



## ANALISIS LITERATUR TENTANG PRINSIP BERNOULLI DALAM DESAIN ALIRAN FLUIDA

Damanotona Harefa<sup>1)</sup>, Anel Bertus Giawa<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Teknologi Informasi, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia  
Email: [harefadaman651@gmail.com](mailto:harefadaman651@gmail.com)

<sup>2)</sup>Teknologi Informasi, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia  
Email: [andelbertusgiawa@gmail.com](mailto:andelbertusgiawa@gmail.com)

### Abstract

The design of Bernoulli's law experiment tool was designed for finding out the relationship between the pressure and the speed of the fluid's flow according Bernoulli's law statements and know the standard deviation of Bernoulli's law tool. This tool was designed based on the basic and principle of ideal fluid flowing through a pipe from the first bottle into the second bottle which hung on a statif modification. Design of this tool were simple so it was easy to do experiment. The experiment results were do twice where the first experiment applied on the condition both of first bottle and second bottle was same in height and for the second experiment the first bottle and the second bottle was different in height. The first experiment showed the water would stop for flowing when the high of water in the first bottle and second bottle were the same unless for the second experiment the water was stops flowing when the difference height of water in the bottle as same as the difference between the first bottle's height with the second bottle's height. The result of experiment proved the tool that has designed showed the level of error for the first experiment was 6.97% with the average speed of the fluid's flow  $(43 \pm 2) 10^{-3} \text{ cm}^3/\text{s}$  and the error level for second experiment was 9.99% with the average speed of the fluid's flow  $(43 \pm 3) 10^{-3} \text{ cm}^3/\text{s}$ .

**Keywords:** Design and Development of Practicum Tool; Bernoulli's Principle; Pressure and Flow Velocity; Ideal Fluid; Standard Deviation.

### Abstrak

Rancang bangun alat praktikum hukum Bernoulli dirancang untuk mengetahui hubungan antara tekanan dan kecepatan alir sesuai pernyataan hukum Bernoulli dan mengetahui standar deviasi dari alat praktikum hukum Bernoulli. Alat dirancang berdasarkan asas dan prinsip fluida ideal yang mengalir melalui sebuah pipa dari botol I ke botol II yang digantungkan pada pengait sebuah tiang statif modifikasi. Desain alat yang praktis dan prosedur percobaan yang sederhana memudahkan dalam penggunaannya. Hasil pengujian dengan dua kali percobaan yaitu percobaan pertama ketika tinggi botol kesatu dengan botol kedua sama tinggi dan percobaan kedua ketika botol pertama dengan botol kedua berbeda tinggi. Dapat diketahui bahwa pada untuk percobaan pertama air berhenti mengalir ketika tinggi air dalam botol sama tinggi sedangkan untuk percobaan kedua air berhenti mengalir ketika selisih tinggi air dalam botol sama dengan selisih tinggi botol kesatu dan kedua. Pengujian membuktikan bahwa alat yang dirancang bangun memiliki tingkat ketelitian untuk percobaan pertama sebesar 6,97% dengan debit  $(43 \pm 2) 10^{-3} \text{ cm}^3/\text{s}$  dan untuk percobaan kedua tingkat ketelitian alat sebesar 9,99% dengan debit  $(33 \pm 3) 10^{-3} \text{ cm}^3/\text{s}$ .

**Kata Kunci:** Rancang Bangun Alat Praktikum; Hukum Bernoulli; Tekanan dan Kecepatan Alir; Fluida Ideal; Standar Deviasi.



## PENDAHULUAN

Fluida merupakan suatu zat yang dapat dengan mudah berubah bentuk, tergantung dari tempat fluida itu berada (Arif et al, 2017). Tidak semua gerak fluida dapat dibuat mengalir atau tidak semua fluida yang berpindah dinamakan fluida bergerak. Hal ini dapat terlihat pada fenomena lubang tikus dalam tanah. Tikus membuat dua buah lubang pada ketinggian yang berbeda yang bertujuan agar tikus tidak mati karena sesak nafas. Akibat dari perbedaan ketinggian lubang pada permukaan tanah maka udara berdesakdesakkan dan membuat laju udara meningkat .

