

ARTIKEL RISET

# Studi Penentuan Viskositas Darah Ayam dengan Metode Aliran Fluida di Dalam Pipa Kapiler Berbasis Hukum Poisson

Bambang Murdaka Eka Jati\* dan Anissa Prita Rizkiana

## Abstrak

Telah dilakukan penelitian guna menentukan viskositas darah ayam dengan metode aliran air pada pipa kapiler. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh upaya untuk mengukur viskositas cairan secara mudah dan murah. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur viskositas zat cair, termasuk darah ayam, dengan memanfaatkan persamaan Poiseuille. Eksperimen dilakukan dengan 2 tahap. Pertama, pengukuran debit fluida zat cair dilakukan dengan menggunakan Pipa kapiler pada buret berkran. Caranya, saat jejari tetap maka yang divariasi adalah panjang pipa. Metode eksperimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan metode pipa kapiler, sedangkan metode analisisnya menggunakan metode grafik dan regresi linier, dimana koefisien kekentalan diperoleh dari slope grafik. Diperoleh kesimpulan bahwa Viskositas darah ayam dalam suhu kamar menggunakan pipa kapiler sebesar  $(0,45 \pm 0,24) \times 10^{-2}$  Poise, hasil dari pengukuran tersebut dibandingkan dengan hasil pengukuran viskositas darah ayam menggunakan viskometer Ostwald sebesar  $(0,679 \pm 0,003) \times 10^{-2}$  Poise.

**kata kunci:** persamaan Poiseuille; viskositas; pipa kapiler; darah ayam; Maratus

## Abstract

An experiment for determining the viscosity of chicken's blood by water stream in the capillary tube has been done. This research is aimed to measure the fluid viscosity easily and cheaply. The objective of this research is to measure fluid viscosity, including chicken's blood by using Poiseuille's equation. The experiment is conducted in two stages. First is measurement fluid flow which is using the capillary tube on titration burette. When the radius constant, the length of the tube are varied. A method applied in this research is capillary tube. And the calculation uses the graphic method and linear regression. Viscosity coefficient is obtained from the slope graphic. It is concluded that the viscosity of chicken's blood in the room temperature is  $(0.45 \pm 0.24) \times 10^{-2}$  Poise. The obtained result is well compared with the result of the viscometer Ostwald measurement, which is  $(0.679 \pm 0.003) \times 10^{-2}$  Poise.

**keywords:** Poiseuille's equation; viscosity; capillary tube; chicken's blood

## 1. Pendahuluan

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh semakin besarnya pengaruh fisika pada kehidupan sehari-hari. Besaran ini sudah banyak digunakan untuk standarisasi produk makanan, kesehatan, farmasi. Aplikasi viskositas dalam standarisasi produk, misalnya viskositas dalam industri pangan, industri cat, industri farmasi. Sedangkan aplikasi viskositas dalam bidang kesehatan

antara lain untuk mengetahui kekentalan darah dalam tubuh dan kekentalan urin.

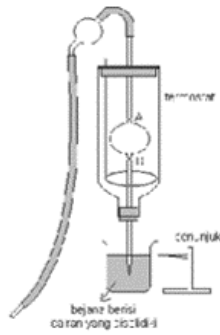
Alat ukur yang digunakan untuk menentukan kekentalan (viskositas) suatu larutan adalah viskometer. Alat ukur kekentalan ini dapat mengukur tingkat kekentalan suatu zat cairan dengan akurat dan spesifiknya sesuai dengan standar yang telah ditentukan [1].

