
**PENGARUH TEKANAN TERHADAP VOLUME AIR DAN MINYAK
PADA MANOMETER TERBUKA BERDASARKAN HUKUM BOYLE****Ardha Hafiidh Friansyah¹, Meysa Aulia Devi², Yesy Rahman³****Universitas Negeri Semarang, Indonesia**E-mail: ardhafriansyah@gmail.com¹, yesyrhmn@gmail.com²,
meysshaauliaa@gmail.com³

Abstrak

Hukum Boyle menyatakan bahwa pada suhu konstan, tekanan gas ideal berbanding terbalik dengan volumenya. Hubungan ini dapat diuji dengan menggunakan manometer, alat yang mengukur tekanan fluida dengan menyeimbangkan kolom fluida lainnya. Dalam penelitian ini, manometer digunakan untuk menyelidiki pengaruh tekanan terhadap volume air dan minyak. Ketika tekanan di atas cairan meningkat, volumenya berkurang. Hubungan ini diamati untuk kedua cairan, meskipun air memiliki kompresibilitas yang lebih tinggi daripada minyak. Temuan menarik dari penelitian ini adalah penerapan hukum yang umumnya berlaku pada gas ideal ternyata dapat diamati juga pada cairan, meskipun karakteristik kompresibilitas cairan berbeda. Air, yang memiliki kompresibilitas lebih tinggi dibandingkan minyak, menunjukkan penurunan volume yang lebih signifikan saat tekanan meningkat. Aspek kebaruan dari penelitian ini terletak pada eksplorasi penerapan Hukum Boyle pada cairan, yang jarang dikaji secara eksperimental, terutama dengan metode sederhana seperti manometer. Temuan ini membuka peluang pemanfaatan prinsip dasar Hukum Boyle dalam berbagai aplikasi praktis, seperti perancangan sistem hidrolik di bidang teknik, optimalisasi proses pemompaan fluida dalam industri minyak dan gas, serta studi fisiologi cairan tubuh dalam biologi. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memperkuat validitas Hukum Boyle, tetapi juga memperluas pemahaman tentang perilaku cairan di bawah tekanan dalam berbagai konteks aplikatif.

Kata Kunci: air, boyle, manometer, minyak, tekanan, volume.

Abstract

Boyle's Law states that at constant temperature, the pressure of an ideal gas is inversely proportional to its volume. This relationship can be tested using a manometer, a device that measures the pressure of a fluid by balancing another column of fluid. In this study, a manometer was used to investigate the effect of pressure on the volume of water and oil. When the pressure above a liquid increases, its volume decreases. This relationship was observed for both liquids, although water has higher compressibility than oil. An interesting finding of this study is that the application of the law that generally applies to ideal gases can also be observed in liquids, although the compressibility characteristics of liquids are different. Water, which has higher compressibility than oil, shows a more significant decrease in volume as pressure increases. The novel aspect of this research lies in exploring the application of Boyle's Law to liquids, which are rarely studied experimentally, especially with simple methods such as manometers. This finding opens up opportunities for the utilization of the basic principles of Boyle's Law in various practical applications, such as the design of hydraulic systems in engineering, optimization of fluid pumping processes in the oil and gas industry, and the study of body fluid physiology in biology. Thus, this research not only strengthens the validity of Boyle's Law, but also expands the understanding of fluid behavior under pressure in various applicative contexts.

Keywords: boyle, manometer, pressure, volume, water, oil.

Pendahuluan

Segala hal yang berkaitan dengan dunia fisik beserta prinsip-prinsip yang mengatur sifat-sifatnya dapat dipelajari melalui proses observasi dan pengukuran (Rukhmana et al., 2022). Fenomena alam yang sulit dijangkau, tidak mudah diamati secara langsung, atau tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, bisa direpresentasikan melalui pemodelan di laboratorium. Dalam kondisi ini, situasi yang diciptakan diatur menyerupai gejala dan proses alami yang sebenarnya, sehingga dapat diamati dan diukur secara lebih mudah. Data hasil pengukuran tersebut kemudian dianalisis, sehingga memungkinkan penarikan kesimpulan mengenai kesesuaian suatu fenomena alam dengan hukum atau teori fisika yang telah ada. Salah satu contoh besaran fisika yang terdapat di alam adalah tekanan atmosfer (Patras et al., 2022).

