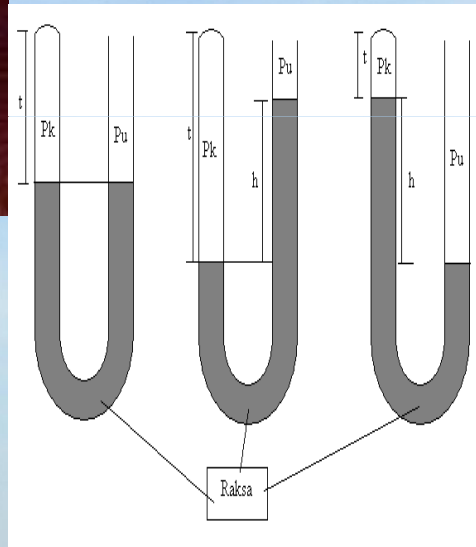


HUKUM BOYLE



TIM

EKSPERIMEN FISIKA DASAR 1

Tujuan Eksperimen

1. Menentukan tekanan udara dalam ruang tertutup
2. Menentukan jumlah mol udara dalam ruang tertutup
3. Menentukan jumlah partikel udara dalam ruang tertutup

Kemampuan yang akan dikembangkan

§ **Mengamati**

§ **Memprediksi**

§ **Merancang percobaan**

§ **Mengolah data**

§ **Menyimpulkan**

Lakukan Kegiatan Berikut !

Tarik nafas dalam-dalam, tahan...hitung sampai hitungan kelima, kemudian hembuskan !

Apa yang kamu rasakan ketika menghirup udara dan menghembuskannya? Jelaskan !

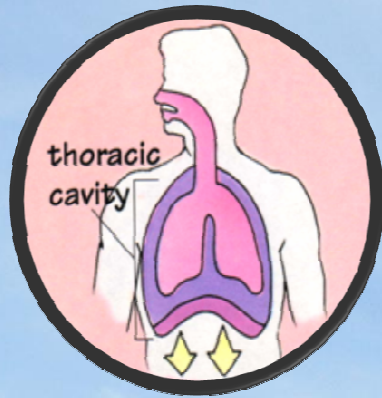
Ketika dada kamu mengembang, udara dari luar masuk kedalam paru-paru, mengapa demikian?

Ketika dada kamu mengempis, udara dari dalam paru-paru didorong keluar, mengapa demikian?

Ingat : Udara mengalir dari tempat yang tekanannya tinggi ke tempat yang tekanannya rendah

Perhatikan Gambar Berikut !

Diafragma berkontraksi, Volume paru-paru mulai membesar



Volume paru-paru membesar, udara dari luar masuk.
 $P_{\text{paru-paru}} < P_{\text{luar}}$

Volume paru-paru mengecil, udara dalam paru-paru keluar.

$P_{\text{paru-paru}} > P_{\text{luar}}$



Diafragma Berelaksasi, Volume paru-paru mulai mengecil

Apa yang dapat anda simpulkan mengenai hubungan volum ruang dan tekanan dari ilustrasi diatas?

Catatan : ilustrasi diatas merupakan sistem terbuka, sehingga tekanan akhir setiap keadaan adalah sama dengan tekanan udara !. Ilustrasi diatas menggambarkan hubungan sesaat antara perubahan volum dengan perubahan tekanan.

Contoh lain !

Lakukan Kegiatan Berikut !

(Setiap Kelompok membawa botol bekas air mineral 600 mL)

Tutup rapat botol air mineral sehingga udara tidak bisa keluar dari botol, kemudian remas botol tersebut sekuat tenaga!



Bisa kah kamu meremas botol tersebut sampai volume udara dalam botolnya “nol”?! Jelaskan !

Ketika kamu menekan botol, volum botol mengecil akibatnya tekanan udara dalam botol membesar. Sehingga tekanan yang kita berikan di imbangi oleh tekanan udara.

Bagaimanakah pola hubungan Volume (V) terhadap tekanan (P) ?

Hubungan Volume (V) dan Tekanan (P)
 $V \approx 1/P$

Hukum
Boyle

Robert Boyle (1627 – 1691)

Pada tahun 1700an, banyak ilmuwan yang telah memulai menyelidiki **hubungan antara tekanan (p), suhu (T), dan volume (V) dari suatu gas**. Boyle merupakan salah satu ilmuwan yang mengembangkan penyelidikan mengenai **hubungan tekanan (p) dan volume (V) dari gas ideal** dengan menggunakan sebuah gelas tabung yang salah satu ujungnya tertutup dan ujung yang lainnya terbuka (**pipa U**). Boyle memasukan raksa pada ujung pipa terbuka dengan udara yang terperangkap di ujung pipa yang tertutup.

