

RANCANG BANGUN VISKOMETER ROTASI SEBAGAI PENGUKUR KEKENTALAN FLUIDA CAIR

Rizqi Rindra Firmansyah¹, Imam Sucahyo²

^{1,2}Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya

Email: rizqifirmansyah@mhs.unesa.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan viskometer rotasi berbasis mikrokontroler dan menganalisis nilai koefisien dan taraf ketelitian viskositas cairan dari alat yang dirancang bila dibandingkan dengan koefisien viskositas teoritisnya. Penelitian ini dilakukan dengan merancang suatu viskometer dengan model rotasi silinder sesumbu. Metode pengujian yang digunakan yaitu dengan mengukur kecepatan motor DC pada zat cair dan arus kemudian dimasukkan ke dalam persamaan viskositas. Cairan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Oli dengan kode SAE 20, SAE 30 dan SAE 40. Hasil percobaan diperoleh nilai koefisien viskositas cairan oli SAE 20, SAE 30 dan SAE 40 berturut-turut dengan nilai $h = 20$ mm, 30 mm, 40 mm, 50 mm, 56 mm nilai viskositasnya $\eta = 124,49$ cP ; 126,45 cP ; 125,42 cP ; 125,46 cP ; 125,96 cP; untuk cairan oli SAE 30 nilai viskositasnya $\eta = 205,08$ cP ; 204,66 cP ; 203,92 cP ; 204,34 cP ; 204,76 cP dan untuk cairan oli SAE 40 nilai viskositasnya $\eta = 324,99$ cP ; 325,77 cP ; 327,60 cP ; 327,95 cP ; 327,78 cP. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, viskometer rotasi ini dapat melakukan pengukuran dengan tingkat akurasi mencapai 99%.

Kata Kunci : Viskometer, Viskositas, *rotary encoder*

Abstract

The purpose of this study is to produce a microcontroller-based rotational viscometer and analyze the coefficient values and the level of accuracy of the viscosity of the liquid from a tool designed when compared with the theoretical viscosity coefficient. This research was carried out by designing a viscometer with an axis cylinder rotation model. The test method used is by measuring the DC motor speed on the liquid and the current then put into the viscosity equation. The liquid used in this study is Oli with the code SAE 20, SAE 30 and SAE 40. The experimental results obtained the value of oil viscosity coefficient of SAE 20, SAE 30 and SAE 40 respectively with values $h = 20$ mm, 30 mm, 40 mm, 50 mm, 56 mm viscosity value $\eta = 124.49$ cP; 126.45 cP; 125.42 cP; 125.46 cP; 125.96 cP; for SAE oil liquid 30 the value of viscosity $\eta = 205.08$ cP; 204.66 cP; 203.92 cP; 204.34 cP; 204.76 cP and for SAE oil liquid 40 the viscosity value is $\eta = 324.99$ cP; 325.77 cP; 327.60 cP; 327.95 cP; 327.78 cP. Based on the results of the research that has been done, this rotational viscometer can carry out measurements with an accuracy of 99%.

Keywords: Viscosity, Rotational Viscometer, Rotary Encoder.

PENDAHULUAN

Fisika mempelajari gejala alam secara fisis, yaitu benda-benda nyata yang setiap perubahannya dapat diukur menggunakan alat ukur. Perkembangan ilmu Fisika memungkinkan kita untuk mengamati dan menganalisis gejala alam tersebut, sehingga dapat diperoleh data yang akhirnya menjadi sebuah teori tentang kejadian-kejadian secara fisis.

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi menuntut adanya suatu sistem pengukuran yang lebih efisien dan efektif serta mempunyai akurasi handal dengan ketelitian yang mendekati 100%, tak terkecuali pada viskometer. Viskometer merupakan suatu sistem alat pengukur nilai viskositas suatu zat cair. Metode untuk mengukur nilai viskositas yang secara umum antara lain viskometer bola jatuh dan viskometer rotasi.

