincin sejarak a cukup kecil, maka dasar dari "disk" juga akan memberikan andil torsi dan mempengaruhi perhitungan viskositas. Torsi didasar ini ialah :

$$T_d = \int_0^{r_1} Fr = \int_0^{r_1} r \tau dA = \int_0^{r_1} r \frac{\mu r \omega}{a} 2\pi r dr$$

$$T_d = \frac{\mu\pi\omega}{2a} r^4 \quad (3)$$

Sehingga torsi dari ruang cincin dan bagian dasar didapatkan persamaan

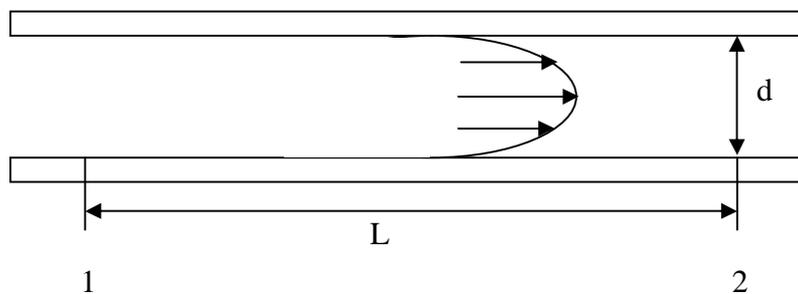
$$T = \mu\pi\omega r_1^2 \left(\frac{r_1^2}{2a} + \frac{2Lr_2}{b} \right) \quad (4)$$

Dari persamaan diatas maka viskositas fluida dapat diketahui bila, torsi, kecepatan sudut dan dimensinya telah di ukur.

METODA ALIRAN KAPILER

Metoda yang lebih umum untuk pengukuran viskositas adalah pengukuran penurunan tekanan pada aliran laminar melalui tabung kapiler.

Pada gambar dibawah ini adalah aliran dalam tabung kapiler dengan dimensi seperti yang tertera.



Gb.3. Aliran laminar dalam tabung kapiler

Bilang Reynold dalam pipa didefinisikan :

$$Re_d = \frac{\rho \bar{V} d}{\mu}$$

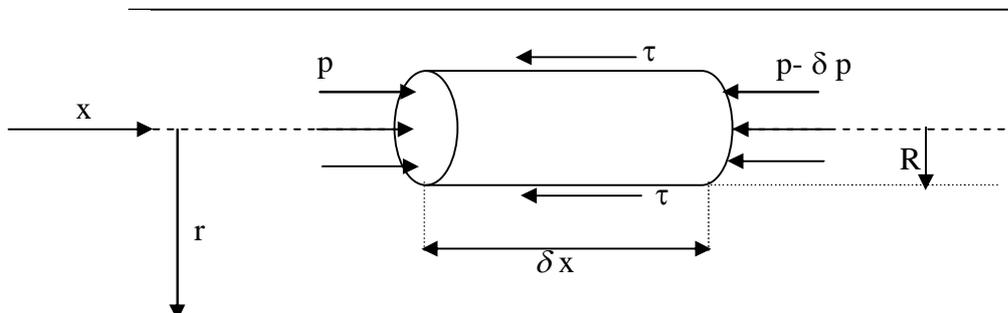
Bila Re kurang dari 1000 aliran dalam tabung adalah laminar dan profil kecepatannya seperti gambar diatas yaitu berbentuk parabola. Jika fluida yang mengalir dalam pipa/ tabung adalah fluida inkompresibel (tak mampu mampat) dan alirannya *steady* maka percepatan

fluida $a = 0$, sehingga dari hukum Newton 2 akan diperoleh $\Sigma F_x = 0$.

Dengan memasukan tegangan geser dan gaya tekan maka hokum Newton 2 dapat diekspresikan sebagai berikut :

$$(p) \pi r^2 - (p - \delta p) \pi r^2 - \tau (2\pi r) \delta x = 0 \text{ diperoleh}$$

$$\tau = \frac{R \delta p}{2 \delta x} \quad (5)$$



Gb.4. Elemen fluida berbentuk silinder dalam pipa

Untuk aliran yang telah berkembang penuh, maka $\frac{\delta p}{\delta x} = \left| \frac{dp}{dx} \right|$, Pada dinding pipa tegangan geser merupakan tegangan geser dinding $\tau = \tau_w$ pada $R=r$ pipa sehingga diperoleh $\tau_w = \frac{r}{2} \frac{\delta p}{\delta x} = \frac{r}{2} \left(\frac{\Delta p_d}{\Delta x} \right)$.

