



PEMBUATAN ALAT PERCOBAAN MANOMETER TERBUKA UNTUK MENENTUKAN NILAI P_0 BERDASARKAN HUKUM BOYLE

Dzirwatul Muna¹, Dyah Fitriana Masithoh²

^{1,2} Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 57126

Email Korespondensi: nashiramuna@gmail.com

Abstrak

Telah dibuat alat percobaan manometer terbuka untuk mengukur tekanan atmosfer suatu tempat. Alat ini terbuat dari selang plastik dengan diameter 0,8 cm dan panjang 1,3 m. Yang disangga tiang kayu yang memiliki tinggi 75 dan papan alas berukuran 25 x 30 cm. Sebagai isian selang digunakan raksa sebesar 0,34 ml. Selang plastik ini direkatkan pada tiang penyangga yang dilengkapi mistar untuk menunjukkan panjang kolom udara dan perbedaan ketinggian permukaan raksa pada kedua kaki selang. Salah satu ujung selang tertutup. Untuk pengkalibrasian alat ini dilengkapi dengan waterpass yang disangga dua buah klem C. Hal ini dimaksudkan agar titik pengkalibrasian alat tidak hanya pada satu titik saja. Pengujian alat ini dilakukan dengan memvariasi panjang kolom udara sehingga terdapat perbedaan ketinggian permukaan raksa pada kedua ujung selang. Hasil pengukuran menunjukkan prosentase kesalahan antara 4,61 % - 16,76 % jika dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan barometer. Melihat hasil tersebut, manometer terbuka ini dikategorikan layak untuk membelajarkan Hukum Boyle dan sebagai alat ukur sederhana untuk menentukan nilai tekanan atmosfer.

Kata Kunci: Barometer, Raksa, Alat Ukur.

Pendahuluan

Segala sesuatu yang telah diketahui dalam dunia fisika dan tentang prinsip-prinsip yang mengatur sifat-sifat dapat dipelajari melalui proses pengamatan dan pengukuran. Gejala-gejala alam yang sukar ditemukan, yang tidak bisa diamati dari dekat dan sulit diamati dengan indera mata, dapat dibuat modelnya dalam laboratorium. Kondisinya diatur sedemikian rupa sehingga sesuai dengan gejala alam yang sebenarnya serta proses dan hasilnya dapat diamati atau diukur. Kemudian hasil pengukuran itu dapat diolah. Dari hasil pengolahan inilah dapat ditarik kesimpulan apakah suatu gejala alam sama atau tidak dengan Hukum atau teori yang ada dalam fisika. Salah satu contoh besaran yang ada di alam adalah tekanan udara.

Dalam pembelajaran fisika pada saat pembelajaran tentang teori kinetik gas (Hukum Boyle), seringkali dijumpai pembelajaran dilakukan hanya sekedar penyampaian Hukum serta rumus matematis. Padahal menurut Permendikbud Tahun 2013 No.81a : “Di dalam pembelajaran, peserta didik didorong untuk menemukan sendiri dan mentransformasikan informasi kompleks, mengecek informasi baru dengan yang sudah

ada dalam ingatannya, dan melakukan pengembangan menjadi informasi atau kemampuan yang sesuai dengan lingkungan dan jaman tempat dan waktu ia hidup”. Namun dalam perkembangannya saat ini sudah ada yang menggunakan media untuk membantu membelajarkan suatu konsep. Akan tetapi, pada saat ini kenyataannya di sekolah-sekolah daerah Surakarta untuk kegiatan praktikum yang membutuhkan pengambilan dan analisis secara kuantitatif pada Hukum Boyle belum ada. Dalam permendikbud No.69 Tahun 2013 tentang Kurikulum SMA-MA menyatakan bahwa untuk tingkatan siswa SMA diharapkan dapat : “Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah”. Siswa dalam jenjang SMA-MA untuk tingkatan kognitifnya seharusnya sudah sampai pada tahapan analisis. Sehingga perlu dibuat alat hukum

Boyle yang dapat digunakan untuk pengambilan data secara kuantitatif, sehingga dalam penelitian ini bertujuan untuk membuat alat percobaan manometer terbuka yang dikategorikan layak untuk mengetahui hubungan tekanan dengan volume gas pada ruang tertutup pada suhu tetap (Hukum Boyle) atau membelajarkan hukum Boyle dan layak digunakan sebagai alat ukur sederhana untuk menentukan nilai tekanan atmosfer (P_0) suatu tempat.