Peneliti merancang viskometer berbasis mikrokontroler. Rancang bangun viskometer yang akan dibuat memanfaatkan kecepatan putaran motor DC pada zat cair dan arus motor DC untuk menentukan viskositas. Peneliti akan menggunakan sensor optocoupler untuk

mendeteksi kecepatan putar motor DC dan sensor INA219 untuk mendeteksi arus dan tegangan listrik pada pengujian. Kedua besaran tersebut akan dioperasikan dalam persamaan viskositas melalui pemrograman pada mikrokontroler Arduino Nano.

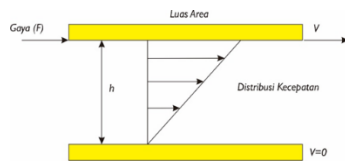
Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan viskometer rotasi berbasis mikrokontroler dan menganalisis nilai koefisien dan taraf ketelitian viskositas cairan dari alat yang dirancang bila dibandingkan dengan koefisien viskositas teoritisnya. Penelitian ini dilakukan dengan merancang suatu viskometer dengan model rotasi silinder sesumbu..

Viskositas

Viskositas dapat dinyatakan sebagai tahanan aliran fluida yang merupakan gesekan antara molekul-molekul cairan. Suatu jenis cairan yang mudah mengalir, diartikan nilai viskositasnya rendah, dan sebaliknya cairan sulit mengalir diartikan nilai viskositasnya tinggi. Pada hukum aliran viskos, Newton mengatakan hubungan antar gaya mekanikanya dari suatu aliran viskos sebagai :

“Geseran dalam (viskositas) fluida adalah konstan sehubungan dengan gesekannya”.

Aliran viskos dapat digambarkan dengan dua buah bidang sejajar yang dilapisi fluida tipis diantara kedua bidang tersebut seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Aliran Viskos

Sebuah bidang dengan permukaan bawah yang terdapat batas oleh lapisan fluida dengan tebal h , sejajar dengan sebuah bidang permukaan atas yang bergerak dengan luas A . Jika bidang bagian atas itu ringan, yang berarti tidak memberikan beban pada lapisan fluida di sisi bawah, maka gaya yang ada pada lapisan fluida adalah nol. Sebuah gaya F diberikan pada bidang atas yang membuat Bergeraknya bidang atas dengan kecepatan konstan v , maka fluida dibawahnya tersebut akan membentuk lapisan – lapisan yang saling bergeseran. Setiap lapisan itu akan menghasilkan tegangan geser (σ) :

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Dengan kecepatan lapisan fluida paling atas sebesar v , sedangkan kecepatan lapisan fluida yang berada paling bawah adalah nol. Sehingga kecepatan geser (γ) di suatu tempat pada jarak y dari bidang tetap tanpa adanya tekanan fluida adalah :

$$\gamma = \frac{dv}{dy} \quad (2)$$

Pada fluida variabel perbandingan nilai kecepatan geser dengan tegangan geser adalah konstan, sehingga dari besaran kecepatan geser (γ) dan tegangan geser (σ) akan dihasilkan persamaan viskositas (η) sebesar :

$$\eta = \frac{\sigma}{\gamma} \quad (3)$$

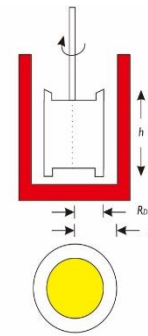
Parameter (η) ini diartikan sebagai viskositas absolut (dinamis) dari suatu fluida. Dengan menggunakan satuan internasional : $N, m^2, m, m/s$ untuk gaya, luas area panjang dan kecepatan, maka besaran viskositas dapat dinyatakan dengan :

$$\eta = \frac{\sigma}{\gamma} = \frac{N/m^2}{m/ms} = Pa.s \quad (4)$$

Viskometer Rotasi

Viskometer adalah sebuah alat yang digunakan sebagai pengukur kekentalan fluida. Viskometer yang sering digunakan berupa viskometer peluru jatuh, tabung (pipa kapiler) dan sistem rotasi. Viskometer rotasi silinder sesumbu dibuat berdasarkan 2 jenis yaitu system Searle dimana silinder bagian dalam berputar dengan silinder bagian luar diam dan system Couette dimana bagian luar

silinder yang diputar sedangkan bagian dalam silinder diam.



