

4. Archimedes

1. Tujuan

Menentukan massa jenis zat padat dan zat cair berdasarkan hukum Archimedes.

2. Alat dan Bahan

- | | |
|---|---------|
| 1. Jangka sorong [15,42 cm, 0,02 mm] | 1 buah. |
| 2. Neraca pegas [5 N] | 1 buah |
| 3. Neraca Ohaus Cent O Gram | 1 buah |
| 4. Aerometer [untuk massa jenis < 1gr/cm ³] | 1 buah |
| 5. Gelas ukur [400 ml] | 7 buah |
| 6. Beacker glass [pyrex , 250 ml] | 7 buah |
| 7. Benda padat homogen dan beraturan | 1 buah |
| 8. Benda padat dari bahan sejenis
(tidak perlu beraturan). | 5 buah |
| 9. air, minyak goreng, dan gliserin [masing-masing 150 ml] | |
| 10. Loop | 1 buah |

3. Dasar Teori

Massa jenis sebuah benda adalah suatu harga yang menunjukkan perbandingan antara massa tiap satu satuan volume yang dinyatakan dengan:

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots (4.1)$$

Dalam hal ini, ρ adalah massa jenis benda (kg.m⁻³), m adalah massa benda (kg), dan V adalah volume (m³). Berdasarkan element rapat masa pervolume ada benda yang homogen dan heterogen. Secara umum kita akan menggunakan massa jenis rata-rata yang menggambarkan jumlah massa total benda dibagi dengan jumlah volume total benda.

Dalam eksperimen ini, kita akan menentukan massa jenis suatu benda melalui penerapan Hukum Archimides : *setiap benda yang tercelup sebagian atau seluruhnya ke dalam fluida, akan mendapat gaya ke atas sebesar berat fluida yang dipindahkan oleh benda itu.*

Melalui pemahaman ini kita akan membandingkan harga massa jenis yang dihitung secara konvensional (hitung massa dan volume) dan yang menggunakan menerapkan hukum Archimides.

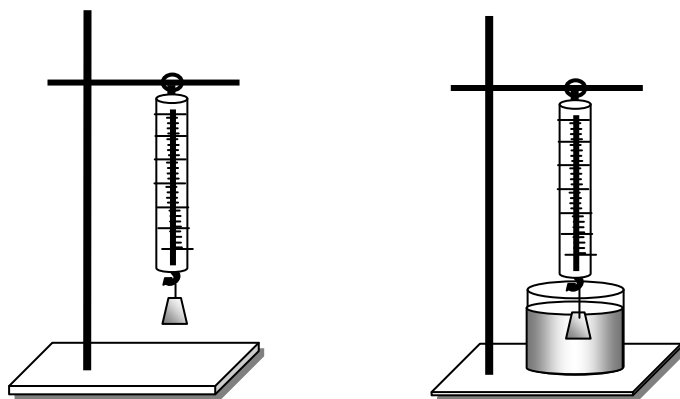
Besarnya gaya keatas suatu benda yang dicelupkan dalam zat cair dapat dinyatakan dengan :

$$F_A = W - W' \dots\dots\dots (4.2)$$

dan gaya keatas itu memenuhi hubungan

$$F_A = V \cdot \rho_f \cdot g \dots\dots\dots (4.3)$$

dengan V adalah volume zat cair yang dipindahkan oleh benda itu dan nilainya sama dengan volume benda yang tercelup dalam zat cair , ρ_f adalah massa jenis zat cair dan g adalah percepatan gravitasi.



a. Berat benda di udara

b. Berat benda di dalam zat cair

Gambar 4.1
Menimbang benda dengan menggunakan Neraca Pegas

4. Prosedur

4.1. Percobaan 1: Menentukan volume selinder berongga.

1. Tentukan volume selinder berongga melalui pengukuran diameter dalam dan diameter luar , tinggi silinder dan kedalaman lubang selinder dengan menggunakan *jangka sorong*, lakukan masing-masing 5 kali pengukuran, dan hitung volumenya.
2. Perhatikan skala nol alat ukur sebelum digunakan. Gunakan *loop* agar pengamatan dapat dilakukan lebih cermat, perhatikan posisi pengamatan dan hindari kesalahan paralak.
3. Timbang berat silinder tersebut di udara dan di dalam zat cair (5 kali pengukuran). Gunakan *loop* bila anda kurang jelas melihat skala yang ditunjukkan oleh neraca pegas. Catat berat silinder di udara dan didalam zat cair.
4. Ukur massa jenis air dengan menggunakan *airometer* untuk satu kali pengukuran.
5. Gunakan *loop* bila Anda melihat skala yang ditunjukkan oleh *airometer*, yaitu batas skala aierometer yang tercelup dalam zat cair .
6. Bandingkan volume selinder melalui dua cara pengukuran di atas.
7. Bersihkan semua alat yang telah digunakan.

