

# Pengaruh Dimensi Pipa terhadap Efisiensi Aliran Fluida: Pendekatan Hukum *Poiseuille*

Devi Marta-1<sup>a</sup>, Ananda Afrilia Anggi-2<sup>a,b</sup>, Ibnu Hajar Hamzah-3<sup>a,b</sup>, Alifah Balqis Salamah-4<sup>a,b</sup>, Nazwa Adhelia Salsabila-5<sup>a,b</sup>, Syahrir-6<sup>a,b</sup>, Siti Fatimah-7<sup>a,b</sup>\*

<sup>a</sup>Prodi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

<sup>b</sup>Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Universitas Mulawarman,  
Jalan Barong Tongkok No. 4, Kota Samarinda, Indonesia

\*Email : [stfatimah@fmipa.unmul.ac.id](mailto:stfatimah@fmipa.unmul.ac.id)

---

## Abstrak

Hukum *Poiseuille* adalah prinsip yang membahas bagaimana air mengalir melalui pipa. Hukum ini menyatakan bahwa laju aliran fluida melalui pipa bergantung pada variasi panjang dan tinggi pipa. Tujuan percobaan ini adalah untuk menentukan pengaruh karakteristik panjang dan tinggi pipa terhadap waktu aliran fluida pada kondisi laminar, membandingkan pengaruh variasi tinggi dan panjang pipa terhadap laju aliran air, hubungan antara panjang dan tinggi pipa, dan perbedaan tekanan yang dihasilkan. Metode yang digunakan meliputi pengukuran waktu aliran air melalui pipa dengan panjang yang bervariasi (berkisar dari 40 cm hingga 80 cm) dan tinggi (berkisar dari 10 cm hingga 30 cm). Data ini kemudian digunakan untuk menghitung laju aliran dan tekanan, yang selanjutnya dianalisis menggunakan persamaan *Poiseuille*. Hasil percobaan menunjukkan bahwa laju aliran air berbanding terbalik dengan panjang pipa dan berbanding lurus dengan tekanan, yang konsisten dengan prediksi Hukum *Poiseuille*. Dengan demikian, percobaan ini berhasil menunjukkan hubungan antara diameter pipa, tekanan, dan laju aliran dalam sistem aliran laminar.

**Kata Kunci :** Aliran Laminar, Debit, Tekanan.

---

## 1. Latar Belakang

Dalam ilmu fisika, khususnya dalam cabang mekanika fluida, mempelajari perilaku aliran zat cair menjadi aspek penting yang mendasari banyak teknologi dan sistem dalam kehidupan manusia. Aliran fluida terjadi hampir di seluruh aspek kehidupan, mulai dari sistem peredaran darah dalam tubuh dan aliran air dalam pipa rumah tangga, hingga sistem distribusi cairan dalam dunia industri. Salah satu contoh permasalahan dalam kehidupan kesulitan mendistribusikan air secara merata dalam sistem irigasi karena variasi diameter pipa tanah liat yang tidak terstandarisasi,

pengobatan tradisional dengan jarum suntik primitif kerap gagal akibat ketidaktahuan tentang pengaruh diameter pipa terhadap laju aliran [6], [7]. Seringkali ditemukan bahwa kecepatan aliran air dari kran berbeda-beda, padahal sumber tekanannya sama. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan diameter pipa, panjang pipa, maupun sifat fisik fluida yang mengalir [1].

Ada dua jenis aliran fluida yaitu, aliran laminar dan aliran turbulen. Aliran laminar terjadi saat fluida mengalir dengan tenang dan teratur, biasanya di pipa kecil dan dengan kecepatan rendah[8],[9]. Untuk memahami aliran