Ketika mempelajari fisika dan teori kinetik gas (hukum Boyle), kita sering menemukan bahwa pembelajaran dilakukan hanya dengan menyampaikan hukum dan rumus matematika. Hukum Boyle, yang ditemukan oleh fisikawan Irlandia Robert Boyle pada tahun 1662, menyatakan bahwa pada suhu konstan, volume gas berbanding terbalik dengan tekanan yang diberikan padanya. Eksperimen Boyle menggunakan tabung tertutup berisi gas, di mana ia memvariasikan tekanan dan mengamati perubahan volume yang terjadi (Hasanah, 2021). Hasil percobaan ini menunjukkan bahwa ketika tekanan gas meningkat, volume gas menurun secara proporsional (Kunlestiawati et al., 2023).

Saat ini, hanya sedikit sekali program magang yang membutuhkan pengumpulan dan analisis kuantitatif Hukum Boyle. Hukum Boyle menyatakan bahwa untuk gas ideal pada suhu konstan, tekanan berbanding terbalik dengan volumenya (Riana & Anggini, 2024). Meskipun hukum ini berlaku secara langsung untuk gas, prinsip-prinsip dasarnya juga relevan untuk memahami bagaimana cairan bereaksi terhadap perubahan tekanan dalam sistem tertutup atau semi-tertutup seperti jam. Pengukur Tekanan Air dan minyak adalah dua jenis fluida yang biasa digunakan dalam berbagai aplikasi industri dan ilmiah (Andalucia, 2023). Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam mengenai perilaku zat dalam kondisi tekanan tertentu menjadi sangat penting. Salah satu pendekatan yang digunakan adalah penerapan Hukum Boyle, yang memungkinkan pengambilan data kuantitatif secara akurat (Solihin et al., 2024). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji bagaimana tekanan memengaruhi zat cair seperti air dan minyak melalui eksperimen pengukuran tekanan terbuka. Metode ini dianggap efektif dalam menentukan hubungan antara tekanan dan volume gas dalam suatu ruang tertutup pada suhu tetap, sesuai dengan prinsip Hukum Boyle. Selain itu, pendekatan ini juga dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran untuk memahami konsep dasar Hukum Boyle, sekaligus berfungsi sebagai alat sederhana dalam mengukur tekanan atmosfer (P_0) suatu wilayah atau zat cair tertentu (Suryanto & Luthfian, 2019).

Dalam kehidupan sehari-hari, salah satu alat yang bekerja berdasarkan prinsip Hukum Boyle adalah pengukur tekanan (pressure gauge). Alat ini dirancang untuk mengukur tekanan udara dalam suatu ruang tertutup. Salah satu tipe yang sering digunakan adalah pengukur tekanan berbasis kolom cairan (liquid column pressure gauge), yang umumnya diaplikasikan untuk mengukur tekanan yang mendekati tekanan atmosfer (Tanjung, 2020). Namun, alat ini tidak secara langsung menunjukkan nilai tekanan atmosfer di suatu lokasi, melainkan menginformasikan perbedaan tekanan antara ruang tertutup yang diukur dengan tekanan udara luar (Wardhana, 2013). Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh tekanan terhadap volume zat cair, khususnya air dan minyak, melalui penerapan prinsip Hukum Boyle menggunakan alat manometer berbasis kolom cairan. Penelitian ini diharapkan tidak hanya memperkuat pemahaman teoritis mengenai hubungan antara tekanan dan volume dalam pembelajaran fisika, tetapi juga

memberikan wawasan praktis mengenai penggunaan manometer dalam berbagai aplikasi teknik.