Salah satu contoh alat dalam kehidupan sehari-hari yang menggunakan hukum Boyle adalah manometer. Pada dasarnya manometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur tekanan udara pada ruang tertutup. Salah satu jenis manometer adalah manometer kolom cairan. Manometer kolom cairan biasanya digunakan untuk pengukuran tekanan yang tidak terlalu tinggi (mendekati tekanan atmosfer) (Wardhana.2013). Namun, hasil pengukuran pada manometer tidak menunjukkan tekanan udara dari tempat yang kita ukur. Akan tetapi menunjukkan selisih antara tekanan pada ruang yang diukur dengan udara luar.

Berdasarkan data percobaan maka akan didapatkan perbedaan ketinggian kolom udara dan panjang kolom udara. Dengan mengetahui panjang kolom udara maka dapat dihitung volume udara pada ruang tertutup. Dengan menggunakan persamaan tekanan mutlak dan menganggap tekanan perbedaan antara tekanan pada ruang tertutup dan tekanan udara luar atau tekanan yang ditunjukkan pada manometer terbuka yaitu perbedaan ketinggian permukaan raksa kedua kaki selang maka akan dapat dihitung nilai tekanan atmosfer. Hal ini dilakukan dengan cara memplotkan data pada grafik dengan menggunakan analisis kuantitatif sehingga di dapat nilai tekanan atmosfer. Selain itu dengan data yang pula digunakan untuk menentukan hubungan antara tekanan dan volume. Hubungan ini yang menjadi dasar perumusan Hukum Boyle. Sehingga diharapkan dari alat yang dibuat digunakan sebagai media untuk membelajarkan hukum Boyle dan sebagai alat ukur sederhana untuk menentukan nilai tekanan atmosfer suatu tempat.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam pengambilan data adalah dengan metode eksperimen. Adapun alat dan bahan yang digunakan untuk pembuatan alat dan pengambilan data adalah sebagai berikut : zat cair yang digunakan sebagai isian adalah raksa. Pemilihan raksa sebagai isian manometer adalah karena raksa memiliki massa jenis yang besar. Massa jenis raksa yaitu $13.591,5 \text{ kg/m}^3$ (Sears, Francis W. Dan Salingar, Gerhaed L.1986). Pada alat ini dipilih selang plastik bukan pipa kaca seperti pada manometer umumnya. Hal ini dikarenakan karena selang plastik murah mudah didapatkan dan alasan yang paling mendasar yaitu mudah digerakkan untuk digerakkan dalam percobaan untuk variasi variabel bebas yaitu panjang kolom udara. Papan alas dan kayu penegak dilengkapi dengan mistar sebagai penyangga selang. Selitip bolak-balik digunakan untuk merekatkan selang pada kayu penegak. Klem C sebagai penyangga waterpass yang digunakan saat pengkalibrasian alat. Klem dipilih sebagai penyangga waterpass karena dapat digerakkan sehingga pengkalibrasian tidak dilakukan pada satu titik saja. Waterpass digunakan saat kalibrasi sebagai penunjuk bahwa tinggi permukaan kedua raksa sama atau dengan kata lain $h = 0 \text{ cm}$. Termometer digunakan sebagai penutup salah satu ujung selang dan juga berfungsi untuk menunjukkan suhu udara pada ruang tertutup. Pipet digunakan untuk memudahkan untuk memasukkan raksa ke dalam selang plastik.

Produk yang dihasilkan alat percobaan hukum Boyle berupa manometer terbuka. Manometer terbuka yang dibuat dapat digunakan untuk menentukan nilai tekanan atmosfer suatu tempat. Alat ini terbuat dari selang plastik dengan diameter 0,8 cm dan panjang 1,3 m. Yang disangga tiang kayu yang memiliki tinggi 75 dan papan alas berukuran 25 x 30 cm. Sebagai isian selang digunakan raksa sebesar 0,34 ml. Selang plastik ini direkatkan pada tiang penyangga yang dilengkapi mistar untuk menunjukkan panjang kolom udara dan perbedaan ketinggian permukaan raksa pada kedua kaki selang. Salah satu ujung selang tertutup. Untuk pengkalibrasian alat ini dilengkapi

dengan waterpass yang disangga dua buah klem C. Hal ini dimaksudkan agar titik pengkalibrasian alat tidak hanya pada satu titik saja.