jenis ini, digunakan sebuah hukum yang disebut Hukum Poiseuille. Hukum Poiseuille menjelaskan bahwa laju aliran fluida seberapa cepat dan banyak fluida mengalir dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu ukuran pipa, panjang pipa, perbedaan tekanan di ujung-ujung pipa, dan kekentalan fluida [19]. Semakin besar jari-jari pipa dan perbedaan tekanannya, semakin cepat fluida mengalir [10]. Sebaliknya, jika pipa lebih panjang atau fluida lebih kental, alirannya jadi lebih lambat [20]. Dalam percobaan ini, hukum Poiseuille bekerja dengan mengalirkan air dari keran ke dalam pipa dengan panjang pipa yang bervariasi [5]. Oleh karena itu, eksperimen ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh karakteristik pipa panjang dan tinggi terhadap waktu pada kondisi laminar, dan membandingkan efek variasi tinggi dan panjang pipa terhadap debit aliran air, serta untuk mengetahui hubungan antara tekanan dan debit air berdasarkan grafik yang dihasilkan [2].

Salah satu hukum yang mendeskripsikan aliran fluida, khususnya dalam kondisi laminar, adalah Hukum Poiseuille. Hukum ini menyatakan bahwa laju aliran fluida dalam pipa bergantung pada tekanan, radius pipa, panjang pipa, serta viskositas fluida. Semakin tinggi viskositas fluida (seperti madu dibandingkan air), semakin besar hambatan alirannya, sehingga laju aliran berkurang. Hukum Poiseuille banyak diaplikasikan dalam dunia medis, misalnya untuk memahami aliran darah dalam pembuluh kapiler, di mana aliran laminar dan viskositas darah memengaruhi efisiensi sirkulasi [13]. [14]. Dengan demikian, pemahaman tentang sifat fluida dan alirannya menjadi dasar penting dalam merancang sistem yang melibatkan pergerakan zat cair atau gas [2].

Hukum Poiseuille sering digunakan sebagai dasar pengukuran viskositas fluida, memanfaatkan metode pipa kapiler dengan variasi panjang pipa untuk menentukan koefisien viskositas berdasarkan persamaan Poiseuille [11],[12]. Penelitian ini menyoroti pentingnya pemilihan dimensi pipa kapiler dalam pengukuran. Jari-jari pipa ( $r$ ) yang terlalu kecil dapat menyebabkan aliran tidak memenuhi syarat laminar, sementara jari-jari terlalu besar mengurangi akurasi. Jari-jari optimal untuk pengukuran adalah  $1,5 \times 10^{-3}$  meter, di mana hasil pengukuran debit aliran menunjukkan linearitas terhadap  $1/L$ . Temuan ini sesuai dengan prinsip hukum Poiseuille bahwa debit aliran ( $Q$ ) berbanding terbalik dengan panjang pipa ( $L$ ) ketika variabel lain konstan [3].

Ketika suatu fluida yang mengisi sebuah pipa mengalir didalam pipa dengan laju rata-rata  $v$ , aliran atau debit  $J$  adalah

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

Keterangan:

$Q$  = Debit air ( $m^3/s$ )

$V$  = Volume Fluida ( $m^3$ )

$t$  = Waktu (s)

Laju geser suatu fluida adalah laju dimana regangan geser di dalam fluida berubah, karena regangan tidak memiliki satuan dimana satuan laju geser adalah  $det^{-1}$

$$Q = \frac{\pi R^4 P_1 - P_2}{8\eta L} \quad (2)$$

Keterangan:

$P_1 - P_2$  = Tekanan diujung pipa ( $N/m^2$ )

$\eta$  = Nilai viskositas fluida ( $Pa \cdot s$ )

$L$  = Panjang pipa ( $m$ )

$r$  = Jari-jari pipa ( $cm$ )

Hukum Poiseuille menjelaskan aliran laminar fluida viskos dalam pipa silinder dengan menyatakan bahwa debit aliran berbanding lurus dengan beda tekanan dan pangkat empat jari-jari pipa serta berbanding

terbalik dengan viskositas fluida [15]. Prinsip ini bekerja dengan asumsi aliran stabil, fluida Newtonian, dan tidak ada turbulensi, dimana lapisan fluida bergerak paralel dengan gradien tekanan, menghasilkan profil kecepatan parabola akibat gesekan viskos antara lapisan fluida dan dinding pipa [16],[17]. Hukum ini menjadi dasar untuk memahami sistem seperti aliran darah dalam pembuluh kapiler atau desain membran filtrasi[18].