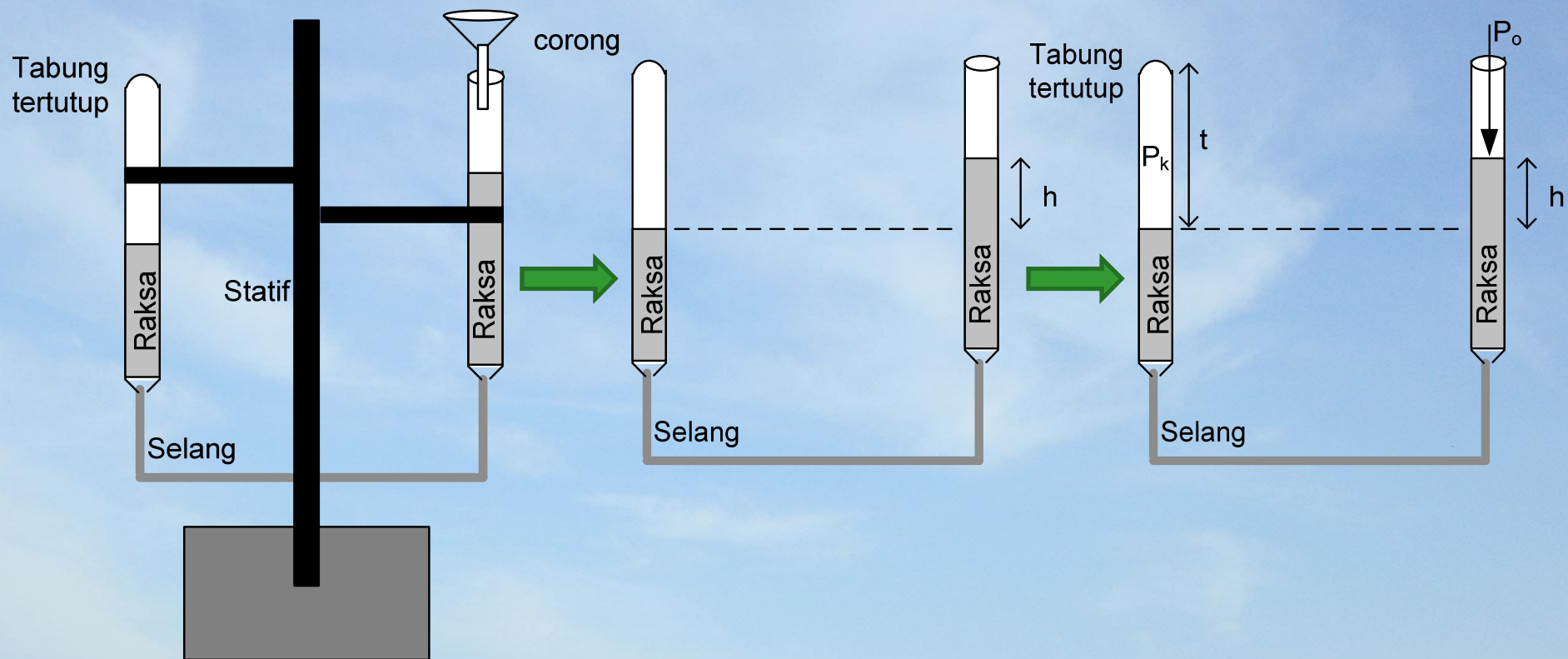
Dengan menambahkan dan mengurangi raksa pada pipa terbuka, Boyle mencatat perubahan volume dan tekanan udara yang terperangkap pada pipa. Dari percobaannya ini Boyle mengembangkan sebuah persamaan yang menggambarkan hubungan volume (V) dan tekanan (p).



Robert Boyle
(1627 - 1691)

Son of Early of Cork, Ireland.

Ilustrasi percobaan Robert Boyle



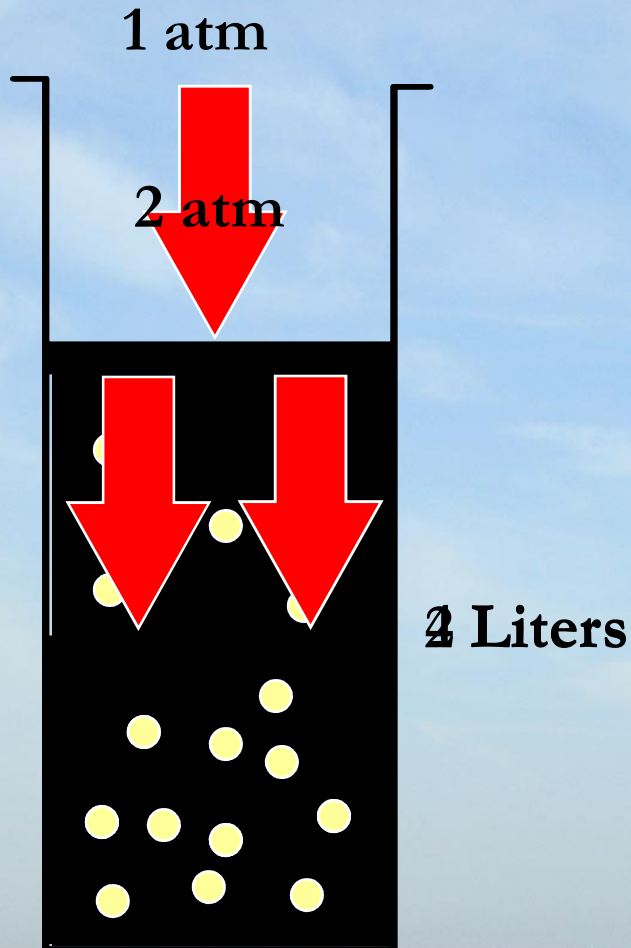
Tekanan udara dalam kolom pipa (P_k), dihitung dengan memanfaatkan konsep tekanan hidrostatis. Karena pipa sebelah kanan terbuka, maka :