Dengan adanya perbedaan tekanan udara, maka udara dipaksa mengalir masuk melalui lubang tikus dan udara mengalir dari tempat yang tekanan udaranya tinggi ke tempat yang tekanan udaranya rendah. Selain lubang tikus, peristiwa fluida dinamis juga terjadi dalam kegiatan manusia ketika memindahkan suatu fluida dapat menggunakan media saluran tertutup baik berupa pipa maupun saluran terbuka. Misalnya pada saat pengambil-an air dari mata air yang kemudian didistribusikan melalui jaringan pipa ke rumah-rumah penduduk untuk konsumsi kebutuhan air sehari-hari. Fluida yang bergerak terus menerus terhadap sekitarnya disebut sebagai fluida bergerak atau fluida dinamis. Prinsip Bernoulli juga merupakan penurunan hukum Newton II yang menyatakan jika volume kecil dari suatu fluida mengalir dari posisi horizontal bertekanan tinggi ke wilayah dengan tekanan rendah maka tekanan dibelakang lebih besar daripada di depan (Sudakhar,2017). Fluida yang mengalir memiliki laju aliran dan pengukuran laju aliran atau debit secara analog dapat dilakukan menggunakan venturimeter (Saputri,2009).

Selain itu, penelitian Ayubi (2015:1) juga merancang alat pengukuran kecepatan dan debit air yang mengalir dalam pipa rancangan yang berfungsi sebagai venturimeter dan sensor aliran air. Oleh karena itu rancang bangun alat praktikum dalam penelitian ini bertujuan untuk menunjukkan pengaruh tekanan dengan laju alir fluida sesuai hukum Bernoulli menggunakan alat selain venturimeter serta mengetahui nilai standar deviasi alat .

## TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka ini mencakup berbagai teori, studi, dan hasil penelitian tentang Prinsip Bernoulli Dalam Desain aliran Fluida. memberikan hubungan antara tekanan, kecepatan fluida, dan ketinggian dalam system aliran, dan juga dapat diamati dalam berbagai situasi, seperti aliran udara diatas sayap pesawat terbang, aliran air melalui pipa, dan aliran darah dalam arteri manusia.

Prinsip Bernoulli adalah salah satu konsep dasar dalam mekanika fluida yang menghubungkan antara tekanan, kecepatan, dan ketinggian dalam aliran fluida yang bergerak dengan asumsi bahwa fluida tersebut bersifat ideal dan tidak ada gesekan (friksi). Prinsip ini pertama kali dikemukakan oleh Daniel Bernoulli pada abad ke-18 dan hingga kini sangat berperan penting dalam berbagai aplikasi rekayasa, khususnya dalam desain aliran fluida pada sistem pipa, saluran, dan peralatan mekanik lainnya.

### 1. Dasar Teori Prinsip Bernoulli

Prinsip Bernoulli didasarkan pada hukum kekekalan energi untuk aliran fluida yang steady (tetap) dan incompressible (tidak terkompresi). Hukum ini menyatakan bahwa jumlah energi per satuan volume (yang terdiri dari energi kinetik, energi potensial, dan energi tekanan) dalam aliran fluida yang stabil adalah konstan. Persamaan matematis dari prinsip Bernoulli adalah:

di mana:

$P$  adalah tekanan fluida,

$\rho$  adalah massa jenis fluida,

$v$  adalah kecepatan aliran fluida,

$g$  adalah percepatan gravitasi,

$h$  adalah ketinggian titik tertentu.

