NILAI KOEFISIEN VISKOSITAS DIUKUR DENGAN METODE BOLA JATUH DALAM FLUIDA VISKOS

Soebyakto, M. Fajar Sidiq, Drajat Samyono
[1,2] Dosen Prodi Teknik Mesin
Universitas Pancasakti Tegal

Abstrak

Metode Bola Jatuh dalam fluida viskos, dapat digunakan untuk mengukur kekentalan fluida di dalam pipa. Dalam dunia otomotif pengetahuan tentang nilai viskositas dari berbagai jenis pelumas sangat dibutuhkan karena tiap-tiap mesin membutuhkan kekentalan pelumas yang berbeda. Pada saat ini sangat jarang ditemukan alat untuk menentukan nilai viskositas suatu cairan, yaitu viskometer. Waktu penelitian viskositas suatu fluida yang memiliki kekentalan, dilakukan pada bulan Desember 2016 – Pebruari 2017. Tempat Penelitian di Laboratorium Fisika Fakultas Teknik – Universitas Pancasakti Tegal. Metode bola logam dijatuhkan secara jatuh bebas didalam fluida viskos. Untuk dapat mengetahui kecepatan bola jatuh, di luar pipa diberi beban yang massanya lebih kecil daripada massa bola logam. Waktu tempuh benda di luar pipa dari dua titik pada jarak ketinggian tertentu diamati, sehingga diperoleh data waktu tempuh bola jatuh (t) dan jarak tempuhnya (h). Nilai koefisien viskositas fluida ditentukan berdasarkan persamaan dari gaya-gaya yang bekerja pada bola logam yang bergerak di dalam fluida viskos. Gaya-gaya tersebut antara lain gaya apung, gaya gesekan berdasarkan hukum Stokes, dan gaya berat. Analisa dilakukan dengan asumsi percepatan benda yang bergerak di luar pipa dan di dalam pipa adalah tetap, maka kecepatan bola logam jatuhnya dapat ditentukan. Koefisien viskositas fluida dari persamaan hukum Stokes dapat diperoleh, $\eta = 238{,}76$. Manfaat penelitian ini untuk menentukan kekentalan pelumas mesin, alat dan konsep dasar pengembangan pengukuran viskositas dapat digunakan untuk sarana dan prasarana praktikum fisika.

Kata Kunci : viskositas, kekentalan, koefisien

PENDAHULUAN

Salah satu sifat yang berhubungan dengan zat cair adalah kental (viscous), dimana setiap zat cair memiliki koefisen kekentalan yang berbeda-beda. Dalam dunia otomotif pengetahuan tentang nilai viskositas dari berbagai jenis pelumas sangat dibutuhkan karena tiap-tiap mesin membutuhkan kekentalan pelumas yang berbeda. Pada saat ini sangat jarang ditemukan alat untuk menentukan nilai viskositas suatu cairan, yaitu viskometer.

Kekentalan adalah sifat suatu zat cair (fluida) disebabkan adanya gesekan antara molekul-molekul zat cair dengan gaya kohesi pada zat cair tersebut. Gesekan-gesekan inilah yang menghambat aliran zat cair. Besarnya kekentalan zat cair (viskositas) dinyatakan dengan suatu bilangan yang menentukan kekentalan suatu zat cair.

Viskositas suatu fluida merupakan daya hambat yang disebabkan oleh gesekan antara molekul-molekul cairan, yang mampu menahan aliran fluida sehingga dapat dinyatakan sebagai indikator tingkat kekentalannya. Nilai kuantitatif dari viskositas dapat dihitung dengan membandingkan gaya tekan per satuan luas terhadap gradien kecepatan aliran fluida.Metode yang sudah dikenal sejak lama untuk mendapatkan nilai viskositas adalah metode bola jatuh (*falling ball method*) dengan prinsip Hukum Stokes.

METODE PENELITIAN

Metode bola jatuh (*falling ball method*) dengan prinsip Hukum Stokes (Gambar 2.1) (Leont'ev & Vakhrushev 1976; Lommatzsch *etal.* 2001; Fujita *et al.* 2003; Fujita *et al.* 2005; Brizard *et al.* 2005). Mengacu pada Gambar 3.1, maka berlaku persamaan berikut:

$\Sigma F = 0$ (2.1)

$$F_{apung} + F_{\eta} + (-mg) = 0 \quad (2.2)$$

$$F_{apung} = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_1 g \quad (2.3)$$