$$P_k = P_o + \rho g h$$

Volume udara yang terperangkap dihitung dengan cara mengalikan luas penampang tabung dengan tinggi (t) kolom udara.

$$V = A \cdot t$$

Ilustrasi hubungan p-V berikut!



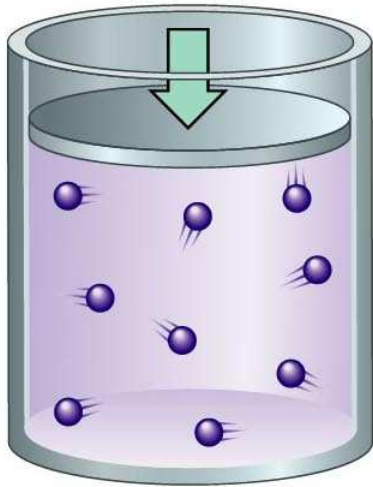
Berdasarkan gambar di samping, apa yang dapat disimpulkan?

Jawaban yang diharapkan

- Volume turun - tekanan gas naik
- Tekanan dan volume berbanding terbalik

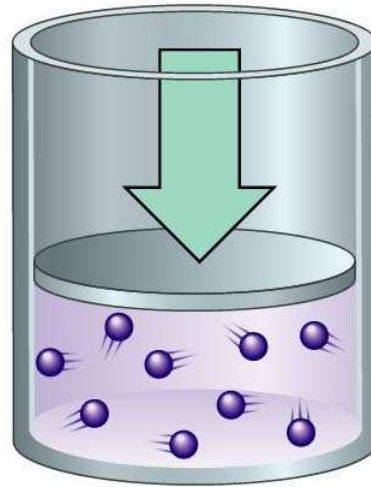
Ilustrasi Hukum Boyle

$P = 1 \text{ atm}$



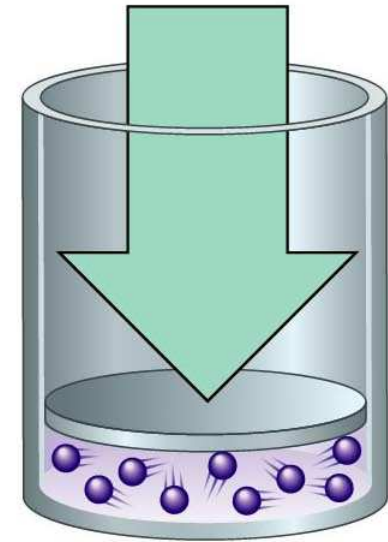
$V = 1 \text{ L}$
 $T = 298 \text{ K}$

$P = 2 \text{ atm}$



$V = 0.50 \text{ L}$
 $T = 298 \text{ K}$

$P = 4 \text{ atm}$



$V = 0.25 \text{ L}$
 $T = 298 \text{ K}$



Data Hukum Boyle

TABLE 13.1

A Sample of Boyle's Observations (moles of gas and temperature both constant)

Experiment	Pressure (in. Hg)	Volume (in. ³)	Pressure × Volume (in. Hg) × (in. ³)	
			Actual	Rounded*
1	29.1	48.0	1396.8	1.40×10^3
2	35.3	40.0	1412.0	1.41×10^3
3	44.2	32.0	1414.4	1.41×10^3
4	58.2	24.0	1396.8	1.40×10^3
5	70.7	20.0	1414.0	1.41×10^3
6	87.2	16.0	1395.2	1.40×10^3
7	117.5	12.0	1410.0	1.41×10^3