Berhubung pentingnya besaran viskositas maka perlu diketahui metode pengukurannya secara mudah, murah dan teliti. Salah satu metode itu adalah menggunakan metode pipa kapiler sebagai alat ukur kekentalan zat cair [2]. Tentu saja, metode ini

\*Korespondensi: b.murdaka@ugm.ac.id

Laboratorium Fisika Dasar, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Sekip Utara PO BOX BLS 21, 55281 Yogyakarta, Indonesia

Informasi lengkap tentang penulis dapat dilihat pada akhir artikel



Gambar 1: Viskometer Ostwald, disadur dari [3]

dilatar belakangi oleh persamaan Poiseuille. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan viskositas darah ayam dengan memanfaatkan persamaan Poiseuille. Penelitian dilakukan menggunakan metode pipa kapiler dengan variasi panjang pipa. Hasil yang diperoleh dari pengukuran dengan pipa kapiler dibandingkan dengan hasil pengukuran dengan viskometer Ostwald.

## 2. Metode Penelitian

Viskositas zat cair dapat ditentukan dengan viskometer jenis kapiler. Prinsip kerja viskometer jenis kapiler ini adalah dengan mengukur kecepatan alir suatu fluida dengan volume tertentu dalam pipa kapiler. Viskometer kapiler bekerja dengan kecepatan alir suatu larutan dalam suatu pipa tabung. Semakin kecil kecepatan alir larutan, maka semakin besar nilai viskositas. Pipa kapiler dengan panjang pipa  $L$  (m), jari-jari kapiler  $R$  (m), dialiri zat cair dengan volume  $V$  (liter), tekanan  $P$ , viskositas  $\eta$  (Poise) dan dalam waktu  $t$  (sekon) maka diperoleh :

$$\frac{V}{t} = \frac{\pi r^4 P}{8\eta L} \tag{1}$$

Selain itu, pengukuran viskositas dapat dilakukan dengan viskometer Ostwald. Viskosimeter Ostwald bekerja berdasar selang waktu yang dibutuhkan oleh sejumlah larutan tertentu untuk mengalir melalui pipa kapiler oleh gaya yang disebabkan oleh berat larutan itu sendiri, (lihat Gambar 1).

Hukum Poiseuille ditemukan oleh Louis Marie Poiseuille (1799-1869). Poiseuille telah melakukan penelitian guna menyelidiki bagaimana sejumlah faktor seperti perbedaan tekanan, luas penampang dan volume tabung mempengaruhi laju alir fluida. Simpulan dari penelitian tersebut berupa formulasi yang dikenal sebagai persamaan atau Hukum Poiseuille. Apabila volume zat cair yang mengalir

melalui penampang persatuan waktu disebut debit  $Q$ . Maka  $Q$  sebanding dengan  $\Delta P$  jika pipa itu berjejari  $r$ , panjang  $L$  dan darah berviskositas  $\eta$  maka sesuai persamaan Poiseuille dipenuhi :

$$Q = \frac{(\pi r^4 \Delta P)}{8\eta L} \tag{2}$$

dengan  $Q$  volume cairan yang mengalir perdetik ( $m^3/s$ ),  $\Delta P$  beda tekanan antara ujung-ujung pipa ( $N/m^2$ ),  $\eta$  viskositas zat cair ( $Nm/s$ ),  $r$  jari-jari dalam penampang pipa kapiler (m) dan  $L$  panjang pipa kapiler. Agar rumus Poiseuille berlaku, letak pipa kapiler harus horizontal.

Jika zat cair yang diuji berviskositas  $\eta_1$  maka pembandingnya (air) berviskositas  $\eta_2$ , dengan jejari  $r^4$ , densitas ( $S$ ), waktu ( $t$ ), volume ( $V$ ), panjang pipa ( $L$ ). Selanjutnya, hasil perbandingan kedua viskositas itu pada debit yang sama memenuhi persamaan (3) :

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\pi r^4 (S.t)_1}{8VL} \times \frac{8VL}{\pi r^4 (S.t)_2} \tag{3}$$

Persamaan (3) dapat ditulis ulang sebagai berikut

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{S_1 t_1}{S_2 t_2} \tag{4}$$

Persamaan (4) memperlihatkan perbandingan densitas ( $S$ ) dan waktu ( $t$ ) untuk fluida uji (1) dan pembanding (2) [4].