Gambar 2, Viskometer Rotasi

Silinder dalam dengan nilai jari – jari R_D dan tinggi bernilai h berputar dengan kecepatan sudut konstan ω pada silinder luar dengan nilai jari – jari R_L , dimana $R_L > R_D$. Jarak antara R_L dan R_D tidak berpengaruh kepada besar nilai viskositas fluida Newtonian meskipun R_L dan R_D mempengaruhi nilai tegangan geser dan kecepatan geser, karena viskositas pada fluida Newtonian hanya berpengaruh karena tekanan dan suhu. Gaya F yang ada pada fluida dengan jarak r diantara kedua silinder $R_D < r < R_L$ menghasilkan tegangan geser σ pada fluida yang dinyatakan dengan persamaan:

$$\sigma = \frac{T}{2\pi r^2 h} \quad (5)$$

Dimana, σ = tegangan geser (N/m^2), T = torsi ($N.m$) dan h = tinggi (m)

T atau torsi yang bekerja pada fluida yang merupakan hasil kali antara gaya (F) yang dikenakan oleh silinder dalam yang berputar dengan jarak fluida dari pusat silinder (r). Sedangkan kecepatan gesernya dinyatakan dengan persamaan :

$$\gamma = \frac{du}{dy} = -\frac{dv}{dy} = -\frac{d\omega}{dr} = -\frac{2\pi r f}{dr} = -2\pi f \quad (6)$$

Sehingga dari penurunan persamaan (6), diperoleh persamaan untuk kecepatan geser :

$$\gamma = -2\pi f \quad (7)$$

Hubungan dari kecepatan geser dan tegangan geser dapat menghasilkan persamaan nilai viskositas fluida Newtonian sebagai :

$$\eta = \frac{\sigma}{\gamma} \quad (8)$$

Kemudian unsur variabel dari persamaan tegangan geser (σ) dan kecepatan geser (γ) dimasukkan sehingga diperoleh persamaan viskositas :

$$\eta = \frac{T}{4\pi^2 f h} \left[\frac{1}{r_D^2} - \frac{1}{r_L^2} \right] \quad (9)$$

Dari persamaan (9) dapat dijabarkan dengan memasukkan nilai torsi (T), dimana untuk persamaan torsi dapat dinyatakan dengan :

$$T = \frac{v.I}{2\pi f_0} \quad (10)$$

Dengan memasukkan nilai Torsi (T), maka persamaannya menjadi :

$$\eta(cP) = \frac{V.I}{8\pi^3 f f_0 h} \left[\frac{1}{r_D^2} - \frac{1}{r_L^2} \right] cP \quad (11)$$

(Febrianto, 2012)

dimana :

η : viskositas cairan (cP)

V : nilai tegangan input (V)

I : nilai arus pada motor (mA)

f : kecepatan rotasi silinder dalam dengan beban (Hz)

f_0 : kecepatan rotasi silinder dalam tanpa beban (Hz)

h : tinggi silinder dalam (m)

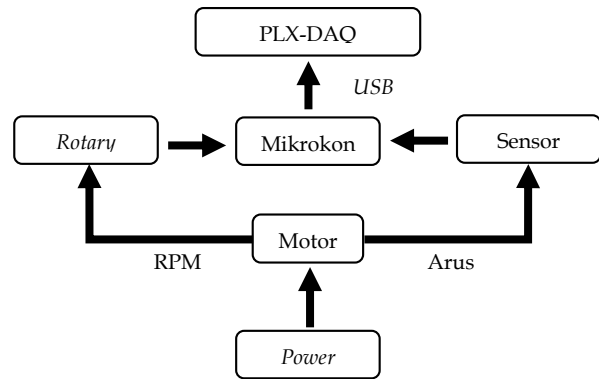
r_d : jari-jari silinder dalam (m)

r_l : jari-jari silinder luar (m)