### 2. Aplikasi Prinsip Bernoulli dalam Desain Aliran Fluida

Prinsip Bernoulli banyak diterapkan dalam berbagai bidang teknik, seperti teknik mesin, teknik sipil, dan teknik kimia. Salah satu aplikasi utama adalah dalam desain sistem pipa dan saluran, di mana perubahan kecepatan aliran fluida akan memengaruhi tekanan dalam sistem tersebut. Dalam pipa, perubahan diameter akan mengubah kecepatan aliran dan tekanan sesuai dengan prinsip Bernoulli. Penggunaan prinsip ini memungkinkan insinyur untuk merancang sistem distribusi fluida yang efisien, seperti sistem air minum, saluran irigasi, dan saluran drainase.

Selain itu, prinsip Bernoulli juga digunakan dalam desain pesawat terbang, khususnya dalam pemahaman tentang gaya angkat. Bentuk sayap pesawat yang dirancang untuk menghasilkan perbedaan kecepatan aliran udara di atas dan di bawah sayap akan menyebabkan perbedaan tekanan, yang menghasilkan gaya angkat yang membuat pesawat terbang.

### 3. Prinsip Bernoulli dan Fluida Ideal

Salah satu asumsi penting dalam penerapan prinsip Bernoulli adalah fluida yang dianggap ideal, yaitu fluida yang tidak memiliki viskositas (gaya gesekan dalam fluida diabaikan) dan kompresibilitas. Meskipun dalam kenyataan, fluida yang digunakan dalam desain teknik tidak sepenuhnya ideal, prinsip Bernoulli tetap digunakan dengan pendekatan tertentu, seperti dalam analisis aliran laminar dan turbulen. Dalam aliran turbulen, efek gesekan dan kehilangan energi harus diperhitungkan, sehingga prinsip Bernoulli hanya dapat diterapkan pada daerah-daerah tertentu yang memenuhi kondisi aliran laminar atau dekat dengan kondisi ideal.

### 4. Pengujian dan Validasi Prinsip Bernoulli dalam Praktikum

Berbagai penelitian dan eksperimen dilakukan untuk menguji validitas prinsip Bernoulli dalam sistem aliran nyata. Salah satu contoh pengujian adalah pada percobaan aliran fluida dalam pipa atau saluran terbuka, di mana pengukuran tekanan dan kecepatan aliran dilakukan untuk mengamati apakah hubungan antara kedua variabel tersebut



sesuai dengan prediksi teori. Dalam beberapa percobaan, dapat ditemukan perbedaan hasil yang disebabkan oleh gesekan fluida dengan dinding saluran atau faktor eksternal lain yang mengganggu kondisi ideal.

#### 5. Tantangan dalam Aplikasi Prinsip Bernoulli

Meskipun prinsip Bernoulli memberikan wawasan yang kuat dalam memahami perilaku aliran fluida, tantangan muncul ketika diterapkan dalam aliran fluida nyata yang melibatkan viskositas, kompresibilitas, dan fenomena non-ideal lainnya. Oleh karena itu, desain alat atau sistem berbasis prinsip Bernoulli harus mempertimbangkan faktor-faktor tersebut untuk memastikan akurasi dan efisiensi dalam aplikasinya.

#### 6. Literatur Terkait dan Studi Kasus

Berbagai literatur mengkaji penggunaan prinsip Bernoulli dalam desain aliran fluida. Beberapa di antaranya berfokus pada penerapan prinsip ini dalam sistem pipa, kontrol aliran dalam pembangkit listrik tenaga air, serta desain pesawat terbang dan balon udara. Selain itu, beberapa studi kasus juga menyoroti penerapan prinsip Bernoulli dalam alat praktikum pendidikan, yang memungkinkan mahasiswa dan praktisi untuk lebih memahami hubungan antara tekanan dan kecepatan aliran dalam percobaan yang mudah dipahami dan dilakukan.

### METODOLOGI PENELITIAN

Berikut diatur posisi penulisan informasi dan data penulis berdasarkan jumlah penulis naskah.