Untuk fluida Newtonian yang mengalir secara laminar maka :

$$\tau = -\mu \frac{du}{dR} \quad (6)$$

Dari persamaan 5 dan 6 diperoleh:

$$\mu \frac{du}{dR} = \frac{R}{2} \frac{\delta p}{\delta x} \quad (7)$$

Dengan mengintegrasikan persamaan 7 maka akan diperoleh :

$$u = -\frac{1}{4\mu} \left(\frac{\delta p}{\delta x} \right) R^2 + \text{konstanta} \quad (8)$$

Pada dinding pipa $u = 0$ dan $R = r$, maka distribusi kecepatan fluida dalam pipa adalah :

$$u = \frac{1}{4\mu} \left(\frac{\delta p}{\delta x} \right) (r^2 - R^2) \quad (9)$$

Kecepatan maksimum u_{maks} terjadi pada $R = 0$ (lihat Gb. 3.)

$$u_{maks} = \frac{r^2}{4\mu} \left(\frac{\delta p}{\delta x} \right) \quad (10)$$

Kecepatan rata-rata adalah :

$$\begin{aligned} \bar{V} &= \frac{\int V_n dA}{A} = \frac{2\pi \int_0^r uR dR}{\pi r^2} \\ &= \frac{2\pi \int_0^r \frac{1}{4\mu} \left(\frac{\delta p}{\delta x} \right) (r^2 - R^2) R dR}{\pi r^2} \\ \bar{V} &= \frac{r^2}{8\mu} \left(\frac{\delta p}{\delta x} \right) = \frac{1}{2} u_{maks} \end{aligned} \quad (11)$$

Sehingga laju aliran volumenya ialah :

$$Q = \bar{V}A = \frac{\pi r^4}{8\mu} \left(\frac{\delta p}{\delta x} \right) \quad (12)$$

Bila rumus 12 di terapkan pada Gb. 2 maka diperoleh laju aliran volume pada pipa kapiler :

$$Q = \frac{\pi r^4}{8\mu} \left(\frac{p_1 - p_2}{L} \right) \quad (13)$$

tekanan aliran fluida ($p_1 - p_2$) . Agar terjamin adanya aliran laminar, ukuran kapiler dipilih yang kecil, sehingga persamaan Reynold dapat digunakan.

Dalam persamaan Reynold $\rho \bar{V}$ dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\rho \bar{V} = \frac{\rho Q}{\pi r^2} = \frac{m}{\pi r^2}$$

DAFTAR DAN ARTI LAMBANG

Huruf Roman

A	Luas , m ²
a	Jarak silinder konsentrik pada arah z,m
b	Jarak silinder konsentrik pada arah y,m
d	Diameter pipa kapiler, m
dR	Jari-jari elemen fluida
$\frac{du}{dy}$	Laju regangan, 1/det
$\frac{dp}{dx}$	Gradien tekanan, N/m ³
F	Gaya geser,N
L	Panjang silinder konsentrik, m
L	Jarak pengukuran pada pipa kapiler, m
\dot{m}	Laju aliran massa, kg/det
p	Tekanan fluida, N/m ²
p ₁ -p ₂	Beda tekanan titik 1 dan 2, N/m ²
Q	Laju aliran volume, m ³
r	Jari-jari pipa kapiler, m
r ₁	Jari-jari silinder konsentrik diam, m
r ₂	Jari-jari silinder konsentrik bergerak, m
T	Torsi, Nm
u	Kecepatan plat yang bergerak, m/det
u	Kecepatan fluida mengalir, m/det
u _{maks}	Kecepatan maksimum fluida mengalir, m/det
\bar{V}	Kecepatan rata-rata fluida, m/det
V _n	Kecepatan normal fluida, m/det

Huruf Yunani

δp	Beda tekanan elemen fluida, N/m ³
δx	Panjang elemen fluida, m
$\frac{\Delta p_d}{\Delta x}$	Gradien tekanan pada dinding pipa, N/m ³
μ	Viskositas fluida, N.det/m ²
π	pi
ρ	Densitas fluida, kg/m ³
τ	Tegangan geser, N/m ³
τ_w	Tegangan geser dinding, N/m ³
ω	Kecepatan sudut, rad/ det
Re_d	Bilangan Reynold pipa

DAFTAR PUSTAKA

1. Benedict,R.P., 1980, "*Fundamental of Pipe Flow*", John Wiley and sons, Newyork
2. Philip M.Gerhart and RichardJ.Gross.,1985, "*Fundamentals of Fuid Mechanics*", .415-417, Addison-Wesley Publishing Company, Reading Massachusetts.
3. Robert W.Fox and Alan T. McDonald., 1994, "*Introduction To Fluid Mechanics*", Four Edition, 25,29, John Wiley and sons, Inc., Newyork.
4. Soetomo P., 1988/1989, "*Petunjuk Pemakaian Laboratorium*", 65-66, PAU Ilmu Teknik, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.