METODE

Dari perumusan masalah yang didapatkan, solusi dari permasalahan ditentukan melalui kajian pustaka baik secara teoritis maupun empiris. Berdasarkan kajian pustaka yang diperoleh, ditentukan metode pengujian yaitu dengan mengukur kecepatan motor DC pada zat cair dan arus kemudian dimasukkan ke dalam persamaan viskositas. Peneliti menentukan sensor rotary encoder sebagai pendeteksi kecepatan motor DC dan sensor INA219 sebagai pengukur arus. Setelah tahap design selesai dilakukan, tahap berikutnya yaitu tahap develop dengan melakukan kalibrasi sensor. Peneliti menggunakan tachometer sebagai kalibrator sensor rotary encoder. Jika diperoleh hasil sesuai dengan kalibrator, maka penelitian dilanjutkan pada tahap implement. Jika sebaliknya, maka dilakukan pengulangan pada tahap perancangan alat dan metode pengujian. Tahap implement dilakukan dengan menguji alat dengan cairan yang ditentukan yaitu oli SAE 20, SAE 30, dan SAE 40. Data hasil pengujian alat kemudian dianalisis sehingga diperoleh kesimpulan penelitian berupa kinerja viskometer rotasi dan saran untuk penelitian selanjutnya.

Pada rancang bangun instrumen ini, peneliti menggunakan sensor arus INA219 dan rotary encoder dengan modul sensor optocoupler yang digunakan untuk mengukur frekuensi putarannya. Sensor arus INA219 memiliki 4 pin yang dihubungkan ke arduino yaitu VCC, GND, SCL, SDA. Sedangkan untuk modul sensor kecepatan ada 3 pin yang digunakan yaitu VCC, GND dan DO. Pin DO dihubungkan ke pin digital 2 (INT0) karena pin data tersebut hanya bisa masuk pada pin interup digital. Gambar 3 menunjukkan diagram blok perancangan rangkaian elektriknya.



Gambar 3. Diagram Blok Alat

Tegangan diberikan pada Motor DC sebesar 5 VDC dan kepada rangkaian elektrik sebesar 5 VDC. Tegangan yang diberikan berasal dari Power Supply. Sensor Rotary Encoder dan Sensor INA219 yang dirangkai dengan Motor DC dihubungkan dengan Arduino sebagai mikrokontrolernya. Ketika motor bekerja maka nilai rpm motor akan dibaca oleh rotary encoder dan arus motor dibaca oleh INA219 yang kemudian diproses oleh Arduino. Selanjutnya nilai yang didapat ditampilkan oleh software yang bernama PLX-DAQ.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kalibrasi Alat



Gambar 4. Grafik Hubungan Rpm yang Terukur oleh Rotary Encoder dengan Kalibrator (Tachometer)

Dari grafik pada gambar 4 diperoleh persamaan $y = 1,0384x$, persamaan tersebut menggambarkan hubungan positif atau dapat dikatakan peningkatan variabel sejalan dengan peningkatan variabel y , dimana x adalah nilai rpm yang terukur oleh tachometer dan y adalah nilai rpm yang terukur oleh rotary encoder. Koefisien 1,0384 maksudnya adalah nilai rpm yang terukur oleh tachometer 1 rpm sama dengan 1,0384 rpm pada rotary encoder.

Setelah viskometer selesai dibuat, kemudian dilakukan pengujian yang meliputi uji pembacaan sensor

rotary encoder, dimana hasil yang diperoleh yaitu nilai rpm yang semakin besar tiap tegangan dinaikkan dan uji linieritas nilai rpm yang terukur oleh rotary encoder dengan kalibrator yang diperoleh hasil bahwa nilai rpm yang terbaca oleh rotary encoder telah terkalibrasi atau sesuai dengan kalibrator (tachometer). Langkah selanjutnya yaitu penerapan alat pada pengukuran nilai koefisien cairan dimana cairan yang digunakan adalah oli dengan kode SAE 20, SAE 30 dan SAE 40.

Hasil Pengujian Alat

Hasil dari penelitian ini adalah pengukuran nilai koefisien viskositas cairan oli dengan kode SAE 20, SAE 30 dan SAE 40. Nilai koefisien viskositas diperoleh dengan menggunakan persamaan (11) sehingga didapat nilai koefisien viskositas pada tabel 1.