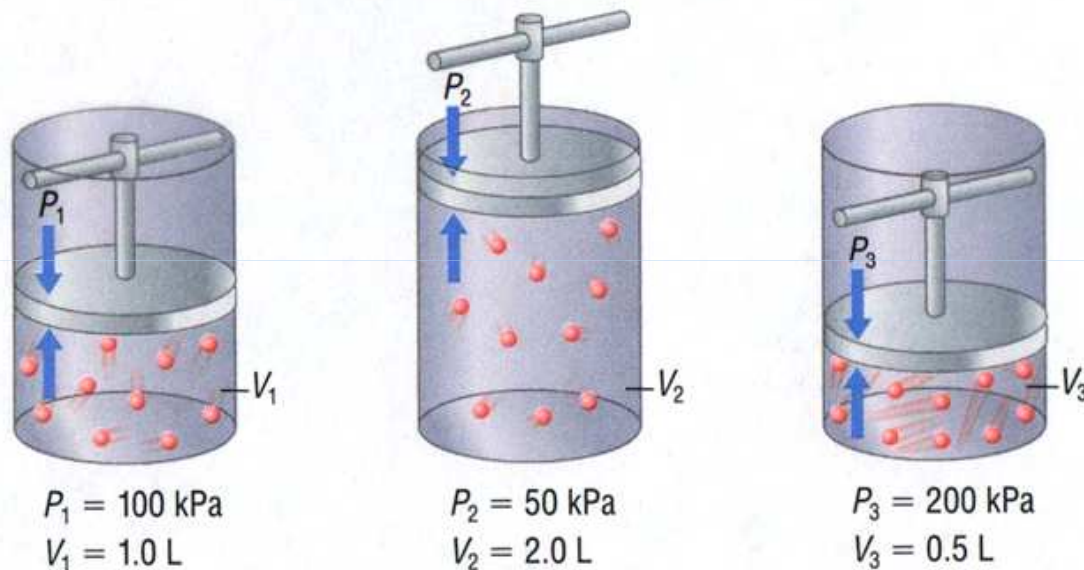
*Three significant figures are allowed in the product because both of the numbers that are multiplied together have three significant figures.

Berdasarkan tabel di atas, prediksikan grafik $P=f(V)$!

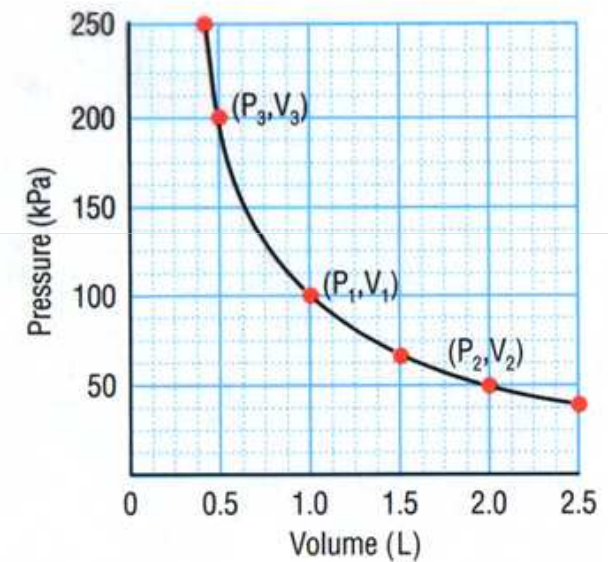
Dilakukan mahasiswa!



Hubungan Tekanan dan Volume



$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 = P_3 \times V_3 = 100 \text{ L} \times \text{kPa}$$

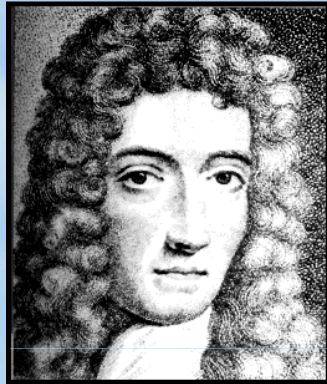


**KLIK Disini Untuk
SIMULASI**



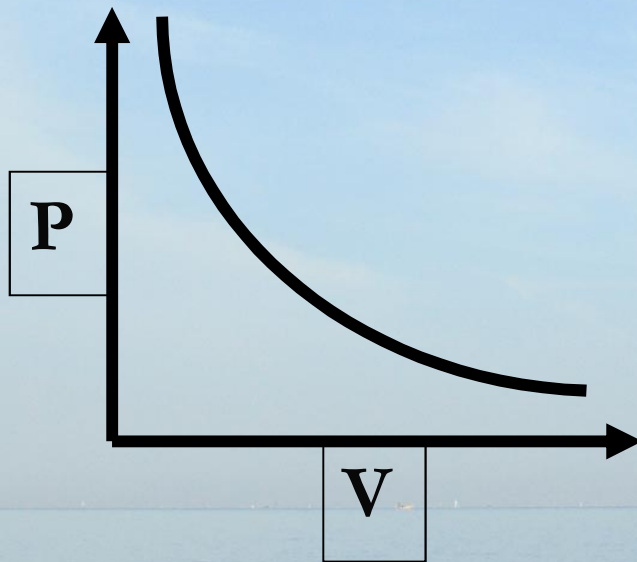
Hukum Boyle

Tekanan dan Volume dari suatu gas adalah berbanding terbalik pada masa gas dan suhu yang konstan.