4.2. Percobaan 2 : Menentukan massa jenis zat cair melalui hukum Archimedes.

1. Masukkan zat cair dalam gelas ukur, gunakan gelas ukur yang berbeda untuk setiap zat cair yang digunakan.
2. Ukur massa jenis tiap zat cair yang tersedia dengan menggunakan *airometer*. Bersihkan *airometer* setelah digunakan pada setiap gelas dengan zat cair yang berbeda.
3. Tertukan volume benda dengan menggunakan jangka sorong.
4. Timbang massa benda di udara dan di dalam zat cair, perhatikan skala nol neraca ohaus sebelum digunakan, gunakan *loop* agar pengamatan tampak lebih jelas.
5. Bersihkan benda dan gunakan *beacker glass* yang berbeda untuk setiap zat cair yang berbeda.
6. Bandingkan nilai massa jenis yang diperoleh melalui penerapan hukum Archimedes dan menggunakan aierometer
7. Lakukan langkah a – e untuk sejumlah zat cair yang tersedia.
8. Bersihkan semua alat yang telah dipergunakan.

4.3. Percobaan 3 : Menentukan massa jenis fluida dengan menyelidiki hubungan antara (W-W') dan volume benda.

1. Sediakan macam-macam benda homogen yang bentuknya berbeda-beda tapi terbuat dari jenis bahan yang sama (anggap ρ -nya sama).
2. Dengan menggunakan jangka sorong, tentukan masing-masing volume dari benda yang akan dipergunakan.
3. Timbang berat benda di udara (W) dan dalam zat cair (W'), lakukan 5 kali pengukuran! .
4. Ukur massa jenis fluida dengan menggunakan *airometer*.

5. Tugas

5.1. Soal Tugas Sebelum Percobaan

1. Bila sebuah benda berat yang tenggelam didalam air ditimbang dengan menggantungkannya pada sebuah neraca pegas, bagaimana nilai yang ditunjukkan neraca pegas tersebut dibandingkan jika benda ditimbang diudara? Jelaskan!
2. Dapatkah kita menentukan massa jenis sebuah benda padat? Bagaimana caranya?
3. Persamaan 3.2 merupakan pernyataan dari hukum Archimedes. Jika kita memiliki neraca Ohaus dan gelas ukur, dapatkah kita menentukan massa jenis benda padat yang volumenya tidak beraturan? Bagaimanakah caranya?
4. Dua buah fluida yang perbandingan masa jenisnya adalah 5:4 ditempatkan pada dua wadah yang bentuk dan ukurannya sama. Jika sebuah benda yang massa jenisnya $\frac{1}{2}$ dari massa jenis fluida yang terkecil dimasukkan ke dalam zat cair, maka tentukanlah perbandingsn volumebenda yang tercelup dikedua fluida tersebut!
5. Terdapat dua buah telur yang masing – masing dimasukkan kedalam air tawar.
 - a. Ternyata telur pertama mengapung dan telur lainnya tenggelam. Apa yang dapat anda jelaskan mengenai fenomena tersebut?
 - b. Bagaimanakah caranya supaya telur yang tenggelam dapat terapung?
6. Dengan menggunakan persamaan 3.2 dan 3.3 tentukanlah persamaan untuk menentukan volume benda?
7. a. Prediksikan grafik $W-W' = f(\rho_f)$, berdasarkan grafik ini bagaimana cara Anda menentukan volume benda!

- b. Prediksikan grafik $W-W' = f(V)$, berdasarkan grafik ini bagaimana cara Anda menentukan massa jenis zat cair (ρ_f) ?
8. Bagaimana menentukan massa jenis fluida tanpa menggunakan aerometer ? (Buatlah prosedur kerjanya dan tabel pengamatannya untuk bentuk benda yang beraturan!)