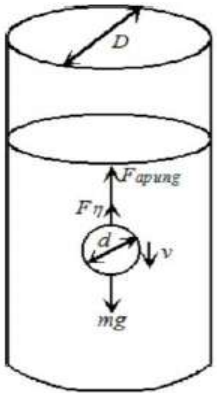
Hukum Stokes : $F_{\eta} = 6\pi\eta r v$ (2.4)

$$m = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_o \quad (2.5)$$

Dengan memasukkan gaya apung persamaan (2.3), gaya gesekan dari Hukum Stokes persamaan (2.4), massa bola jatuh persamaan (2.5) ke persamaan (2.2), maka diperoleh nilai koefisien viskositas :

$$\eta = \frac{2}{9}\frac{r^2 g}{v}(\rho_o - \rho_1) \quad (2.6)$$

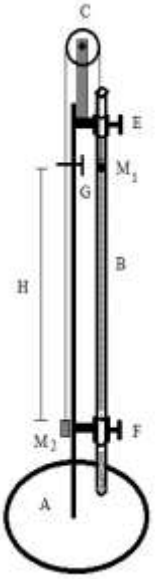
Dimana r = jari-jari bola logam, g = percepatan gravitasi, ρ_o = massa jenis bola logam, ρ_1 = massa jenis fluida, dan v = kecepatan bola logam jatuh dalam fluida viskos.



Gambar 2.1 Gaya-gaya yang bekerja pada bola logam di dalam fluida viskos

Francis (1933), memberikan fungsi Efek Wall yang hingga sekarang menjadi rujukan utama pengembangan metode bola jatuh. Efek Wall tersebut merupakan parameter faktor koreksi dalam menentukan nilai viskositas cairan menggunakan metode bola jatuh disebabkan oleh rasio diameter bola (*d*) terhadap diameter tabung (*D*) mempengaruhi kecepatan jatuh bola.

Metode bola logam yang dijatuhkan dalam fluida kental, untuk mendapatkan nilai koefisien viskositas pada penelitian ini, digambarkan pada gambar 2.2.



A = Penumpu
B = Pipa logam galvani
C = Katrol
E , F = Penjepit pipa
H = jarak tempuh beban
G = Batas akhir waktu tempuh
M_1 = Bola logam
M_2 = Beban

Gambar 2.2 Alat Ukur Viskositas metoda bola jatuh

$W - Fa - F - T = M_1.a$

$\frac{4}{3}\pi r^3 g\rho - \frac{4}{3}\pi r^3 g\rho_o - 6\pi\eta r v - T = M_1.a$

$T - W_2 = M_2.a$

$T = M_2.a + M_2.g = M_2(a+g)$

$\frac{4}{3}\pi r^3 g(\rho - \rho_o) - 6\pi\eta r v - M_2(a+g) = \frac{4}{3}\pi r^3 a(\rho - \rho_o)$

$$\frac{4}{3}\pi r^3(\rho - \rho_o)(g - a) - M_2(a + g) = 6\pi\eta r v$$

$$\eta = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3(\rho - \rho_o)(g - a) - M_2(a + g)}{6\pi r v}$$

$$H = v_o t + \tfrac{1}{2}at^2 = \tfrac{1}{2}at^2$$

$$a = \frac{2H}{t^2}$$

$$v = v_o + at = at$$

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^{n}\eta_i}{n}$$

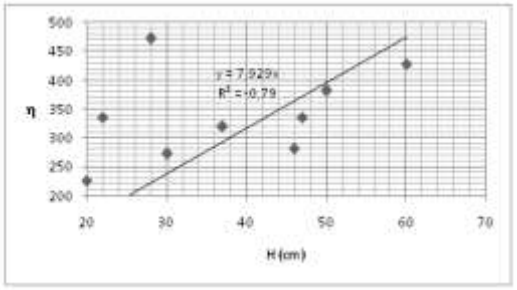
HASIL DAN ANALISA PENELITIAN

Massa bola logam yang dijatuhkan, M_1 = 20,4 gram.
Diameter bola logam, d_1 = 16,75 mm, jari-jari bola logam, r_1 = 8,375 mm
Massa bola plastik, M_2 = 0,8 gram.
Diameter bola plastic, d_2 = 11,2 mm, jari-jari bola plastic, r_2 = 5,6 mm

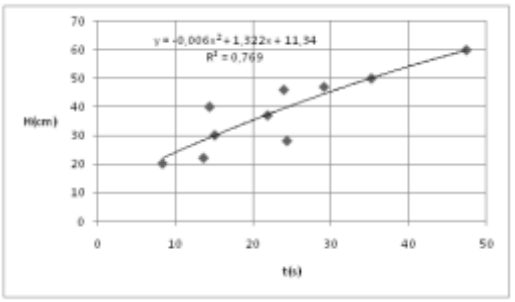
Tabel 3.1 Koefisien Viskositas

No.	H (cm)	t (s)	a	v	η
1	28	24,37	0,094	2,30	471,88
2	40	14,41	0,385	5,55	195,25
3	47	29,13	0,111	3,23	336,02
4	60	47,44	0,053	2,53	428,70
5	50	35,22	0,081	2,84	381,91
6	46	23,96	0,160	3,84	282,38
7	30	15,08	0,264	3,98	272,48
8	20	8,36	0,572	4,78	226,51
9	37	21,87	0,155	3,38	320,45
10	22	13,63	0,237	3,23	335,85

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^{n} \eta_i}{n} = 325{,}14$$



Gambar 3.1 Grafik Viskositas (η) terhadap ketinggian (H)