$$PV = k$$

Yang berarti bahwa tekanan naik, volume turun



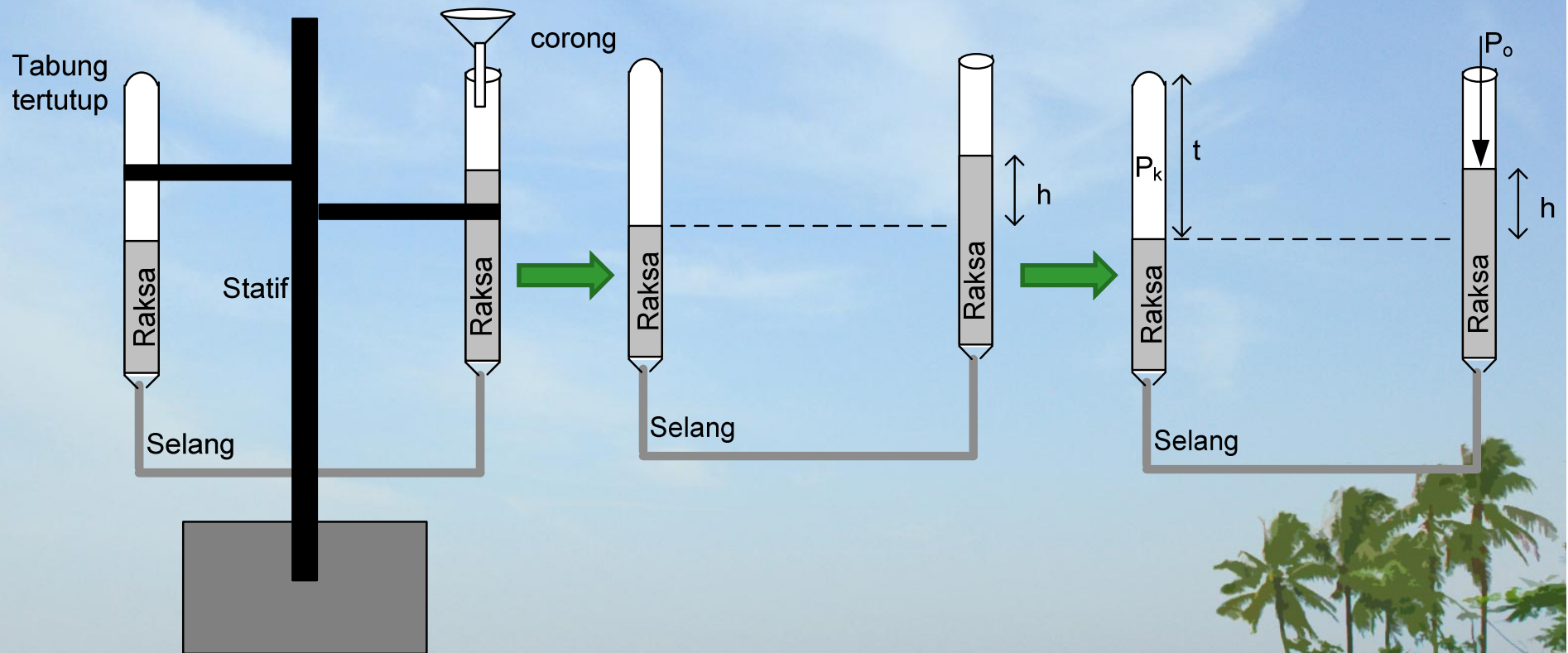
Berdasarkan pemahaman anda tentang Hukum Boyle, perhatikan alat berikut :

- Apa yang dapat kamu amati?
- bagaimana bentuk air raksa di kedua pipa tersebut? Berikan penjelasan!
- Naikan salah satu pipa manometer, Apa yang terjadi?
- Dapatkah kita menentukan tekanan udara yang berada di bagian pipa yang tertutup? Bagaimana caranya?
- Dapatkah kamu menunjukkan formulasinya?
- Prediksikan grafiknya!
- Jika tekanan diketahui, dapatkah jumlah zat diketahui? Bagaimana caranya?



Konsep Dasar

- Perhatikan gambar berikut!