- 1 penulis : Damanotona Harefa  
2 penulis : Andel Bertus Giawa

Metode perancangan alat praktikum hukum Bernoulli melalui beberapa tahapan yaitu mengkalibrasi alat ukur untuk mengetahui ketelitian alat ukur yang digunakan untuk pengambilan data, perancangan rancang bangun alat praktikum Hukum Bernoulli untuk menemukan desain yang relevan dengan materi terkait Hukum Bernoulli, pembuatan alat, pengujian alat dengan mengambil data menggunakan alat praktikum yang telah di rancang bangun dan analisa data. Setelah desain dibuat maka untuk pembuatan alat diperlukan alat dan bahan sebagai berikut : 1. Dua buah botol infus untuk menjadi wadah berisi air 500 ml 2. 500 ml air untuk mengisi botol infus dimana air tersebut diisi di salah satu botol infus. 3. Sebuah modifikasi tiang statif portable dilengkapi 2 buah pengait dimana salah satu pengait dapat diubah-ubah ketinggian. Modifikasi tiang statif portable digunakan untuk mengaitkan 2 buah botol infus untuk percobaan pertama dimana tinggi pengait sama dan percobaan kedua disaat tinggi pengait berbeda. 4. Sebuah selang berdiameter 1 cm dengan panjang  $\frac{1}{2}$  meter yang digunakan untuk mengalirkan air dari botol infus I ke botol infus II yang bergerak karena adanya tekanan. 5. Sebuah stopwatch yang digunakan untuk menghitung waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir dari botol infus pertama ke botol infus kedua. 6. Sebuah meteran yang digunakan untuk mengukur ketinggian masing-masing pengait dan juga tinggi masing-masing air ketika air berhenti mengalir 7. Solder digunakan untuk membuat

lubang di masing-masing botol infus agar tekanan udara dapat masuk ke dalam botol infus. Gambar 1. Menunjukkan hasil pembuatan alat praktikum :



**Gambar 1.** Alat praktikum Sedangkan prosedur pengujian alat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Menyiapkan set rancang bangun alat praktikum Hukum Bernoulli
2. Mengaitkan salah botol I (kosong) ke pengait statif
3. Mengisi botol II dengan air sebanyak 500 ml
4. Mengaitkan botol infus II ke pengait statif dengan ketinggian yang sama dengan botol I yaitu 110 cm.
5. Mengukur waktu kecepatan aliran air dengan menggunakan stopwatch hingga air berhenti mengalir
6. Catat waktu yang diperlukan hingga air berhenti mengalir dan ketinggian air dalam botol infus I dan II
7. Ulangi percobaan hingga 3 kali.
8. Ulangi langkah 1-7 untuk ketinggian 115 cm dan 120 cm.
9. Menggunakan langkah 1-7 untuk percobaan kedua namun tinggi botol I dan II diberi selisih sebesar 5 cm, 7 cm dan 10 cm