Secara praktis, hasil penelitian ini memiliki implikasi yang signifikan, terutama dalam industri yang bergantung pada sistem tekanan tertutup. Misalnya, dalam sistem penyimpanan dan distribusi fluida di industri minyak dan gas, pemantauan tekanan menjadi hal yang krusial untuk menjaga keamanan dan efisiensi operasional. Selain itu, prinsip yang diuji dalam penelitian ini juga diaplikasikan dalam teknologi hidrolik, sistem pneumatik, serta alat ukur tekanan di bidang medis, seperti pada manometer darah. Dengan pemahaman yang lebih baik terhadap prinsip Hukum Boyle dan cara kerjanya dalam alat ukur seperti manometer, pengguna di berbagai bidang industri dapat meningkatkan akurasi pengukuran, keamanan sistem, dan efisiensi proses kerja.

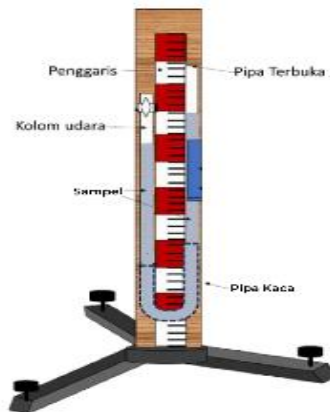
Dari hasil percobaan, akan diperoleh data berupa variasi tinggi dan panjang kolom udara. Dengan informasi mengenai panjang kolom tersebut, volume udara dalam ruang tertutup dapat dihitung. Selanjutnya, dengan memanfaatkan rumus tekanan absolut dan memperhitungkan selisih tekanan antara bagian dalam ruang tertutup dengan tekanan eksternal (yang tercatat melalui pengukur tekanan terbuka), serta memperhatikan perbedaan ketinggian permukaan merkuri pada kedua sisi tabung, nilai tekanan atmosfer bisa dihitung secara akurat. Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara kuantitatif dan dipresentasikan dalam bentuk grafik untuk menentukan tekanan barometrik. Selain itu, data tersebut juga dapat menjelaskan hubungan antara tekanan dan volume gas. Hubungan inilah yang mendasari perumusan Hukum Boyle. Oleh karena itu, alat yang dirancang dalam penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai media pembelajaran praktis mengenai Hukum Boyle sekaligus sebagai perangkat sederhana dalam mengukur nilai tekanan atmosfer (Muna & Fitriana Masithoh, 2016).

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Eksperimen dilakukan dengan menggunakan manometer terbuka yang diisi dengan air dan minyak. Tekanan diterapkan secara bertahap, dan perubahan volume serta ketinggian kolom fluida diukur dan dianalisis untuk menentukan hubungan antara tekanan dan volume (Husain & Erlangga, 2023).

Perangkat dan material yang digunakan dalam perancangan alat serta pengambilan data melibatkan penggunaan zat cair, dengan air sebagai sampel yang dipilih (H_2O) dan minyak sayur. Pemilihan air dan minyak sayur sebagai isian atau sampel manometer adalah untuk mengetahui pengaruh tekanan yang di dapat dari kedua sampel. Massa jenis air (H_2O) yaitu $0,99567 \text{ gr/cm}^3$ dan massa jenis minyak yaitu $0,8 \text{ gr/cm}^3$.

Alat ini terbuat dari tabung gelas seperti pengukur tekanan biasa. Memang mudah untuk mengetahui hasil analisis variasi variabel independen, khususnya panjang kolom udara. Platform dan alat dilengkapi dengan batang untuk mendukung pipa. Slip pengganti digunakan untuk merekatkan tabung ke kayu tiang. Termometer memungkinkan Anda mengetahui suhu dalam air (H_2O) dan minyak sayur. Jarum suntik yang terhubung ke tabung plastik digunakan sebagai alat untuk memasukkan cairan ke dalam pengukur tekanan, serta untuk pengujian dan perubahan untuk menentukan tekanan pada dua sampel.



Gambar 1. Peralatan Eksperimen Hukum Boyle

Untuk mengevaluasi kesamaan tinggi permukaan raksa pada kedua ujung selang waterpass sampel pada perangkat diatur pada posisi ketinggian sesuai dengan titik kalibrasi yang telah ditentukan. Dengan bantuan waterpass, dapat dipastikan apakah permukaan sampel pada kedua sisi selang memiliki tinggi yang seimbang atau tidak. Pada tahap kalibrasi ini, panjang kolom udara yang terbentuk disebut sebagai l_0 .