## 3. Metode Eksperiment

Penelitian ini bertujuan mengukur viskositas darah ayam, dengan diawali pengukuran debit alir zat cair dengan 3 jenis bahan fluida, yaitu air, larutan garam dan darah ayam. Penelitian tahap pertama aktivitas yang dilakukan adalah menghitung debit alir zat cair dengan pipa kapiler menggunakan panjang pipa tetap (5 cm) dan jejarnya di variasi. Variasi jejari itu berturut-turut 0,2 cm ; 0,15 cm ; 0,10 cm ; 0,05 cm dan 0,005 cm. Pipa kapiler disambungkan di ujung bawah buret dengan posisi horizontal. Berikutnya, kran dibuka sampai air di dalam buret mengalir dan stopwatch dihidupkan dan selang waktu dicatat, hingga ketinggian air di dalam buret berkurang sebanyak 10 cm atau volume yang keluar sebesar 0,05  $m^3$ .

Setiap variasi panjang, pengukuran tersebut dilakukan berulang sebanyak 2 kali. Kemudian data yang telah diperoleh diolah dan menghasilkan grafik dengan  $r^4$  sebagai fungsi x dan  $Q$  sebagai fungsi y. Maka didapatkan grafik yang tidak linear yaitu grafik melengkung keatas dan mendekati jenuh (datar) pada

jejari berukuran 0,10 cm; 0,15 cm; dan 0,2 cm. Dari grafik tersebut dapat diambil ukuran jejari yang paling mungkin digunakan pada pengukuran debit alir zat cair pada pipa kapiler dengan jejari konstan.

Penelitian tahap kedua yang dilakukan sama dengan tahap pertama, menghitung debit alir zat cair tetapi yang divariasi adalah panjang pipa kapiler (5 cm, 7 cm, 9 cm, 11 cm, dan 14 cm) dan dengan jejari konstan (0,15 cm). Penelitian tahap ketiga, dilakukan dengan menggunakan viskometer ostwald bahan yang digunakan berupa air, larutan garam dan darah ayam.

Penelitian tahap ketiga yaitu dengan menggunakan viskometer Ostwald. Viskosimeter Ostwald bekerja berdasar selang waktu yang dibutuhkan oleh sejumlah larutan tertentu untuk mengalir melalui pipa kapiler oleh gaya yang disebabkan oleh berat larutan itu sendiri. Larutan dengan volume tertentu diukur kecepatan alirnya dari tanda ‘A’ ke tanda ‘B’ sepanjang h (lihat Gambar 1).

Metode analisa data yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan grafik dan juga regresi linier. Hal itu melibatkan software excel dan origin. Pada penelitian langkah pertama, untuk menentukan nilai (r) terbaik digunakan grafik hubungan antara debit aliran (Q) dan jejari pangkat empat  $r^4$  Berdasarkan persamaan (2) yang memenuhi persamaan :  $y = mx+c$ . [1]

$$Q = \left( \frac{\pi \Delta P}{8 \eta L} \right) r^4 \tag{5}$$

Pada penelitian kedua grafik hubungan antara debit aliran (Q) dengan satu per panjang pipa (1/L) yang memenuhi persamaan :  $y = mx + c$ .

$$Q = \frac{8 \eta}{\pi r^4 \Delta P} \frac{1}{L} \tag{6}$$

dapat memberikan nilai gradien (slope) grafik m yang memenuhi :

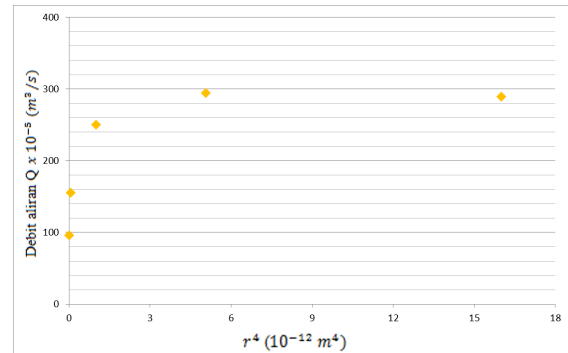
$$m = \frac{8 \eta}{\pi r^4 \Delta P} \tag{7}$$