Anggap gas yang kita gunakan di dalam ruang tertutup memenuhi persamaan gas ideal

$$PV = nRT, \quad n = N/N_A$$



Jika P, V, T diketahui, maka N diketahui



Volume udara dapat dicari dengan menghitung luas penampang tabung ($\frac{1}{4} \pi d^2$) dikalikan dengan tinggi kolom udara, diameter (d) diukur dengan menggunakan sliding mikroskop



- $$P_k = P_o + \rho gh \quad (1)$$

(h bernilai positif jika permukaan raksa pada tabung terbuka lebih tinggi dan h bernilai negatif jika permukaan raksa pada tabung terbuka lebih rendah)

- Berdasarkan hukum Boyle :

$$P_k V_k = C \quad (2)$$

- Jika persamaan (1) disubstitusikan ke persamaan (2) diperoleh :

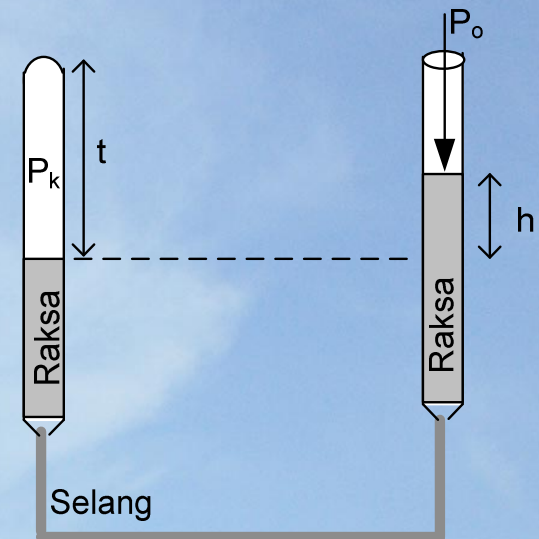
$$(P_o + \rho gh) V_k = C$$

- Harga volume tabung dapat dinyatakan dengan

$$V_k = A \cdot t = \left\{ \frac{1}{4} (\pi d^2) \right\} \cdot t$$

dengan d=diameter penampang tabung. Maka diperoleh :

$$(P_o + \rho gh) \left\{ \frac{1}{4} (\pi d^2) \right\} \cdot t = C$$



Alat dan Bahan Praktikum



Manometer pipa U

Statif

Kertas skala

Raksa

Sliding mikroskop

Loop

Penggaris plastik

Lakukan Percobaan Berikut!

- Naikan permukaan ujung pipa terbuka, apa yang dapat kamu amati? Apakah tinggi air raksa mengalami perbedaan? Catat selisih tinggi raksa di kedua pipa?
- Catat tinggi kolom udara dalam pipa manometer tertutup?
- Rancanglah suatu tabel pengamatan yang lengkap agar memudahkan anda dalam menuliskan hasil pengamatan dan pengolahan data!

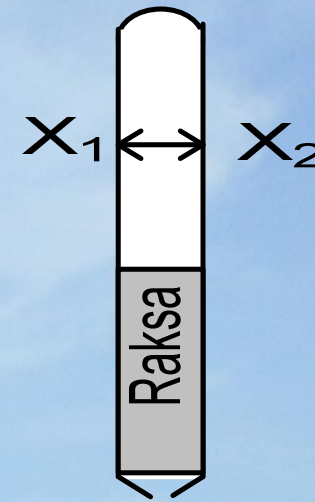


Tugas K6

- Berdasarkan data yang anda peroleh, buatlah grafik yang menunjukkan keberlakuan Hukum Boyle?
- Bandingkan grafik tersebut dengan teori, bagaimana komentar Anda?
- Berdasarkan data yang anda peroleh, tentukan harga tekanan udara luar (secara grafik), bandingkan pengolahan data anda dengan pengukuran langsung (barometer)!
- Berdasarkan data yang anda peroleh, tentukan jumlah mol udara dalam pipa U untuk 1 cm (gunakan untuk satu data percobaan)!
- Berdasarkan prosedur percobaan, teori kesalahan apakah yang sesuai dipergunakan dalam percobaan ini!

Hasil Explore

- $X_1 = (79,10 \pm 0,005) \text{ mm}$
- $X_2 = (73,09 \pm 0,005) \text{ mm}$
- $d = [X_2 - X_1] = (6,01 \pm 0,005) \text{ mm}$
 $d = (6,01 \times 10^{-3} \pm 0,005) \text{ m}$
- $P_o = (68,55 \pm 0,005) \text{ cmHg}$
- $T = (24,5 \pm 0,25) \text{ }^\circ\text{C} + 273 \text{ }^\circ\text{K} = 297,5 \text{ }^\circ\text{K}$
- $g = 9,8 \text{ m/s}^2$
- $\rho_{\text{raksa}} = 13600 \text{ kg/m}^3$
- $R = 0,082 \text{ L.atm/mol.K}$



Data Ketinggian air (h) dan Tinggi Kolom Udara di Ruang Tertutup (t)

No	(h ± 0,05) cm	(t ± 0,05) cm
1	11,6	45,5
2	11,1	45,7
3	10,8	46,0
4	10,3	46,2
5	9,5	46,7
6	9,3	46,9
7	8,8	47,0
8	8,0	47,4
9	7,0	47,7
10	5,4	48,1

Menentukan Tekanan Udara dalam Tabung (P_k)