5.2. Soal Tugas setelah Percobaan

1. Percobaan 1
 - 1.1. Berdasarkan persamaan 3.2 dan 3.3, tentukanlah volume benda selinder berongga ($g = 9,87 \text{ m/s}^2$).
 - 1.2. Bandingkan hasil yang Anda peroleh dengan pengukuran dengan menggunakan jangka sorong? Apakah ada perbedaan? Berikan argumentasi Anda!
2. Percobaan 2
 - 2.1. Buatlah tabel pengamatan berdasarkan prosedur dan data yang Anda peroleh, kemudian tentukan harga massa jenis fluida masing-masing zat cair yang Anda gunakan.
 - 2.2. Bandingkan perolehan harga massa jenis antara pengukuran langsung dengan menggunakan airometer dan dengan penerapan hukum Archimides.
 - 2.3. Apakah terdapat perbedaan? Berikan argumentasi Anda!
 - 2.4. Dengan menggunakan data yang ada, buatlah grafik $W-W' = f(\rho_f)$, berdasarkan grafik tersebut dapatkah kita menentukan harga volume benda yang Anda gunakan? Jelaskan!
 - 2.5. Samakah hasil yang Anda peroleh dengan pengukuran menggunakan jangka sorong? Berikan argumentasi Anda!
3. Percobaan 3
 - 3.1. Berdasarkan data diatas buatlah grafik $W-W' = f(V)$, berdasarkan grafik tersebut dapatkah Anda menentukn harga massa jenis fluida?
 - 3.2. Bandingkan hasil perolehan massa jenis zat cair dengan pengukuran langsung (menggunakan airometer) dan dengan menggunakan konsep Archimides? Apakah terdapat perbedaan? Berikan argumentasi Anda !

6. Daftar Pustaka

1. Halliday & Resnick, 1978. *Fisika*, Edisi ketiga, jilid 1 (Terjemahan Pantur Silaban Ph.D), hal 562 – 564 , Erlangga, Jakarta.
2. Tipler, Paul A, 1991. *Fisika untuk Sains dan Teknik*, Edisi ketiga, Jilid 1 (Terjemahan Dra. Lea P M.Sc dan Rahmat W Adi, Ph.D), hal. 383-398, Erlangga, Jakarta.

7. Jawaban Tugas Awal

1. Neraca pegas yang digunakan untuk mengukur berat benda dalam air akan menunjukkan angka yang lebih kecil daripada neraca pegas yang digunakan untuk mengukur berat benda diudara. Karena benda yang dicelupkan dalam air dan benda yang digantungkan pada neraca pegas akan mendapatkan gaya apung yang sebagian mengimbangi gaya berat. Sehingga berat yang terukur pada benda yang dicelupkan ke air akan terukur lebih ringan dari pada berat benda yang diukur diudara.
2. Kita dapat menemukan massa jenis sebuah benda padat dan kita dapat mengetahuinya berdasarkan pengertian massa jenis itu sendiri yaitu rasio massa terhadap volumenya. Jadi variable / elemen yang berpengaruh untuk massa jenis yaitu massa dan volume. Atau secara matematis dapat ditulis dengan:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Namun cara tersebut hanyalah berlaku untuk benda padat yang homogen (zat padat yang beraturan dan massanya terdistribusi merata.) sedangkan untuk benda yang heterogen (zat padat yang tidak beraturan dan massanya tidak terdistribusi merata) kita dapat menentukan massa jenisnya melalui hukum Archimedes yaitu dengan cara:

1. Ukur berat benda tersebut di udara
2. Ukur berat benda tersebut di air

Dari selisih berat benda tersebut kita akan memperoleh berat benda yang hilang. Maka:

$$\text{Berat Jenis} = \frac{\text{berat benda diudara}}{\text{berat benda yang hilang bila tenggelam dalam air}}$$

Lalu kita dapat menghitung massa jenis benda dengan cara:

$$\text{Berat Jenis} = \frac{\rho_{\text{benda}}}{\rho_{\text{air}}}$$

$$\rho_{benda} = \rho_{air} \text{ berat jenis}$$

3. Dapat kita tentukan, meskipun alat yang kita miliki hanya neraca Ohaus dan gelas ukur karena data / variabel yang kita butuhkan pada percobaan ini hanyalah massa benda padat dan hilangnya berat benda ketika diukur didalam fluida dan kedua variabel tersebut bisa didapatkan dari besar massa benda padat dengan menggunakan neraca Ohaus.