## 2. Metodologi

Telah dilakukan Praktikum Fisika Eksperimen II yang berjudul “Hukum Poiseuille” waktu pelaksanaan Eksperimen semester genap tahun ajaran 2024/2025 pada bulan Maret sampai Mei tahun 2025 yang bertempat gedung Prof. Sudrajat, Lantai 1, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman, Samarinda, Kalimantan Timur. Dilakukan pengambilan data pada tanggal 12 April 2025 pukul 10.30-19.00 WITA yang bertempat di Gedung Prof. Sudrajat Lantai 1, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman, Samarinda, Kalimantan Timur.

## 3. Hasil dan Pembahasan

**Tabel 1.** Hasil Data Pengamatan Hukum Poiseuille

Tinggi	Panjang	t(s)	V (Liter)
0.1	0.4	377	5
0.1	0.5	360	5
0.1	0.6	476,6667	5

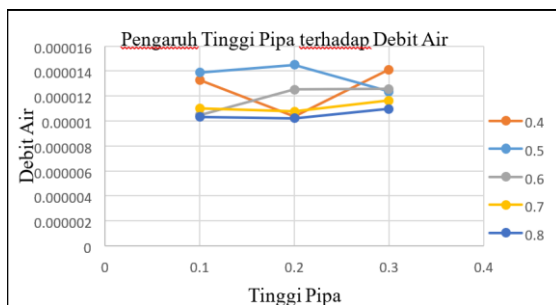
Berdasarkan perhitungan debit dan tekanan menggunakan Hukum Poiseuille, beberapa hasil yang dapat dibandingkan. Misalnya, untuk pipa dengan panjang 0.4 m dan tinggi 0.1 m, debit rata-rata adalah  $0.013 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$  dengan beda tekanan sebesar  $1,352 \text{ N/m}^2$ , sedangkan untuk pipa dengan panjang 0.8 m dan tinggi yang sama, debit turun menjadi  $0.010 \times 1010^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$

Alat dan Bahan Eksperimen yang digunakan yaitu Ember 3 Buah 2. Gayung 3. Gelas Beaker 1 Liter 4. Pipa Elbow 2 buah 5. Penggaris 6. Pipa 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm, 60 cm, 70 cm, dan 80 cm 7. *Pulp* 8. *Stopwatch*, dan Air.

Prosedur pada eksperimen adalah Disiapkan alat dan bahan, Dipotong pipa dari ukuran 10 cm sampai 80 cm, Dirangkai dan disambungkan pipa dengan pulp untuk pipa panjang 40 cm dengan tinggi 10 cm, Diukur air dengan gelas beaker sebanyak 5 liter, Dimasukkan air tersebut ke dalam ember, Dibuka keran pada ember bersamaan dengan diaktifkan stopwatch, Ditunggu hingga air yang melalui pipa tidak menetes dan dicatat waktunya, Diukur dan dicatat banyak air yang keluar dari ember dengan menggunakan gelas beaker, Diulangi langkah 4 hingga 7 sebanyak 3 kali, Diulangi langkah 3 hingga 8 dengan mengganti panjang pipa sebesar (50 cm, 60 cm, 70 cm, 80 cm) dan tinggi pipa sebesar (20 cm, 30 cm).

dengan beda tekanan menurun menjadi  $2.108 \text{ N/m}^2$ , Hal ini sesuai dengan teori bahwa semakin panjang pipa, semakin kecil debit aliran karena hambatan gesek yang meningkat yang mana debit berbanding terbalik dengan panjang pipa dan berbanding lurus dengan beda tekanan. Selain itu, yang mengindikasikan bahwa tinggi pipa sebagai representasi tekanan hidrostatik turut berkontribusi terhadap peningkatan aliran. perbedaan tinggi pipa juga memengaruhi tekanan, seperti pada pipa dengan tinggi 0.3 m yang menghasilkan tekanan lebih besar dibandingkan tinggi 0.1 m untuk panjang pipa yang sama. Hasil ini membuktikan bahwa Hukum Poiseuille dapat diterapkan untuk menganalisis karakteristik dan