Artinya, dari slope itu dapat diperoleh informasi bahwa besarnya koefisien viskositas adalah

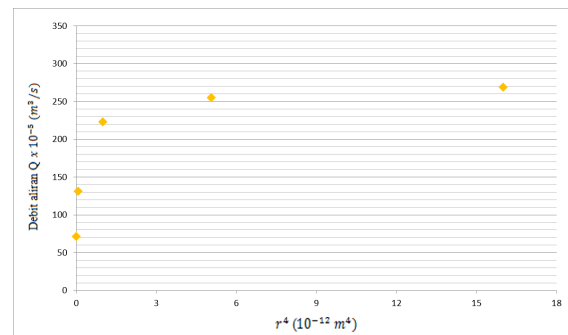
$$\eta = \frac{\pi r^4 \Delta P}{8} m \tag{8}$$

Pada viskometer Ostwald, persamaan yang digunakan adalah

$$\eta_n = \frac{S_{zat\,cair} \cdot t_{zat\,cair}}{S_{air} \cdot t_{air}} \tag{9}$$



Gambar 2: Grafik hubungan debit aliran zat cair ( $m^3/s$ ) terhadap jejari pangkat empat  $r^4$  pipa kapiler  $m^4$  pada panjang pipa kapiler tetap dengan fluida air

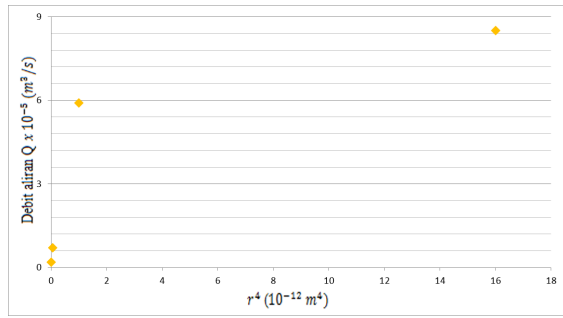


Gambar 3: Grafik hubungan debit aliran zat cair ( $m^3/s$ ) terhadap jejari pangkat empat  $r^4$  pipa kapiler  $m^4$  pada panjang pipa kapiler tetap dengan fluida larutan garam

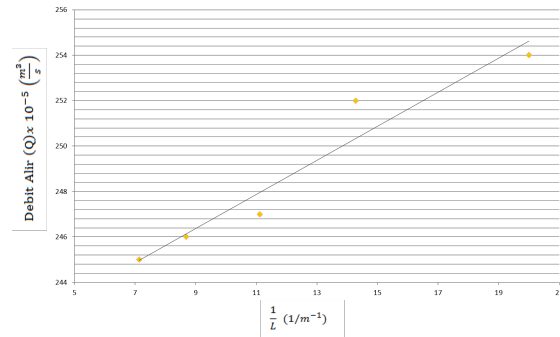
#### 4. Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan penelitian, akhirnya dapat diperoleh sejumlah hasil penelitian, hasil tersebut ditampilkan pada Gambar 2, 3 dan 4 diperoleh informasi bahwa jejari yang berukuran kecil sehingga menghasilkan grafik yang melengkung keatas tepat pada sumbu y artinya titik tersebut berada di garis nol atau mendekati nol. Dari grafik tersebut dapat terlihat bahwa ada ukuran minimal untuk jejari pipa kapiler yang dapat digunakan untuk mengukur viskositas zat cair menggunakan viskometer jenis kapiler.