Seperti alat ukur pada umumnya sebelum digunakan dilakukan pengkalibrasian alat terlebih dahulu. Kalibrasi dari produk yang dibuat ini dilakukan dengan cara mengatur sedekemian rupa sehingga tinggi permukaan raksa pada kedua kaki selang sama. Untuk mengecek apakah tinggi permukaan raksa pada kedua kaki selang sama maka klem C dan waterpass pada alat diatur pada ketinggian kalibrasi yang diinginkan. Dengan melihat waterpass maka akan dapat diketahui apakah tinggi permukaan raksa pada kedua kaki selang sama atau tidak. Panjang kolom udara saat pengkalibrasian ini disebut dengan l_0 .

Pengambilan data menggunakan produk yang dihasilkan ini dengan bervariasi variabel bebas yaitu panjang kolom udara (l) dan variabel terikat yaitu perbedaan ketinggian permukaan raksa pada kedua kaki selang (h). Agar memudahkan dalam pengukuran maka untuk variabel terikat tidak langsung mengukur nilai perbedaan ketinggian permukaan raksa pada kedua kaki selang (h) akan tetapi ketinggian permukaan raksa pada kaki selang yang ujungnya terbuka (H). Kemudian untuk menentukan nilai perbedaan ketinggian permukaan raksa pada kedua kaki selang (h) dapat dihitung dengan menghitung selisih antara panjang kolom udara (l) dan ketinggian permukaan raksa pada kaki selang yang ujungnya terbuka (H). Selisih antara ketinggian permukaan raksa pada kedua kaki selang (h) dapat dihitung dengan menghitung selisih antara panjang kolom udara (l) dan ketinggian permukaan raksa pada kaki selang yang ujungnya terbuka (H) merupakan dengan perbedaan ketinggian permukaan raksa pada kedua kaki selang (h).

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pengambilan data yang dilakukan dengan titik kalibrasi $l_0 = (34 \pm 0,05) \times 10^{-2}$ m. Sedangkan untuk variasi variabel bebas dengan selisih 0,5 cm. Pengukuran yang dilakukan adalah pengukuran tunggal. Data

yang didapatkan dari percobaan sebanyak 20 data. Adapun data yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 1.

$$l_0 = (34 \pm 0,05) \text{ cm} \quad T = (28 \pm 0,05) ^\circ\text{C}$$

Ketinggian kota Surakarta : 93 – 98 m

(id.wikipedia.org/wiki/Kota_Surakarta)

Tabel 1. Data Percobaan

$(l \pm \Delta l)$ $(l \pm$ 0,0005) (m)	$(h \pm \Delta h)$ $(h \pm$ 0,0005) (m)	$\left(\frac{1}{l} \pm \Delta \frac{1}{l}\right)$ $\left(\frac{1}{l} \pm$ 0,0005) (m⁻¹)	$(H \pm \Delta H)$ (H $\pm 0,0005$) (m)
0,3350	0,0080	2,9851	0,3270
0,3300	0,0200	3,0303	0,3100
0,3250	0,0300	3,0769	0,2950
0,3200	0,0410	3,1250	0,2790
0,3150	0,0500	3,1746	0,2650
0,3100	0,0780	3,2258	0,2320
0,3050	0,0860	3,2787	0,2190
0,3000	0,1000	3,3333	0,2000
0,2950	0,1100	3,3898	0,1850
0,2900	0,1280	3,4483	0,1620
0,2850	0,1450	3,5088	0,1400
0,2800	0,1560	3,5714	0,1240
0,2750	0,1620	3,6364	0,1130
0,2700	0,1850	3,7037	0,0850
0,2650	0,1880	3,7736	-0,0770
0,2600	0,2200	3,8462	-0,0400
0,2550	0,2250	3,9216	-0,0300
0,2500	0,2300	4,0000	-0,0200
0,2450	0,2860	4,0816	-0,0410
0,2400	0,2970	4,1667	-0,0570

Hukum Boyle berlaku bagi gas ideal. Sears (1986) menyatakan jika gas merupakan gas ideal, persamaan untuk gas diformulasikan sebagai berikut :

$$P \cdot V = \text{Konstan } (K) \quad (1)$$

dengan :

P = tekanan yang dialami gas ideal pada ruang tertutup

V = volume gas ideal pada ruang tertutup

Tekanan yang dimaksud pada persamaan (1) adalah tekanan mutlak.