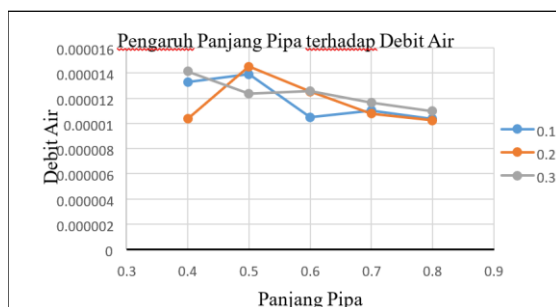
menggambarkan hubungan antara dimensi pipa, tekanan, dan debit aliran



fluida.

**Gambar 1.** Pengaruh Tinggi Pipa Terhadap Debit Air

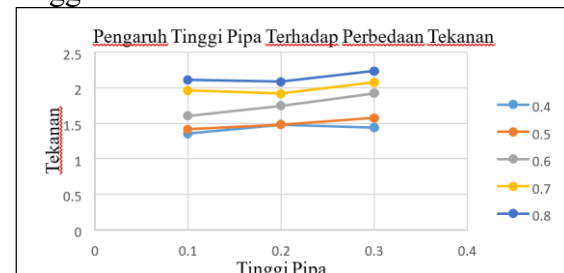
Berdasarkan Gambar 1., menunjukkan hubungan antara tinggi pipa dan debit air. Terlihat bahwa semakin tinggi pipa, debit air cenderung meningkat. Hal ini disebabkan oleh peningkatan tekanan hidrostatik yang dihasilkan dari ketinggian pipa air, yang memberikan gaya dorong lebih besar pada fluida. Sesuai dengan Hukum Poiseuille, tekanan yang lebih tinggi akan meningkatkan laju aliran fluida, sehingga debit air pun menjadi lebih besar. Hasil ini konsisten dengan prinsip bahwa tekanan berperan penting dalam menentukan debit aliran dalam sistem pipa.



**Gambar 2.** Pengaruh Tinggi Pipa Terhadap Debit Air

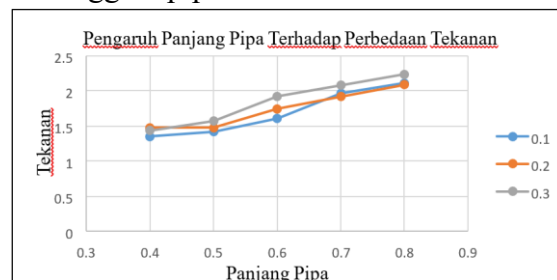
Berdasarkan Gambar 2., menunjukkan bagaimana panjang pipa memengaruhi debit air. Hasilnya menunjukkan bahwa semakin panjang pipa, debit air semakin menurun. Fenomena ini terjadi karena panjang pipa yang lebih besar menyebabkan gesekan antara fluida dan dinding pipa meningkat,

sehingga memperlambat aliran. Hal ini sejalan dengan Hukum Poiseuille, yang menyatakan bahwa debit berbanding terbalik dengan panjang pipa. Dengan demikian, pipa yang lebih pendek lebih baik dalam menjaga debit aliran yang tinggi.



**Gambar 3.** Pengaruh Tinggi Pipa Terhadap Debit Air

Berdasarkan Gambar 3., memperlihatkan bahwa hubungan antara tinggi pipa dan perbedaan tekanan. Terlihat bahwa semakin tinggi pipa, perbedaan tekanan juga meningkat. Kenaikan tinggi pipa menyebabkan tekanan hidrostatik di dasar pipa menjadi lebih besar, yang secara langsung memengaruhi perbedaan tekanan antara ujung-ujung pipa. Hasil ini memperkuat konsep bahwa tekanan dalam sistem aliran air sangat bergantung pada ketinggian pipa.