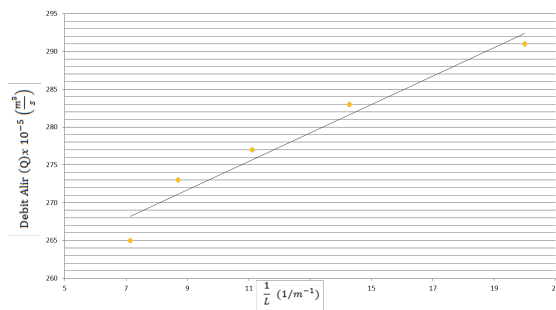
Dari Gambar 2, 3 dan 4 tersebut maka diperoleh nilai jejari (r) terbaik yang bisa digunakan dalam pengukuran debit alir zat cair dengan variasi panjang pipa dan jejari tetap, yaitu pada jejari  $1,5 \times 10^{-3}$  meter. Jejari berukuran  $1,5 \times 10^{-3}$  meter digunakan sebagai jejari tetap untuk mengukur debit alir zat cair pada variasi panjang, dan menghitung nilai viskositas setiap zat cair. Kemudian pada Gambar 4 diperoleh



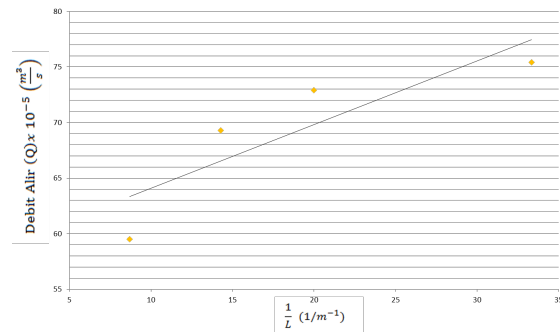
Gambar 4: Grafik hubungan debit aliran zat cair ( $m^3/s$ ) terhadap jejari pangkat empat  $r^4$  pipa kapiler  $m^4$  pada panjang pipa kapiler tetap dengan fluida darah ayam



Gambar 6: Grafik hubungan debit aliran pipa kapiler ( $m^3/s$ ) terhadap satu per panjang pipa kapiler  $m^{-1}$  pada jejari pipa kapiler tetap dengan bahan sampel larutan garam



Gambar 5: Grafik hubungan debit aliran pipa kapiler ( $m^3/s$ ) terhadap satu per panjang pipa kapiler  $m^{-1}$  pada jejari pipa kapiler tetap dengan fluida air



Gambar 7: Grafik hubungan debit aliran pipa kapiler ( $m^3/s$ ) terhadap satu per panjang pipa kapiler  $m^{-1}$  pada jejari pipa kapiler tetap dengan bahan sampel darah ayam

grafik yang sama dengan Gambar 2 dan 3 yaitu grafik melengkung keatas, terlihat pada jejari  $1,0 \times 10^{-3}$  meter, titik grafik sudah tidak berada tepat di sumbu y atau sudah tidak berada di garis nol. Pada pengukuran debit alir fluida darah ayam tidak dilakukan pada jejari  $1,5 \times 10^{-3}$  meter, karena adanya kendala teknis pada pipa kapiler. Namun, dari hasil pengukuran debit air dan larutan garam menunjukan saturasi pada  $1,5 \times 10^{-3}$  meter (lihat Gambar 2 dan 3) sehingga dapat di asumsikan bahwa nilai terbaik adalah  $1,5 \times 10^{-3}$  meter, yang kemudian nilai ini dipakai untuk pengukuran viskositas darah ayam. Sementara itu setelah didapatkan nilai jejari (r) terbaik pada tahap pertama, jejari tersebut digunakan untuk penelitian tahap kedua dengan variasi panjang pipa. Seperti pada Gambar 5, 6 dan 7 diperoleh grafik linear, dari grafik tersebut diperoleh persamaan  $y = mx + c$  kemudian didapatkan nilai gradien (m) yang dapat digunakan untuk mencari nilai viskositas zat cair seperti pada persamaan 3 dan 4. Hasil pengukuran viskositas zat cair dengan fluida air, larutan garam dan darah ayam menggunakan pipa

kapiler berturut-turut adalah  $(14,6 \pm 2,1) \times 10^{-2}$  Poise  $(6,48 \pm 0,87) \times 10^{-2}$  Poise dan  $(0,45 \pm 0,24) \times 10^{-2}$  Poise.