Proses pengambilan data dilakukan menggunakan alat yang telah dibuat, dengan cara memvariasikan variabel bebas berupa panjang kolom udara (l), sedangkan variabel terikatnya adalah selisih ketinggian permukaan sampel pada kedua sisi selang (h). Untuk mempermudah pengukuran, perbedaan tinggi permukaan sampel (h) tidak diukur secara langsung, melainkan melalui pengamatan terhadap tinggi permukaan sampel pada sisi selang yang terbuka (H).

Nilai perbedaan ketinggian permukaan raksa pada kedua kaki selang (h) dapat dihitung dengan mencari selisih antara panjang kolom udara (l) dan tinggi permukaan raksa pada sisi selang yang terbuka (H). Dengan kata lain, perbedaan tinggi permukaan raksa di kedua sisi selang diperoleh dari pengurangan antara panjang kolom udara yang diamati dan ketinggian permukaan pada sisi selang yang memiliki ujung terbuka. Nilai selisih tersebut mencerminkan perbedaan tinggi permukaan raksa antara kedua sisi, yang menjadi data penting dalam proses analisis.

Variabel Bebas yaitu tekanan yang ditetapkan (P_a), Volume cairan (mL) dan Variabel Terikat yaitu ketinggian kolom fluida (cm), Volume cairan dalam manometer (mL).

Hasil dan Pembahasan

Pada Percobaan eksperimen dengan sampel air (H_2O), diketahui temperatur (suhu) air diperoleh $32^\circ C$. Pengambilan data dilakukan dengan ukur volume air yang telah di tetapkan (3mL, 4mL dan 5mL), kemudian masukan pada manometer sehingga didapat titik kalibrasi:

Tabel 1. Volume Sampel & Titik Kalibrasi Manometer

Volume sampel (mL)	Titik kalibrasi manometer (cm)
3 mL	1 cm
4 mL	3 cm
5 mL	5 cm

Kemudian berikan tekanan (gas) dengan syringe terhadap titik kalibrasi yang telah di peroleh dalam manometer, tekanan dalam 1atm:

Tabel 2. Volume Sampel

Volume sampel (mL)	Titik kalibrasi manometer (cm)	Titik tekanan yang diperoleh dalam manometer pipa u
3 mL	1 cm	10,5
4 mL	3 cm	8
5 mL	5 cm	7

Setelah mengetahui hasil pengamatan yang telah diperoleh, masukan persamaan hukum boyle, dimana $P = \frac{1}{v}$, dengan :

$$P_{gas} = P_{atm} + \rho \cdot g \cdot h$$

P = Tekanan yang dialami gas ideal pada ruang tertutup (pipa u)

P_{atm} = Tekanan atmosfer tempat tersebut

ρ = massa jenis zat cair

g = percepatan gravitasi bumi

h = perbedaan tinggi permukaan raksa

Implementasikan persamaan rumus tersebut terhadap hasil pengamatan yang telah di peroleh :

$$P_{gas\ 1} = P_{atm} + \rho \cdot g \cdot h$$

$$P_{gas\ 1} = 76cmHg + 0,99567 \times 9,8 \times 10,5$$

$$P_{gas\ 1} = 178,45\ cmHg$$

$$P_{gas\ 2} = P_{atm} + \rho \cdot g \cdot h$$

$$P_{gas\ 2} = 76cmHg + 0,99567 \times 9,8 \times 8$$

$$P_{gas\ 2} = 154,06\ cmHg$$

$$P_{gas\ 3} = P_{atm} + \rho \cdot g \cdot h$$

$$P_{gas\ 3} = 76cmHg + 0,99567 \times 9,8 \times 7$$

$$P_{gas\ 3} = 144,30\ cmHg$$

Pada Percobaan eksperimen dengan sampel minyak, diketahui temperatur (suhu) minyak diperoleh 36°C .Pengambilan data dilakukan dengan ukur volume minyak yang telah di tetapkan (3mL, 4mL dan 5mL), kemudian masukan pada manometer sehingga didapat titik kalibrasi :