**Gambar 4.** Pengaruh Tinggi Pipa Terhadap Debit Air

Berdasarkan Gambar 4., menunjukkan bahwa perbedaan tekanan meningkat seiring dengan bertambahnya panjang pipa. Hal ini disebabkan oleh peningkatan hambatan aliran akibat gesekan fluida dengan dinding pipa yang lebih panjang. Untuk mempertahankan aliran fluida, diperlukan tekanan yang lebih besar. Hasil ini sesuai dengan

Hukum Poiseuille, yang menyatakan bahwa tekanan diperlukan untuk mengimbangi hambatan dalam pipa panjang, sehingga semakin panjang pipa, semakin besar perbedaan tekanan yang dibutuhkan.

Berdasarkan grafik rata-rata yang didapatkan dari data eksperimen, dapat dilihat bahwa terdapat hubungan yang konsisten, Grafik rata-rata pengaruh tinggi pipa terhadap debit air menunjukkan bahwa semakin tinggi pipa, debit air meningkat, ini sesuai dengan teori, di mana tekanan hidrostatis yang lebih besar pada ketinggian pipa yang lebih tinggi mendorong aliran fluida lebih cepat. Sementara itu, grafik rata-rata pengaruh panjang pipa terhadap debit air memperlihatkan bahwa debit air menurun seiring bertambahnya panjang pipa, sesuai dengan Hukum Poiseuille yang menyatakan bahwa hambatan aliran (gesekan) meningkat dengan panjang pipa. Grafik rata-rata pengaruh tinggi pipa terhadap perbedaan tekanan menunjukkan kenaikan tekanan seiring dengan ketinggian pipa, yang juga sejalan dengan prinsip tekanan hidrostatis., pada grafik rata-rata pengaruh panjang pipa terhadap perbedaan tekanan menunjukkan bahwa tekanan yang dibutuhkan untuk mempertahankan aliran meningkat dengan panjang pipa, sesuai dengan teori yang menghubungkan tekanan dengan hambatan aliran. Dari semua grafik rata-rata, grafik rata-rata pengaruh panjang pipa terhadap debit air merupakan yang paling mendekati ideal atau sesuai dengan teori Hukum Poiseuille. Karena terlihat dari penurunan debit yang jelas dan konsisten seiring bertambahnya panjang pipa, tanpa adanya perubahan yang signifikan. Hasil ini memperkuat kesimpulan bahwa panjang pipa berbanding terbalik dengan debit aliran, yang menyatakan sesuai Hukum Poiseuille. Grafik ini juga

menunjukkan sedikit variasi data, yang menunjukkan pengukuran yang relatif akurat dan minim gangguan eksternal selama eksperimen.

#### 4. Kesimpulan

Eksperimen ini membuktikan bahwa debit aliran air dalam pipa berbanding terbalik dengan panjang pipa dan berbanding lurus dengan tekanan hidrostatis (tinggi pipa), sesuai dengan Hukum Poiseuille. Hasil menunjukkan bahwa pipa lebih pendek (40 cm) dan lebih tinggi (30 cm) menghasilkan debit maksimal ( $1,47 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ ), sementara pipa panjang (80 cm) dengan tinggi minimal (10 cm) memberikan debit terendah ( $1,03 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ ). Temuan ini memperkuat aplikasi praktis Hukum Poiseuille dalam desain sistem perpipaan, dengan rekomendasi penggunaan alat ukur digital untuk meningkatkan akurasi data.

#### Daftar Pustaka

- [1] M. Bambang, "Studi penentuan viskositas darah ayam dengan metode," *Jurnal Fisika*, vol. 19(57), pp. 1-3, 2015.
- [2] R. M. & D. T. Bruce, *Mekanika fluida.*, Jakarta: Erlangga, 2005).
- [3] J. B. & E. H. Frederick, *Fisika Universitas*, Jakarta: Erlangga, 2006.
- [4] K. Saosang, "Analisis fisis deteksi kolesterol darah berbasis," *Journal Gravitasi.*, vol. 20(2), pp. 1-3, 2021.
- [5] D. & A. S. Wayan, "Analisis penurunan kualitas minyak pelumas pada," *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, vol. 7(1), pp. 1-3, 2015.
- [6] Okimustava, A. D. Lestari, dan S. Mulyani, "Studi hukum Hagen-Poiseuille dalam menentukan diameter terbaik pipa kapiler pada eksperimen penentuan viskositas zat cair," *Berkala Fisika Indonesia*, vol. 11, no. 1, pp. 18–24, 2020. <https://doi.org/10.12928/bfijfpa.v11i1.20333>
- [7] L. Adini dan Okimustava, "Penggunaan hukum Hagen-Poiseuille dalam penentuan koefisien viskositas zat cair," *Jurnal Riset dan Kajian*