Berdasarkan persamaan 3.2, kita ketahui bahwa $F_A = W - W'$, jadi jika kita masukkan benda ke dalam fluida, dan kita ukur beratnya, kita akan mendapatkan nilai gaya apung (F_A) yang berdasarkan hukum Archimedes bahwa besarnya sama dengan berat benda yang hilang bila tenggelam dalam air.

Sehingga massa jenis benda padat yang volumenya tidak beraturan yaitu:

$$\text{Berat jenis} = \frac{\text{berat benda diudara}}{\text{berat benda yang hilang bila tenggelam}}$$

$$\text{Berat jenis} = \frac{\rho_{benda}}{\rho_{air}}$$

$$\rho_{benda} = \text{Berat jenis} \cdot \rho_{air}$$

4. $\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{5}{4}$

Keterangan:

$$\rho_2 = \frac{4}{5} \rho_1$$

$$\rho_1 = \text{benda}$$

$$\rho_1 = \frac{5}{4} \rho_2$$

$$\rho_2 = \text{fluida}$$

$$F_b = F_f$$

$$mg = \rho_f g V_f$$

$$m = \rho_f V_f$$

$$\rho_b V_b = \rho_f V_f$$

$$\begin{aligned} V_{f1} &= \frac{\rho_b V_b}{\rho_f} \\ &= \frac{V_b \frac{5}{4} \rho_f}{\rho_f} \end{aligned}$$

$$V_{f1} = \frac{5}{4} V_b$$

$$V_{f2} = \frac{V_b \frac{1}{2} \rho_f}{\rho_f}$$

$$V_{f2} = \frac{1}{2} V_b$$

$$\frac{V_{f1}}{V_{f2}} = \frac{\frac{5}{4} V_b}{\frac{1}{2} V_b}$$

$$= \frac{5}{2}$$

5. a. Dari kasus tersebut kita dapat ketahui bahwa massa jenis telur yang tenggelam lebih besar dari pada massa jenis air tawar. Sehingga kita juga dapat mengetahui bahwa telur tersebut sudah dalam keadaan yang tidak baik atau dengan kata lain busuk.
- b. Agar telur terapung, maka kita harus menaikkan massa jenis zat cair tersebut sehingga massa jenis zat cair lebih besar dari massa jenis telur. Dan hal tersebut dapat kita wujudkan dengan cara menambahkan garam pada air tawar tersebut.

6. Persamaan 3.2

$$F_A = W - W'$$

Persamaan 3.3

$$F_A = V \rho_f g$$

Maka:

$$W - W' = V \rho_f g$$

$$V = \frac{W - W'}{\rho_f g}$$

Keterangan:

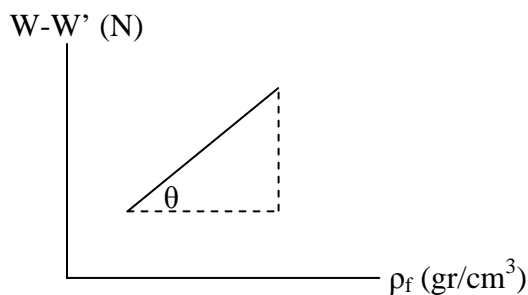
V = Volume benda

W = Berat benda diudara

W' = Berat benda difluida

ρ_f = massa jenis fluida

7. a. Prediksi grafik $W - W' = f(\rho_f)$



Dari persamaan 3.2 dan 3.3, maka kita dapat mencari nilai volume benda berdasarkan grafik, yaitu:

$$W - W' = V\rho_f g$$

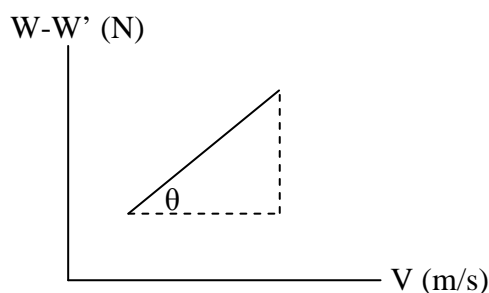
$$V = \frac{W - W'}{\rho_f g}$$

$$\text{Dimana: } \frac{W - W'}{\rho_f} = \tan\theta$$

Dan kita dapat mencari nilai $\tan\theta$ dengan cara mencari gradient garis dai grafik diatas, sehingga:

$$V = \frac{\tan\theta}{g}$$

- b. Prediksi grafik $W - W' = f(V)$



Dari persamaan 3.2 dan 3.3, maka kita dapat menentukan nilai massa jenis zat cair, yaitu:

$$W - W' = V\rho_f g$$

$$\rho_f = \frac{W - W'}{Vg}$$

$$\text{Dimana: } \frac{W - W'}{V} = \tan\theta$$

Jadi nilai massa jenis zat cair yaitu:

$$\rho_f = \frac{\tan\theta}{g}$$

8. Prosedur percobaan:

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Masukkan zat cair ke dalam gelas ukur, dan janganlah lupa untuk menggunakan gelas ukur yang berbeda – beda untuk tiap zat cair yang berbeda – beda pula.
3. Ukurlah volume benda dengan menggunakan jangka sorong.
4. Ukurlah berat benda ketika berada di udara dan ketika benda dicelupkan kedalam air dengan menggunakan Neraca Ohaus.
5. Setelah benda selesai diukur beratnya, janganlah lupa untuk membersihkan benda tersebut dan begitu juga dengan gelas ukur yang digunakan.
6. Ulangi langkah 2 sampai 5 dengan zat cair yang berbeda – beda.
7. Catatlah hasil yang didapat dan bersihkan alat – alat yang telah digunakan.

Cara untuk menentukan massa jenis fluida yaitu:

$$F_A = F_f$$

$$W - W' = V\rho_f g$$

$$\rho_f = \frac{w - w'}{Vg}$$

Tabel pengamatan:

No.	Nama Fluida	Massa jenis fluida	(W±)N	(W'±)N	(W-W')N

Keterangan :

Tabel massa jenis diatas maksudnya adalah massa jenis fluida yang diukur dengan menggunakan aerometer. Namun tabel tersebut hanya digunakan sebagai pembanding saja.

8. Tabel Data

Tabel 4.1 Dimensi Benda (silinder berongga)

No	Diameter Dalam ($D_d \pm 0,001$)cm	Diameter luar ($D_l \pm 0,001$)cm	Tinggi ($t \pm 0,001$)cm	Kedalaman ($h \pm 0,001$)cm
1	1,000	2,480	2,490	1,460
2	1,005	2,480	2,490	1,460
3	1,005	2,490	2,485	1,435
4	1,015	2,490	2,485	1,435
5	1,005	2,485	2,490	1,435
6	1,005	2,490	2,495	1,450
7	1,005	2,485	2,485	1,440
8	1,005	2,485	2,495	1,440
9	1,000	2,490	2,495	1,435
10	1,005	2,485	2,500	1,435

Tabel 4.2. Massa Benda (silinder berongga)

No	Massa di Udara ($m \pm 0,005$) kg	Massa di Air ($m' \pm 0,005$) kg
1	0.09230	0.08127
2	0.09232	0.08134
3	0.09234	0.08140
4	0.09235	0.08140
5	0.09233	0.08140

Tabel 4.3 Massa Jenis Dengan Aerometer

Gliserin	(1.200 ± 5) gr/cm^3
Air	($1,000 \pm 0,0025$) kg/m^3
Minyak	($0,900 \pm 0,0025$) kg/m^3

Tabel 4.4 Massa benda (silinder berongga) di berbagai medium

No	Massa benda di Udara ($m \pm 0,005$)gr	Massa Benda dalam Fluida		
		Air ($m_a' \pm 0,005$)gr	Gliserin ($m_g' \pm 0,005$)gr	Minyak ($m_m' \pm 0,005$)gr
1	92,30	81,27	79,00	82,37
2	92,32	81,34	79,00	82,31
3	92,34	81,40	79,00	82,32
4	92,35	81,40	79,00	82,31
5	92,33	81,40	79,00	82,35

Tabel 4.5

No	Benda	($m \pm 0.005$)gr	($m' \pm 0.005$)gr
1	Balok	98,710	88,510
		98,710	88,530
		98,740	88,550
		98,690	88,580
		98,710	88,560
2	Silinder Berongga	90,395	81,025
		90,390	80,960
		90,580	80,610
		90,450	81,055
		90,440	80,780
3	Silinder Pejal	120,490	106,16
		120,390	106,17
		120,430	106,15
		120,430	106,14
		120,420	106,15