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian alat praktikum hukum Bernoulli pada fluida ideal yang telah dilakukan dengan dua percobaan berbeda dengan tiga variasi perbedaan tinggi botol dan tiga variasi perbedaan selisih tinggi botol, masing-masing diambil pengulangan pengambilan data sebanyak tiga kali dapat dilihat pada tabel 1 untuk percobaan pertama dan tabel 2 untuk percobaan kedua. Dari tabel dapat terlihat bahwa apabila botol pertama dan kedua berada pada ketinggian yang sama  $h_1=h_2$  maka air akan berhenti mengalir ketika tinggi air dalam botol I dan II sama. Sedangkan dalam percobaan II air akan berhenti mengalir ketika selisih tinggi air dalam botol sama dengan nilai selisih tinggi antara botol I dan II. Laju alir yang didapatkan untuk percobaan I yaitu  $Q_1 = (44 \pm 2)10^{-3} \text{ cm}^3/\text{s}$ ,  $Q_2 = (43 \pm 2)10^{-3} \text{ cm}^3/\text{s}$  dan  $Q_3 = (42 \pm 2)10^{-3} \text{ cm}^3/\text{s}$  dengan debit rata-rata sebesar  $(43 \pm 2)10^{-3} \text{ cm}^3/\text{s}$  dengan nilai ketelitian alat sebesar 6,97%. Data tersebut menunjukkan bahwa pada ketinggian botol yang sama maka laju alir kurang lebih akan sama nilainya hanya saja karena terdapat beberapa kesalahan paralaks dan juga sistem jadi terdapat sedikit perbedaan nilai. Sedangkan laju alir untuk percobaan II yaitu  $Q_1 = (30 \pm 3)10^{-3} \text{ cm}^3/\text{s}$ ,  $Q_2 = (40 \pm 3)10^{-3} \text{ cm}^3/\text{s}$  dan  $Q_3 = (60 \pm 3)10^{-3} \text{ cm}^3/\text{s}$  dengan debit rata-rata sebesar  $(43 \pm 3)10^{-3} \text{ cm}^3/\text{s}$  dengan nilai ketelitian alat sebesar 9,99%.



**Tabel 1.** Data hasil Percobaan I

No.	H(Cm)	L1 (cm)	L2 (cm)	t (s)
1	110	9,3	9,3	42,62
2	110	9,1	9,1	42,62
3	110	9,2	9,2	42,69
4	115	9,2	9,2	43,07
5	115	9,1	9,1	43,00
6	115	9,1	9,1	43,00
7	120	9,1	9,1	43,19
8	120	9,0	9,0	43,6
9	120	9,1	9,1	43,16

**Tabel 2.** Data hasil percobaan II

No.	h1 (cm)	H2 (cm)	l1 (cm)	l2 (cm)	Δl (cm)	t (s)
1	101	96	6,9	11,9	5	32,13
2	101	96	6,8	12	5,2	32,10
3	101	96	6,8	11,8	5	32,13
4	103	96	6	12,9	6,8	32,59
5	103	96	5,9	13	7,1	32,65
6	103	96	5,9	12,9	7,0	32,56
7	106	96	5	14,9	10	33,50
8	106	96	5	14,8	10	33,50
9	106	96	5	15	10	33,69

**KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan mengenai rancang bangun alat praktikum hukum Bernoulli, yaitu :

1 Dari hasil percobaan dan data diketahui bahwa dalam keadaan tinggi botol I dan II sama tinggi maka air selalu berhenti mengalir ketika tinggi air dalam botol sama tinggi. Tekanan yang disebabkan oleh ketinggian yang sama antara botol I dan II tidak menyebabkan perubahan signifikan terhadap laju alir sesuai dengan asas dan prinsip hukum Bernoulli dan  $Q=(43\pm 2)10^3\text{cm}^3/\text{s}$   
 2 Dari hasil percobaan dan data diketahui bahwa air selalu berhenti mengalir apabila besar selisih tinggi air dalam botol ( $\Delta l$ ) sama dengan besar selisih tinggi antara botol I dan II ( $\Delta h$ ). Tekanan yang disebabkan oleh ketinggian yang berbeda antara botol I dan II menyebabkan perubahan signifikan terhadap laju alir sesuai dengan asas dan prinsip hukum Bernoulli dan  $Q=(43\pm 3)10^3\text{cm}^3/\text{s}$ .

3 Dari hasil penelitian dan data yang diperoleh dapat diketahui bahwasannya nilai ketelitian alat untuk percobaan pertama sebesar 6,97% dan nilai ketelitian alat untuk percobaan kedua sebesar 9,9%.

**Ucapan Terima Kasih**

Penulis mengucapkan terimakasih kepada dosen pembimbing yang telah membantu sehingga penelitian ini terselesaikan.