Keterangan konversi satuan :

- $\rho g h = \text{kg/m}^3 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m} = \text{kg/m} \cdot \text{s}^{-2} = \text{Pascal (Pa)}$
- $1 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 76 \text{ cmHg}$, Maka, $\dots \text{ Pa} = \dots \times (\) \text{ cmHg}$

Tabel Pengolahan Data

No	(h ± 0,05) cm	$\rho g h$ (Pa)	$\rho g h$ (cmHg)	$P_1 = P_0 + \rho g h$ (cmHg)
1	11,6	15460,48	11,75	80,30
2	11,1	14794,08	11,24	79,79
3	10,8	14394,24	10,94	79,49
4	10,3	13727,84	10,43	79,98
5	9,5	12661,60	9,62	78,17
6	9,3	12395,04	9,42	77,97
7	8,8	11728,64	8,91	77,46
8	8,0	10662,40	8,10	76,65
9	7,0	9329,60	7,09	75,64
10	5,4	7197,12	5,47	74,02

Menentukan Jumlah mol (n) dan Jumlah Partikel (z)

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi (6,01 \times 10^{-3})^2 = 2,84 \times 10^{-5}$$

Keterangan Konversi satuan :

$$\bullet \text{ cmHg} \cdot \text{m}^3 = \frac{10^3}{76} \text{ L} \cdot \text{atm} \quad \text{maka,} \quad \dots \text{ cmHg} \cdot \text{m}^3 = \dots \frac{10^3}{76} \text{ L} \cdot \text{atm}$$

No	(t ± 0,05) cm	V = A.t (m ³)	P _i (cmHg)	(P _i .V = C) cmHg.m ³	P.V (L.atm)
1	45,5	1,29 x 10 ⁻⁵	80,30	1,03 x 10 ⁻³	1,35 x 10 ⁻²
2	45,7	1,30 x 10 ⁻⁵	79,79	1,04 x 10 ⁻³	1,37 x 10 ⁻²
3	46,0	1,31 x 10 ⁻⁵	79,49	1,04 x 10 ⁻³	1,37 x 10 ⁻²
4	46,2	1,31 x 10 ⁻⁵	79,98	1,05 x 10 ⁻³	1,38 x 10 ⁻²
5	46,7	1,33 x 10 ⁻⁵	78,17	1,04 x 10 ⁻³	1,37 x 10 ⁻²
6	46,9	1,33 x 10 ⁻⁵	77,97	1,04 x 10 ⁻³	1,37 x 10 ⁻²
7	47,0	1,33 x 10 ⁻⁵	77,46	1,03 x 10 ⁻³	1,35 x 10 ⁻²
8	47,4	1,35 x 10 ⁻⁵	76,65	1,03 x 10 ⁻³	1,35 x 10 ⁻²
9	47,7	1,35 x 10 ⁻⁵	75,64	1,02 x 10 ⁻³	1,34 x 10 ⁻²
10	48,1	1,37 x 10 ⁻⁵	74,02	1,01 x 10 ⁻³	1,33 x 10 ⁻²
				∑	13,58 x 10 ⁻²