Persamaan mutlak dapat dituliskan sebagai berikut :

$$P = P_0 + \rho \cdot g \cdot h \quad (2)$$

P = Tekanan yang dialami gas ideal pada ruang tertutup

P_0 = tekanan atmosfer tempat tersebut

ρ = massa jenis zat cair

g = percepatan gravitasi bumi

h = perbedaan tinggi permukaan raksa

mdengan memasukkan rumus volume dan operasi matematis sehingga dari persamaan (2) akan diperoleh :

$$h = \frac{K}{\rho \cdot g \cdot \pi r^2} \frac{1}{l} - \frac{P_0}{\rho \cdot g} \quad (3)$$

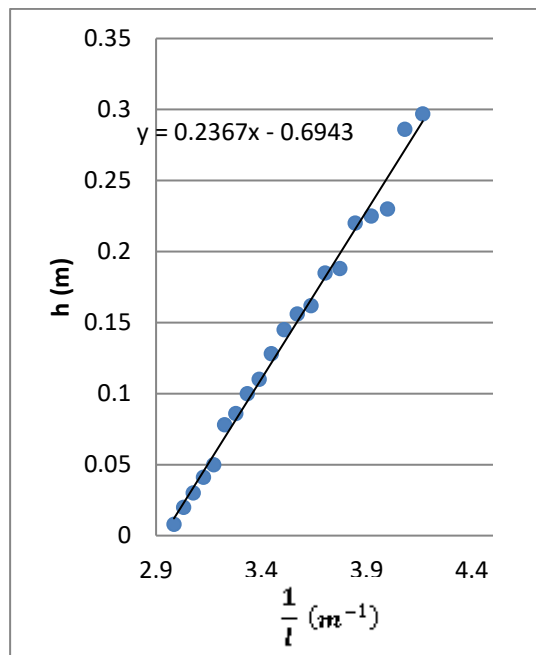
↓
y

↓
m

↓
x

↓
c

Berdasarkan data percobaan yang diperoleh seperti pada Tabel 1 dan persamaan (3) data percobaan dapat diplotkan pada grafikseperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Hubungan Perbedaan Ketinggian Permukaan Raksa ada Kedua Kaki Selang dan Seper Panjang Kolom Udara.

Nilai korelasi yang didapatkan berdasarkan data pada Tabel 1 menunjukkan adanya korelasi positif antara $\frac{1}{l}$ dan h . Korelasi positif menunjukkan bahwa semakin

besar nilai $\frac{1}{l}$ maka nilai h akan semakin besar pula. Dimana h merupakan intepretasi untuk tekanan gas pada ruang tertutup. Hal ini dapat diketahui dari tekaanan yang dialami gas pada ruang tertutup merupakan hasil penjumlahan antara P_0 dan tekahan hidrostatis. Dari percobaan dapat diketahui bahwa nilai P_0 sama, sehingga besarnya tekanan yang dialami hanya bergantung pada h karna nilai ρ dan g sama. Hal ini dikarenakan nilai ρ zat cair yang digunakan yaitu raksa sama dan tempat yang digunakan untuk pengambilan data sama sehingga g akan sama. Sedangkan l untuk volume gas pada runag tertutup. Volume udara pada ruang tertutup dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $V = r^2 l$. Pada percobaan yang dilakukan, nilai yang berubah adalah variabel l_0 , karena nilai π nilainya tetap sedangkan r nilainya tetap karen selang yang digunakan tetap sehingga nilai r tidak berubah. Dengan kata lain bahwa tekanan yang dialami gas pada ruang tertutup berbanding terbalik dengan volume gas tersebut pada ruang tertutup jika suhu gas tersebut konstan. Pada keadaan isoterm (suhu konstan), volume gas akan sebanding terbalik dengan tekanan yang dialaminya (Giancoli.2001).