- Pendidikan Fisika, vol. 4, no. 2, 2017.  
<https://doi.org/10.12928/jrkipf.v4i2.8165>
- [8] A. A. A. Azwan, “Laminar flow in a circular pipe: Verification of Hagen–Poiseuille law,” *Journal of Advances in Fluid, Heat, and Materials Engineering*, vol. 7, no. 1, pp. 31–39, 2025.  
<https://doi.org/10.37934/afhme.7.1.3139>
- [9] A. Tumin, “Receptivity of pipe Poiseuille flow,” *Journal of Fluid Mechanics*, vol. 315, pp. 119–137, 1996.  
<https://doi.org/10.1017/S002211209602364>
- [10] M. Jafri, “Analisis perubahan debit aliran pada pipa keluar dan efisiensi akibat perubahan diameter katup pengantar,” *LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana*, vol. 7, no. 1, 2020.  
<https://doi.org/10.35508/ljtmu.v7i01.3380>
- [11] Nurhayati, M. Syukri, dan A. S. Abdullah, “Pressure comparative analysis study through the venture pipe with the difference diameter of the pipe,” *Jurnal Phi*, vol. 6, no. 2, 2021.  
<https://doi.org/10.22373/p-jpft.v6i2.9955>
- [12] D. S. Henningson dan S. Kim, “Optimal energy density growth in Hagen–Poiseuille flow,” *Journal of Fluid Mechanics*, Cambridge University Press.  
<https://doi.org/10.1017/S002211209500000>
- [13] J. J. Derksen, “Fibre suspensions in Hagen–Poiseuille flow: Transition from laminar plug flow to turbulence,” *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics*, vol. 212, pp. 28–35, 2014.  
<https://doi.org/10.1016/j.jnnfm.2014.08.006>
- [14] B. Tantor, W. Y. Tey, dan W. Y. H. Ryan, “Pressure drop of partially blocked Hagen-Poiseuille flow using CFD simulation,” *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, vol. 17, no. 1, pp. 7552–7561, 2020.  
<https://doi.org/10.15282/ijame.17.1.2020.04.0559>
- [15] M. D. Bacelar, H. C. M. G. Ferreira, R. S. Alassar, dan A. B. Lopes, “Hagen-Poiseuille flow in a quarter-elliptic tube,” *Fluids*, vol. 8, no. 9, p. 247, 2023.  
<https://doi.org/10.3390/fluids8090247>
- [16] A. Sharma, P. Bera, dan G. Sharma, “Hagen–Poiseuille flow in the pipe layered by porous medium is linearly unstable,” *International Journal of Multiphase Flow*, vol. 189, p. 105243, 2025.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijmultiphaseflow.2025.105243>
- [17] E. Lauga dan T. M. Squires, “Brownian motion near a partial-slip boundary: A local probe of the no-slip condition,” *Physics of Fluids*, vol. 17, no. 10, p. <https://doi.org/10.1063/1.2109427>
- [18] G. K. Batchelor, “The stress system in a suspension of force-free particles,” *Journal of Fluid Mechanics*, vol. 41, no. 3, pp. 545–570, 1970.  
<https://doi.org/10.1017/S0022112070000745>
- [19] S. Whitaker, “The Forchheimer equation: A theoretical development,” *Transport in Porous Media*, vol. 25, no. 1, pp. 27–61, 1996.  
<https://doi.org/10.1007/BF00141261>
- [20] A. Ajdari dan L. Bocquet, “Giant amplification of interfacially driven transport by hydrodynamic slip: Diffusio-osmosis and beyond,” *Physical Review Letters*, vol. 96, no. 18, p. 186102, 2006.  
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.96.186102>