Tabel 1. Data Percobaan Nilai Koefisien Viskositas Oli

Jenis Oli	Tinggi Silinder (mm)	Viskositas (cP)		Error (%)
		Percobaan	Teoritis	
SAE 20	20	126,45	125	1,16
	30	125,42		0,34
	40	125,46		0,36
	50	125,96		0,77
	56	124,49		0,41
SAE 30	20	205,08	200	2,54
	30	204,66		2,33
	40	203,92		1,96
	50	204,34		2,17
	56	204,76		2,38
SAE 40	20	324,99	319	1,88
	30	325,77		2,12
	40	327,60		2,7
	50	327,95		2,8
	56	327,78		2,75

Nilai koefisien viskositas cairan oli SAE 20 pada tabel teoritik adalah 125 cP, selanjutnya didapatkan nilai koefisien viskositas (η) dengan nilai $h = 20$ mm, 30 mm, 40 mm, 50 mm, 56 mm berturut-turut nilai viskositasnya $\eta = 124,49$ cP ; 126,45 cP ; 125,42 cP ; 125,46 cP ; 125,96 cP dengan error berturut-turut sebesar 1,16 % ; 0,34 % ; 0,36 % ; 0,77 % ; 0,41 % untuk cairan oli SAE 30 pada tabel teoritik adalah 200 cP, selanjutnya didapatkan nilai koefisien viskositas (η) dengan nilai $h = 20$ mm, 30 mm, 40 mm, 50 mm, 56 mm berturut-turut nilai viskositasnya $\eta = 205,08$ cP ; 204,66 cP ; 203,92 cP ; 204,34 cP ; 204,76 cP dengan error berturut-turut sebesar 2,54 % ; 2,33 % ; 1,96% ; 2,17 % ; 2,38 % dan untuk cairan oli SAE 40 pada tabel teoritik adalah 319 cP, selanjutnya didapatkan nilai koefisien viskositas (η) dengan nilai $h = 20$ mm, 30 mm, 40 mm, 50 mm, 56 mm berturut-turut nilai viskositasnya $\eta = 324,99$ cP ; 325,77 cP ; 327,60 cP ; 327,95 cP ; 327,78 cP dengan error berturut-turut sebesar 1,88 % ; 2,12 % ; 2,7 % ; 2,8 % ; 2,75 % . Nilai koefisien viskositas oli pada tiap kode berbeda, semakin besar nilai pada kode maka nilai koefisien viskositasnya semakin besar.

Sesuai tabel diketahui nilai koefisien viskositas pada masing – masing jenis kode oli SAE 20, SAE 30 dan SAE 40 dengan manipulasi nilai h , dimana nilai error koefisien viskositas terkecil sebesar 0,34 % terdapat pada cairan kode oli SAE 20 dengan $h = 30$ mm. Sedangkan nilai error koefisien viskositas terbesar sebesar 2,8 % terdapat pada cairan kode oli SAE 40 dengan $h = 50$ mm. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya suhu ruangan dan wadah cairan untuk pengukuran. Suhu pada ruangan saat pengukuran dilakukan harusnya sama dengan suhu ruangan yang terdapat pada nilai koefisien viskositasnya. Suhu yang terdapat pada tabel teoritisnya adalah 20°C, sedangkan saat pengukuran dilakukan pada malam hari dimana suhu diperkirakan lebih besar dari 20°C. Kemudian saat dilakukan pengukuran yang dimulai dari pengukuran oli SAE 20, oli SAE 30 hingga SAE 40 wadah cairan yang dilakukan pengukuran tidak dibersihkan terlebih dahulu sehingga bekas oli sebelumnya bercampur dengan oli yang akan diukur selanjutnya. Pada oli SAE 20 faktor ini tidak berpengaruh karena pengukuran dilakukan pertama kali, inilah yang menyebabkan ketelitian pada alat yang semakin kecil pada pengukuran pada oli SAE 30 dan SAE 40. Untuk manipulasi nilai tinggi silinder dalam (h) tidak berpengaruh pada perhitungan nilai viskositasnya karena berapapun nilai h tidak akan mempengaruhi nilai koefisien viskositas cairan. Dari data pengukuran yang diperoleh, Viskometer Rotasi mampu mencapai keakurasian 99,66 %.