**DAFTAR PUSTAKA**

Ahmed, S., & Nadeem, S. (2018). "The Role of Bernoulli's Principle in Fluid Dynamics for Civil Engineering." *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 9(7), 1220-1232.

Anderson, J. D. (2010). *Fundamentals of Aerodynamics* (5th ed.). McGraw-Hill Education.

Arif et al 2017, 'Kesalahan Siswa dalam Memecahkan Masalah Fluida Statis, Pros.Seminar Pendidikan IPA, vol.2, Pascasarjana UM, pp.9-22

Aris, R. (1999). *Introduction to the Analysis of Transport and Nonequilibrium Thermodynamics*. Dover Publications.

Ayubi, Muchammad Sholachuddin Al dkk 2015,'Perancangan dan Penerapan Aparatus Pengukuran Debit Air dengan Menggunakan Venturimeter dan Water Flow Sensor,Jurnal Inovasi Fisika Indonesia, vol.6,no.4,pp.21-26

Banerjee, S. (2016). "Revisiting Bernoulli's Equation in High-Flow Regimes." *Journal of Fluid Science and Technology*, 11(4), 177-185.

Barlow, J. B., Rae, W. H., & Pope, A. (1999). *Low-Speed Wind Tunnel Testing* (3rd ed.). Wiley.

Batchelor, G. K. (1970). *An Introduction to Fluid Mechanics*. Cambridge University Press.

Batchelor, G. K. (2000). *An Introduction to Fluid Dynamics*. Cambridge University Press.

Bernard, J., & Paul, M. (2019). "Fluid Dynamics of Bernoulli's Equation in Practical Engineering



- Applications." *International Journal of Hydraulic Engineering*, 22(6), 58-68.
- Bernoulli, D. (1738). *Hydrodynamica*. Ex Officina J. E. de la Cua, Amsterdam.
- Bhat, I. M. (2010). "Application of Bernoulli's Principle in Water Flow Systems." *Journal of Water Resources*, 23(4), 221-230.
- Bird, R. B., Stewart, W. E., & Lightfoot, E. N. (2007). *Transport Phenomena* (2nd ed.). Wiley.
- Blevins, R. D. (2001). *Flow-Induced Vibration* (2nd ed.). Wiley.
- Cengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2014). *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications* (3rd ed.). McGraw-Hill Education.
- Chakraborty, P. (2016). "Bernoulli's Principle in Modern Fluid Mechanics." *Applied Mechanics Review*, 69(2), 220-232.
- Chowdhury, M., & Zaman, T. (2021). "Bernoulli's Equation and Its Application in Hydraulic Designs." *Hydraulic Engineering Journal*, 19(2), 202-210.
- Currie, I. G. (2001). *Fundamentals of Fluid Mechanics* (2nd ed.). Elsevier.
- Davidson, P. A. (2004). *Turbulence: An Introduction for Scientists and Engineers*. Oxford University Press.
- Durst, F., & Hirschel, E. (2009). *The Physics of Fluid Flow*. Springer.
- Ewing, R. E. (2014). *Fluid Flow: The Bernoulli Equation and Its Applications*. Elsevier.
- Fenton, J. D., & Forsyth, P. (2017). "Review of the Application of Bernoulli's Principle in Industrial Applications." *Journal of Hydraulic Engineering*, 143(5), 250-260.
- Finkelstein, L. (1999). "A Study of Bernoulli's Equation in Fluid Flow Systems." *Journal of Fluid Engineering*, 121(3), 463-470.
- Fowler, J. W., & Smith, R. W. (2013). *Introduction to Fluid Mechanics: Principles and Applications*. Elsevier.
- Frankel, S. H. (2002). *Viscous Flow*. Cambridge University Press.
- Goldstein, R. J. (2003). *Fluid Mechanics* (3rd ed.). Dover Publications.
- Jones, G. (2009). *Fluid Dynamics and Fluid Flow Analysis*. McGraw-Hill.
- Jones, W. P., & Childress, S. (1998). "Fluid Dynamics and the Bernoulli Equation: Applications to Real-World Engineering." *Journal of Engineering Physics*, 57(3), 455-467.
- Kays, W. M., & Crawford, M. E. (1993). *Convective Heat and Mass Transfer* (3rd ed.). McGraw-Hill Education.
- Knight, R. D. (2012). *Physics for Scientists and Engineers: A Strategic Approach* (3rd ed.). Pearson.
- Kundu, P. K., & Cohen, I. M. (2004). *Fluid Mechanics* (4th ed.). Elsevier.
- Lin, J. (2015). "Application of Bernoulli's Equation in the Study of Fluid Flow." *Journal of Applied Fluid Mechanics*, 8(2), 201-208.
- Liu, H., & Yu, Q. (2021). "Optimization of Fluid Flow Systems Based on Bernoulli's Principle."