Tabel 3. Volume Sampel

Volume sampel (mL)	Titik kalibrasi manometer (cm)
3 mL	1 cm
4 mL	4 cm
5 mL	6 cm

Kemudian berikan tekanan (gas) dengan syringe terhadap titik kalibrasi yang telah di peroleh dalam manometer, tekanan dalam 1atm:

Tabel 4. Volume Sampel

Volume sampel (mL)	Titik kalibrasi manometer (cm)	Titik tekanan yang diperoleh dalam manometer pipa u
3 mL	1 cm	11
4 mL	3 cm	10
5 mL	5 cm	8,5

Setelah mengetahui hasil pengamatan yang telah diperoleh, masukan persamaan hukum boyle, dimana $P = \frac{1}{v}$, dengan :

$$P_{gas} = P_{atm} + \rho \cdot g \cdot h$$

P = Tekanan yang dialami gas ideal pada ruang tertutup (pipa u)

P_{atm} = Tekanan atmosfer tempat tersebut

ρ = massa jenis zat cair

g = percepatan gravitasi bumi

h = perbedaan tinggi permukaan raksa

Implementasikan persamaan rumus tersebut terhadap hasil pengamatan yang telah di peroleh :

$$\begin{aligned} P_{gas 1} &= P_{atm} + \rho \cdot g \cdot h \\ P_{gas 1} &= 76cmHg + 0,8 \times 9,8 \times 11 \\ P_{gas 1} &= 162,24 cmHg \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{gas 2} &= P_{atm} + \rho \cdot g \cdot h \\ P_{gas 2} &= 76cmHg + 0,8 \times 9,8 \times 10 \\ P_{gas 2} &= 154,4 cmHg \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{gas 3} &= P_{atm} + \rho \cdot g \cdot h \\ P_{gas 3} &= 76cmHg + 0,8 \times 9,8 \times 8,5 \\ P_{gas 3} &= 146,64 cmHg \end{aligned}$$

Pengaruh Tekanan terhadap Ketinggian Kolom Air berdasarkan Tabel, terlihat bahwa dengan bertambahnya tekanan, ketinggian kolom air berkurang. Hal ini konsisten pada semua variasi volume (3 mL, 4 mL, dan 5 mL). Meskipun volume air berubah, penurunan ketinggian kolom tetap proporsional dengan kenaikan tekanan, menunjukkan bahwa air hampir tidak bisa dimampatkan.

Pengaruh Tekanan terhadap Ketinggian Kolom Minyak berdasarkan data pada tabel pengamatan, menunjukkan pola serupa dengan air, di mana peningkatan tekanan menyebabkan penurunan ketinggian kolom minyak. Penurunan ketinggian kolom minyak sedikit lebih besar dibandingkan dengan air untuk setiap kenaikan tekanan yang sama (Wasiran et al., 2022). Hal ini menunjukkan bahwa minyak memiliki kompresibilitas yang sedikit lebih tinggi dibandingkan air.

Analisis Perbandingan Antara Sampel Air dan Sampel Minyak yaitu diamati bahwa pada kondisi yang sama (misalnya volume cairan yang digunakan dalam manometer), tekanan gas yang diamati pada sampel minyak cenderung lebih rendah dibandingkan dengan sampel air, kondisi ini dapat dijelaskan oleh perbedaan densitas dan kompresibilitas antara kedua fluida. Minyak biasanya memiliki densitas yang lebih rendah dan kompresibilitas yang lebih tinggi dibandingkan air (Liana et al., 2024).

Kesesuaian dengan Hukum Boyle yang menyatakan bahwa tekanan berbanding terbalik dengan volume untuk gas (Luqman, 2024). Pada Hasil yang diperoleh dari perlakuan masih sesuai dan konsisten dengan prinsip Hukum Boyle yang menyatakan bahwa pada suhu tetap, tekanan gas inversely proportional terhadap volumenya. Artinya, semakin besar volume cairan dalam manometer, semakin rendah tekanan gas yang diamati.