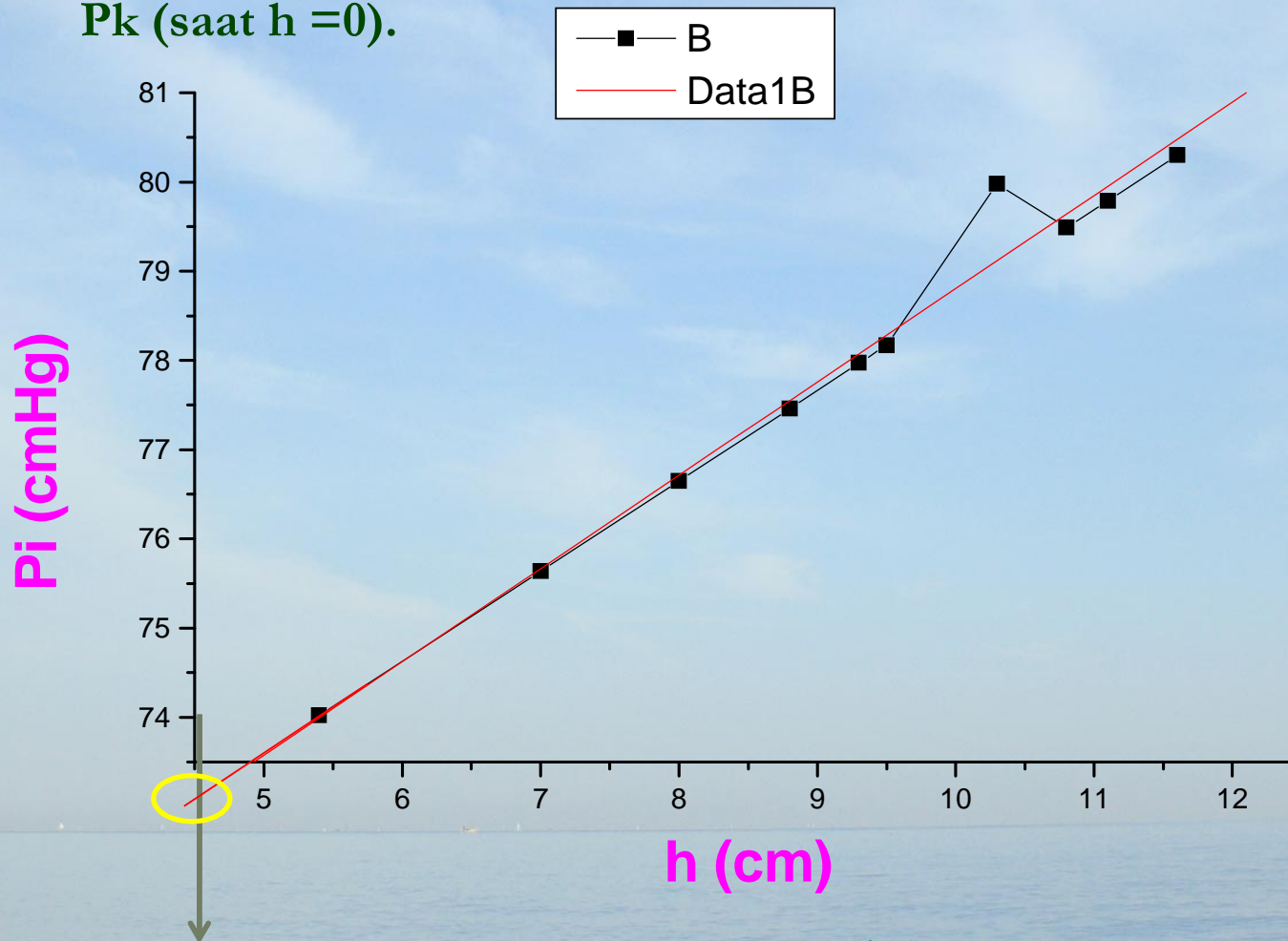
$$PV_{ber} = \frac{13,58 \cdot 10^{-2}}{10} = 1,36 \cdot 10^{-2}$$

Jumlah Molekul dan Partikel

- \rightarrow *Jumlah Molekul (n) :*
- $P \cdot V_{\text{bar}} = n \cdot R \cdot T$
- $1,36 \cdot 10^{-2} \text{ (L.atm)} = n \cdot 0,082 \text{ L.atm/mol.K} \cdot 297,5 \text{ }^\circ\text{K}$
- $n = 5,57 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$
- \rightarrow *Jumlah partikel (z) :*
- $z = n \cdot \text{bil Avogadro}$
- $z = 5,57 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}$
- $z = 3,35 \cdot 10^{20} \text{ partikel}$

Menentukan tekanan atmosfer (P_o)

Tekanan atmosfer (P_o) bisa diperoleh dari grafik $P = f(h)$, tekanan atmosfer sama dengan tekanan udara dalam kolom pada $h=0$. jadi tekanan atmosfer merupakan tekanan pada titik perpotongan grafik pada sumbu P_k (saat $h = 0$).



Kesalahan Pengukuran

- Kesalahan Paralaks (melihat diameter tabung dengan slading mikroskop);
- Ketelitian dalam penentuan meniscus cembung;
- Mengukur beda ketinggian (h) dan ketinggian tabung di ruang tertutup (t) dengan menggunakan millimeter blok.

Satuan Tekanan

- Satuan lain: bar, atm (atmosfer) dan Tor (torricelli)
- Konversi :
- $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 10^6 \text{ dyn/cm}^2$
- $1 \mu\text{bar} = 10^{-1} \text{ Pa} = 1 \text{ dyn/cm}^2$
- Tekanan 1 atm \rightarrow tekanan oleh kolom air raksa setinggi 76 cm dg $\rho = 13,595 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ dg $g = 9,80665 \text{ m/s}^2$ (g standar)
- $1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa} \approx 1 \text{ bar}$
- Tekanan 1 Tor \rightarrow tekanan air raksa setinggi 1 mm pada g standar
- $1 \text{ Tor} = 1/760 \text{ atm} = 133,3 \text{ Pa}$

Kepustakaan

- Margaret, F. & Geoff, M. (1996). *Portofolios— Assessment Resources Kit*. Melbourne: The Australian Council for Educational Research Ltd.
- Howard, G. (1985). *Frames of Mind, The Theory of Multiple Intelligences*. New York: Basic Books
- Lee, W. R. & Sandra, L. (1999). *So You to Have a Portofolio, A Teacher's Guide to Preparation and Presentation*. California: Corwin Press, Inc