- International Journal of Fluid Engineering, 64(4), 75-86.
- McDonald, B. (2017). *Hydrodynamics: Principles and Applications*. Wiley.
- Munson, B. R., Young, D. F., & Okiishi, T. H. (2013). *Fundamentals of Fluid Mechanics* (7th ed.). Wiley.
- Potter, M. C., & Wiggert, D. C. (2008). *Fluid Mechanics* (3rd ed.). Prentice Hall.
- Prandtl, L., & Tietjens, O. G. (1934). *Applied Hydrodynamics*. Dover Publications.
- Ramos, C., & Ramalho, A. (2015). "Fluid Dynamics in Civil Engineering Applications: An Overview of Bernoulli's Equation." *Journal of Hydraulic Engineering*, 141(5), 520-529.
- Roache, P. J. (1997). *Fundamentals of Computational Fluid Dynamics*. Hermosa Publishers.
- Rouse, H. (1950). *Engineering Hydraulics*. John Wiley & Sons.
- Saputri, Septriani Dwie 2009, 'Rancang Bangun Venturimeter Berbasis Mikrokontroler, skripsi, Universitas Indonesia
- Sarpkaya, T., & Isaacson, M. (1981). *Mechanics of Fluids and Transport Processes*. Springer.
- Schlichting, H., & Gersten, K. (2016). *Boundary-Layer Theory* (9th ed.). Springer.
- Sinha, A., & Sharma, R. (2017). "Numerical Simulation of Fluid Flow Using Bernoulli's Equation." *Computational Fluid Dynamics Journal*, 25(2), 81-94.
- Spurk, J., & Aksel, S. (2006). *Fluid Mechanics: Introduction to the Theory of Fluid Flows*. Springer.
- Stepanov, E. (2019). "Bernoulli's Principle and Its Role in the Design of Fluid Machinery." *Journal of Fluid Engineering Research*, 12(4), 23-30.
- Streeter, V. L., & Wylie, E. B. (1993). *Fluid Mechanics* (9th ed.). McGraw-Hill Education.
- Streeter, V. L., & Wylie, E. B. (1993). *Fluid Mechanics* (9th ed.). McGraw-Hill.
- Sudakhar, K 2017, 'CFD Analysis On Different Geometries Of Venturimeter By Using Fluent', *Indian Journal Of Research*, vol.6, no.7, pp.2250-1991.
- Thompson, S. (2011). *Advanced Fluid Mechanics and Applications*. McGraw-Hill.
- Timoshenko, S., & Goodier, J. N. (1970). *Theory of Elasticity* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- White, F. M. (2011). *Fluid Mechanics* (7th ed.). McGraw-Hill Education.
- White, F. M., & Patel, V. M. (2015). "Flow in Pipes and Channels: Bernoulli's Equation and Its Applications." *Journal of Hydraulic Engineering*, 22(1), 40-52.
- Zhang, L., & Chen, H. (2018). "Application of Bernoulli's Principle in the Design of Hydraulic Systems." *Journal of Fluid Mechanics*, 835(1), 1-16.