Penelitian berikutnya yaitu penentuan nilai koefisien viskositas dengan alat viskometer ostwald. Dalam penelitian ini, air digunakan sebagai zat cair pembanding dan persamaan yang digunakan adalah menggunakan persamaan 5 dan 6. Dari hasil penelitian tersebut, diperoleh nilai koefisien viskositas larutan garam yaitu  $(1,16 \pm 0,01) \times 10^{-2}$  Poise dan koefisien viskositas darah ayam yaitu  $(0,679 \pm 0,003) \times 10^{-2}$  Poise. Nilai viskositas dari percobaan dalam paper ini dirangkum pada Tabel 1. Viskometer Ostwald adalah viskometer yang umum digunakan dalam mengukur viskositas zat cair, dalam penelitian ini penulis mencoba untuk menghitung viskositas dengan metode yang berbeda yaitu menggunakan buret berkran sebagai viskometer jenis kapiler lalu dibandingkan hasilnya dengan menggunakan viskometer Ostwald.

Tabel 1: Hasil perhitungan koefisien viskositas zat cair

Alat ukur	Jenis fluida	$\eta \pm \Delta\eta$ ( $10^{-2}$ Poise)
pipa kapiler (buret berkran)	air	$(14,6 \pm 0,21)$
	larutan garam	$(6,48 \pm 0,87)$
	darah ayam	$(0,45 \pm 0,24)$
Viskometer Ostwald	larutan garam	$(1,16 \pm 0,01)$
	darah ayam	$(0,679 \pm 0,003)$
Teori	fluida air ( $20^{\circ}C$ )	10,00

Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan, ternyata nilai yang dihasilkan dari metode pipa kapiler tidak berbeda jauh dengan hasil pengukuran viskositas dengan metode viskometer Ostwald.

## 5. Kesimpulan

Setelah melakukan pengukuran debit alir zat cair dengan menggunakan pipa kapiler dan viskometer Ostwald, penulis dapat menentukan viskositas zat cair dengan menggunakan persamaan Poiseuille. Viskositas darah ayam dengan menggunakan viskometer pipa kapiler dan viskometer Ostwald berturut-turut adalah  $(0,45 \pm 0,24) \times 10^{-2}$  Poise,  $(0,679 \pm 0,003) \times 10^{-2}$  Poise. Dari hasil pengukuran tersebut dapat disimpulkan bahwa viskositas darah ayam dapat ditentukan dengan menggunakan metode pipa kapiler dengan variasi panjang pipa kapiler.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah dengan memperbanyak jumlah data sehingga dapat memperkecil ralat dalam perhitungan viskositas. Selain itu dengan memperbanyak variasi zat cair yang diteliti untuk memperkuat argumen bahwa metode pipa kapiler dapat digunakan untuk menentukan viskositas zat cair.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada ketua Laboratrium Fisika Dasar di FMIPA UGM yang telah memberi ijin untuk menggunakan Lab tersebut untuk penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Pak Sriyanto, Pak Yanto, Pak Junadi dan Pak Supriyanto (teknisi Lab. Fisika Dasar) yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

## Pustaka

- Bird, T.: Kimia Fisika untuk Universitas. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta (1993)
- Budianto, A.: Metode Penentuan Koefisien Kekentalan Zat Cair Dengan Menggunakan Regresi Linear Hukum Stokes. In: Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir (2008)
- Kekentalan (2014). <http://www.alatuji.com/kategori/174/kekentalan>
- Jati, B.M.E., Karyono, Supriyatin: Penyertaan Nilai Viskositas terhadap Indeks Bias pada Zat Cair Bening. *Berkala Fisika* **13**(4), 119–124 (2010)