Berdasarkan grafik pada Gambar 1 deketahui persamaan :

$$h = \frac{K}{\rho \cdot g \cdot \pi r^2} \frac{1}{l} - \frac{P_0}{\rho \cdot g}$$

↓
y

↓
m

↓
x

↓
c

$$y = 0,236 x - 0,694$$

Nilai P_0 dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

$$P_0 = c \cdot \rho \cdot g \quad (4)$$

Sedangkan prosentase kesalahan (PK) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$PK = \frac{|P_0 \text{teori} - P_0 \text{hitung}|}{|P_0 \text{teori}|} \times 100 \% \quad (2.50)$$

$$(Chang, Raymond.2005) \quad (3.7)$$

Berdasarkan persamaan (4) maka nilai P_0 dapat dihitung dengan melihat nilai c yang diperoleh berdasarkan grafik pada Gambar 1. Berdasarkan data pada tabel 1 hasil yang diperoleh sebagai berikut : P_0 sebesar $(0,96 \pm 0,05) \times 10^5$ Pa dengan Kesalahan Relatif (KR) sebesar 4,72 %. Sedangkan prosentase kesalahan 4,51 % jika dibandingkan dengan P_0 hasil pengukuran menggunakan barometer. Nilai kesalahan relatif (KR) dan prosentase kesalahan cukup kecil. Menurut (Darmawan,1978) nilai KR dan prosentase kesalahan ini berkaitan dengan ketelitian dan keakuratan pengukuran. Semakin kecil nilai KR ketelitian pengukuran semakin tinggi. Semakin kecil prosentase kesalahan, semakin besar keakuratan. Berdasarkan pendapat (Darmawan,1978) alat dan percobaan yang dilakukan dikategorikan dalam kondisi layak dan baik digunakan untuk membelajarkan Hukum Boyle karena memiliki keakuratan 95,39 % perbandingan dengan hasil pengukuran menggunakan barometer serta ketelitian 95,28 %.

Simpulan, Saran, dan Rekomendasi

Berdasarkan pemaparan di atas dapat disimpulkan bahwa : alat percobaan manometer terbuka yang dihasilkan layak untuk membelajarkan Hukum Boyle dan sebagai alat ukur sederhana untuk menentukan nilai tekanan atmosfer.

Saran untuk perbaikan alat ini yaitu tampilan alat permanen dan penggunaan waterpass yang lebih kecil.

Rekomendasi yang dapat diberikan yaitu untuk percobaan dilakukan dengan pengukuran berulang dan variasi dibuat semakin kecil misalnya selisih 0,1 cm.

Daftar Pustaka

- Chang, Raymond. 2005. Kimia Dasar Konsep- konsep Inti. Edisi Ketiga (Jilid 2), (diterjemahan oleh: Suminar Setiadi Achmadi). Jakarta: Erlangga.
- Djonoputra, B Darnawan. 1984. *Teori Ketidakpastian menggunakan Satuan SI*. Bandung: Penerbit ITB

Sears, Francis W & Salinger, Gerhard L.1986. *Thermodynamics, kinetic Theory, and stastical Thermodynamics*. Philippines: Addison-Wesley Publishing Company, Inc.

Giancoli, D. C. (2001). *Fisika Jilid 1 Edisi Kelima* (diterjemahkan oleh Yuhilza Harum). Jakarta : Erlangga

Wardhana. Tesis. *Perancangan Instrumentasi Untuk Perhitungan Standar Deviasi Dan Standar Error Barometer Tabung Bourdon (Design of Instrumentation For The Calculation Of Standard Deviation And Standard Error Barometer Bourdon Tube*. Semarang: Undip

Pertanyaan:

Fairuzy Fitria Handayani

1. Apakah tingkat ketelitian alat ukur yang digunakan (mistar) juga diperhitungkan?

Jawaban:

1. Tingkat ketelitian alat ukur cukup diperhitungkan dan terkalibrasi. Mistar digunakan dengan tingkat ketelitian (0,35mm). Jangka sorong dan mikrometer skrup belum dapat digunakan berkaitan dengan bentuknya.