PENUTUP

Simpulan

Sesuai dengan hasil dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil dari rancangan Viskometer Rotasi berbasis mikrokontroler terbukti dapat mengukur nilai koefisien viskositas dari cairan oli SAE 20, SAE 30 dan SAE 40;
2. Pengukuran nilai koefisien viskositas zat dengan menggunakan Viskometer Rotasi berbasis mikrokontroler mampu mencapai keakurasian 99,66 %.

Saran

Dalam pembuatan Viskometer Rotasi berbasis mikrokontroler ini tidak luput dari kekurangan, diharapkan pembuatan alat ukur serupa yang akan dilakukan oleh peneliti selanjutnya lebih baik dengan mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut :

1. Jika suhu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi hasil pengukuran, ruangan yang digunakan saat melakukan pengukuran harus ber-AC

karena AC dapat mengatur suhu sesuai yang diharapkan;

2. Setelah melakukan pengukuran misal pada jenis oli A, pada pengukuran selanjutnya wadah tempat pengukuran harus dicuci terlebih dahulu agar bekas oli tidak ada pada wadah tersebut.

Udonne J. D. 2010. A comparative study of recycling of used lubrication Oils using distillation, acid and activated charcoal with clay methods. *Journal of Petroleum and Gas Engineering* Vol. 2 (2), pp. 12-19

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2012. Lm393 Motor Speed Measuring Sensor Module For Arduino, (Online), (<https://5.imimg.com/data5/VQ/DC/MY-1833510/lm393-motor-speed-measuring-sensor-module-for-arduino.pdf>) diunduh pada 7 Desember 2018.
- Arisandi M, Darmanto, Priangkoso T, Analisa Pengaruh Bahan Dasar Pelumas Terhadap Viskositas Pelumas dan Konsumsi Bahan Bakar, *Momentum*, Vol. 8, No. 1 April 2012 : 56-61.
- Elert, Glenn. 2019. Viscosity, (Online), (<https://physics.info/viscosity/>) diakses 15 Mei 2019.
- Febrianto, Teguh. 2012. Rancang Bangun Alat Uji Kelayakan Pelumas Kendaraan Bermotor Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal . Unnes : Universitas Negeri Semarang*.
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Karyono, Iwan Y. 2008. *Analisa Aliran Berkembang Penuh Dalam Pipa*. Disertasi tidak diterbitkan. Jakarta : Universitas Indonesia.
- Kho, Dickson. 2018. Pengertian Motor DC dan Prinsip Kerjanya, (Online), (<https://teknikelektronika.com/pengertian-motor-dc-prinsip-kerja-dc-motor/>) diakses 12 Desember 2018.
- Mujiman. 2008. Simulasi Pengukuran Nilai Viskositas Oli Mesran SAE 10-40 dengan Penampil LCD. *Telkomnika*, Vol. 6 No. 1. 49-56
- Pinem, Siti Malinda. 2016. Sistem Pengukuran Kadar Aseton Dengan Nafas Berbasis Arduino Nano Dengan Tampilan Android, (Online), (<http://repository.usu.ac.id/handle/123456789/62649>) diunduh pada 7 Desember 2018.
- Priyanto, Sugeng. 2008. Rancang Bangun Viskometer Berbasis PC. Disertasi tidak diterbitkan. Surabaya : Universitas Negeri Surabaya.
- Qomaruddin dan Prasetyo, G. B. 2015. Rancang Bangun Alat Ukur Viskositas Oli Motor Bebek 4 Tak Menggunakan Laser. *Pusat Penelitian Fisika – LIPI*.
- Samdara, Rida., Bahri, Samsul. Dan Muqorobin Ahmad. 2008. Rancang Bangun Viskometer Dengan Metode Rotasi Berbasis Komputer. *Jurnal Gradien*. Vol.4, No.2. pp 342-348.
- Spurk, J.H. and Aksel, N. 2008. *Fluid Mechanics 2nd Edition*. Berlin : Springer-Verlag.
- Stephens, dkk. 2006. Rotary Encoder, (Online), (http://hades.mech.northwestern.edu/index.php/Rotary_Encoder) diakses 12 Desember 2018.