Gambar 3.2 Grafik Ketinggian Bola logam terhadap waktu

Tabel 3.2 Nilai Koefisien Viskositas berdasarkan Referensi

SAE viscosity number	Saybolt viscosity range, sec, at 130°F
10	90-120
20	120-185
30	185-255
40	255

SAE viscosity number	Saybolt viscosity range, sec, at 210°F
40	80
50	80-105
60	105-125
70	125-150

Hasil penelitian diperoleh, nilai koefisien viskositas rata-rata terhadap deviasinya :

$$\eta = \bar{\eta} \pm \sigma = 325 \pm 86{,}24$$

Nilai koefisien viskositas tersebut, dapat diartikan bahwa

$$\eta = 325 - 86{,}24 = 238{,}76$$

KESIMPULAN

(1) Nilai viskositas suatu fluida yang memiliki kekentalan yang digunakan dalam pelumasan mesin jenis CASTROL 60 4T 20W-40, berdasarkan penelitian dengan alat ukur viskositas metoda bola logam jatuh adalah 238,76. Nilai viskositas berdasarkan referensi dari oli jenis nilai viskositas SAE 40 adalah 255. Ada perbedaan nilai

sebesar 16,24. Perbedaan ini disebabkan karena perbedaan metode pengukuran vikositas. Pada penelitian yang dilakukan, panjang benang dan oli yang menempelnya tidak ikut diperhitungkan. Hal ini, antara lain yang mempengaruhi hasil nilai koefisien viskositas yang didapat.

(2) Sistem pengukuran viskositas dengan metode pengukuran kecepatan bola jatuh di dalam fluida kental dalam penelitian ini, merupakan pengembangan metode pengukuran viskositas dari bola logam yang dijatuhkan secara bebas langsung dari atas permukaan fluida kental.

(3) Karakteristik nilai viskositas fluida akibat bola logam yang dijatuhkan bebas dengan ketinggian yang berbeda-beda, digambarkan pada grafik nilai koefisien viskositas terhadap jarak tempuh bola logam (gambar 4.1).

DAFTAR PUSTAKA

Ita Trie Wahyuni, 2012, Laporan Kimia Fisika Viskositas Zat Cair, http://itatrie.blogspot.co.id/2012/10/laporan-kimia-fisika-viskositas-zat-cair.html

Jesse Juan Fritz Parluhutan Lumbantobing, dkk, 2012, Pemanfaatan Kamera Digital Dalam Menentukan Nilai Viskositas Cairan, https://www.academia.edu/11345233/JURNAL_PENELITIAN_FISIKA_TENTANG_VISKOSITAS_I_Repaired.

Brizard, M., Megharfi, M., Fredier, C & Mahe, E. 2005. Design of a high precision falling ball viscosimeter, *Review of Scientific Instruments* 76 (2).

Dorsey, N.E. 1940. *Properties of ordinary water substance*. New York press.

Francis, Alfred W. 1933. Wall effect in falling ball method for viscosity. *Physics* 4, 403.

Fujita, Yoshitaka, Naoki Kuramoto, Yasumitsu Kurano & Kenichi Fujii. 2003. An absolute measurement of theviscosity by the falling ball method. *Proceeding of 14th Conference on the Properties of Water and Steam inKyoto*.

Fujita, Yoshitaka, Naoki Kuramoto, Yasumitsu Kurano & Kenichi Fujii. 2005. A study on an absolute measurement of the viscosity by the Falling Ball Method for a primary viscosity standard : development of a velocity measurement system for falling ball. *Thermophysics Journal.* Volume 26 Page 430-432.

Gottlieb & Moshe. 1979. Zero-shear-rate viscosity measurements for polymer solutions by falling ball viscometry. *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics*. Volume 6, Issue 2, 1979, Pages 97-109.

Leont'ev, A.P & Vakhrushev, I.A. 1976. Experimental determination of effective viscosity of fluidized beds by falling-ball method. *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*. 12(4) : 294-297.

Lommatzsch T, Megharfi, M, Mahe, E & Devin, E. 2001. Conceptual study of an absolute falling-ball viscometer. *Metrologia*. 38 531.

Rr. Sinta Kusuma Ningrum, Moh. Toifur, 2014, Penentuan Viskositas Larutan Gula Menggunaan Metode Vessel Terhubung Viscosimeter Berbasis Video Based Laboratory dengan Software Tracker, http://pf.uad.ac.id/wp-content/uploads/12-Penentuan-Viskositas-Larutan-Sinta-Kusumaningrum.pdf.

Sonia Wulandari, 2016, Viskositas Zat Cair, https://www.academia.edu/6832104/Viskositas_Zat_Cair, [30/08/2016, 05:17]

Warsito, dkk, 2012, Desain dan Analisis Pengukuran Viskositas dengan Metode Bola Jatuh Berbasis Sensor Optocoupler dan Sistem Akuisisinya pada Komputer, http://ejournal.unri.ac.id/index.php/JN/article/viewFile/839/832