Kesimpulan

Dari penjelasan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa alat percobaan manometer terbuka ini layak digunakan untuk pembelajaran Hukum Boyle serta sebagai alat ukur sederhana dalam menentukan nilai tekanan gas dan volume sampel dalam atm. Pengamatan ini mengonfirmasi bahwa sifat-sifat fisik dari fluida yang digunakan dalam manometer dapat memengaruhi respons terhadap tekanan gas yang diberikan, serta mempertimbangkan faktor-faktor tambahan yang dapat memengaruhi respons tekanan gas, seperti suhu dan jenis fluida yang berbeda.

Bibliography

- Andalucia, S. (2023). Operasi Dan Troubleshooting Gas Compressor Di Stasiun Kompresor Gas (Skg) Lembak Pt Pertamina Hulu Rokan Region 1 Zona 4. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 2(5), 2133–2152.
- Hasanah, R. (2021). *Pengaruh Media Power Point terhadap Hasil Belajar Peserta didik pada Materi Teori Kinetik Gas Kelas XI SMAN Unggul Subulussalam*. UIN Ar-Raniry.
- Husain, M. I., & Erlangga, M. (2023). *Analisis Rembesan Pada Kolam Retensi Terboyo*. Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- Kunlestiawati, K., Muldiani, R. F., & Pratama, D. (2023). Analisis Model Persamaan Gas Nyata Pada Eksperimen Hukum Gay-Lussac Dan Boyle. *Science and Physics Education Journal (SPEJ)*, 7(1), 1–7. <https://doi.org/10.31539/spej.v7i1.6869>
- Liana, U. W. M., Albar, A., Gunawan, M., & Pitoyo, P. (2024). Pengaruh Lama Rendaman Air Laut Sebatik Menggunakan Aspal Karet Dan Aspal Pen 60/70 Berdasarkan Uji Marshall. *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 7(2), 219–232.
- Luqman, H. (2024). *Pengembangan Alat Praktikum Hukum Boyle Sederhana Untuk Melatihkan Keterampilan Proses Sains*.
- Muna, D., & Fitriana Masithoh, D. (2016). Pembuatan Alat Percobaan Manometer Terbuka Untuk Menentukan Nilai P_0 Berdasarkan Hukum Boyle. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains (SNPS)*, 1–6.
- Patras, M. U., Silangen, P. M., & Tumangkeng, J. V. (2022). Eksplorasi konteks-konsep fisika di pesisir pantai pulau lembeh untuk pembelajaran di SMP. *Charm Sains: Jurnal Pendidikan Fisika*, 3(3), 182–186.
- Riana, M., & Anggini, A. (2024). Hukum-Hukum Gas Ideal. *Pentagon: Jurnal Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 2(3), 1–7.
- Rukhmana, T., Darwis, D., IP, S., Alatas, A. R., SE, M. M., Tarigan, W. J., Mufidah, Z. R., Muhamad Arifin, M. H. I., Cahyadi, N., & S ST, M. M. (2022). *Metode Penelitian Kualitatif*. CV Rey Media Grafika.
- Solihin, A., Choirunnisa, N. L., & Mintohari, M. (2024). Eksplorasi Etnosains Monumen Kapal Selam Surabaya Sebagai Sumber Belajar IPAS Sekolah Dasar. *Jurnal Review Pendidikan Dasar: Jurnal Kajian Pendidikan Dan Hasil Penelitian*, 10(2), 137–148.

- Suryanto, W., & Luthfian, A. (2019). *Pengantar Meteorologi*. Ugm Press.
- Tanjung, A. S. (2020). *Laporan Kerja Praktek PT Domas Agroiinti Prima Kuala Tanjung Kec Medang Deras, Kab Batubara Sumatera Utara*.
- Wardhana, A. O. (2013). Afrizal Okky Wardhana LOE009051 Fakultas Teknik Program Studi Diploma Iii Teknik Mesin Semarang Maret 2013. *Skripsi, Universita, Semarang*.
- Wasiran, W., Yudisworo, W. D., & Prihastuty, E. (2022). Performance testing of centrifugal pump type with 3 Hp power. *Mestro: Jurnal Teknik Mesin Dan Elektro*, 4(02), 21–30.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).