9. Analisis Data

9.1 Percobaan 1

1.1. Berdasarkan persamaan 3.2 dan 3.3, volume benda selinder berongga ($g = 9,87 \text{ m/s}^2$).

- Volume benda dengan menggunakan jangka sorong

No	$(D_d \pm 0,001)$ cm	$(D_l \pm 0,001)$ Cm	$(t \pm 0,001)$ cm	$(h \pm 0,001)$ cm	$V_{silinder}$ cm^3	V_{rongga} cm^3	V_{total} cm^3	$ V_{total} - \bar{v} $	$(V_{total} - \bar{v})^2$
1	1,000	2,480	2,490	1,460	1,146	12,022	10,876	0,078	$6,150 \times 10^{-3}$
1	1,005	2,480	2,490	1,460	1,146	12,022	10,876	0,078	$6,150 \times 10^{-3}$
2	1,005	2,490	2,485	1,435	1,138	12,095	10,957	0,003	$7,384 \times 10^{-6}$
3	1,015	2,490	2,485	1,435	1,1382	12,095	10,957	0,003	$7,384 \times 10^{-6}$
4	1,005	2,485	2,490	1,435	1,1617	12,070	10,910	0,044	$1,964 \times 10^{-3}$
5	1,005	2,490	2,495	1,450	1,150	12,143	10,994	0,039	$1,560 \times 10^{-3}$
6	1,005	2,485	2,485	1,440	1,142	12,119	10,978	0,023	$5,263 \times 10^{-4}$
7	1,005	2,485	2,495	1,440	1,142	12,095	10,953	0,001	$1,679 \times 10^{-6}$
8	1,000	2,490	2,495	1,435	1,150	12,095	10,945	0,009	$8,419 \times 10^{-5}$
10	1,005	2,485	2,500	1,435	1,127	12,095	10,969	0,014	$1,953 \times 10^{-4}$
Σ							109,542		$1,313 \times 10^{-2}$
\bar{x}							10,954		$1,313 \times 10^{-3}$

Ketidakpastian Volume benda dengan menggunakan jangka sorong

$$\Delta v = \sqrt{\frac{\sum(v-\bar{v})^2}{(n-1)}}$$

$$\Delta v = \sqrt{\frac{1,313 \times 10^{-2}}{9}} = 0,038 \text{ cm}^3$$

Maka, Volume benda yang pengukurannya menggunakan jangka sorong adalah

$$V_1 = (10,954 \pm 0,038) \text{ cm}^3$$

$$\text{persentase kesalahan} = \frac{0,03}{10,954} \times 100\% = 0.34 \%$$

- Volume benda dengan menggunakan hukum archimedes

no	(m ± 0,005)kg	(m'±0.005)kg	w	W'	F _a (w-w')	F _a - \bar{F}_a	F _a - \bar{F}_a ²
1	0.09230	0.08127	0.90454	0.79645	0.10809	6,272 x 10 ⁻⁴	3.9338 x 10 ⁻⁷
2	0.09232	0.08134	0.90474	0.79713	0.10760	1,372 x 10 ⁻⁴	1.88238 x 10 ⁻⁸
3	0.09234	0.08140	0.90493	0.79772	0.10721	2,548 x 10 ⁻⁴	6.4923 x 10 ⁻⁸
4	0.09235	0.08140	0.90503	0.79772	0.10731	1,568 x 10 ⁻⁴	2.45862 x 10 ⁻⁸
5	0.09233	0.08140	0.90483	0.79772	0.10711	3,528 x 10 ⁻⁴	1.24468 x 10 ⁻⁷
Σ					0.53733		6.26181 x 10 ⁻⁷
\bar{x}					0.10747		

Ketidakpastian Gaya Archimedes

$$\Delta F_a = \sqrt{\frac{\sum(F_a - \bar{F}_a)^2}{(n-1)}}$$

$$\Delta F_a = \sqrt{\frac{6.26181 \times 10^{-7}}{9}} = 2,6 \times 10^{-4}$$

Gaya Archimedes adalah $F_a = (0.10747 \pm 2,6 \times 10^{-4}) \text{ kg.m/s}$

Maka, volume benda dengan menggunakan Hukum Archimedes adalah

$$F_a = V \rho_f g$$

$$V = \frac{F_a}{\rho_f g}$$

$$V = \frac{0.10747 \text{ kg. m/s}}{1 \times 9,8 \text{ m/s}}$$

$$V = 0.0109 \text{ kg} = 10.9 \text{ cm}^3$$

Ketidakpastian Volume benda dengan menggunakan Hukum Archimedes

$$\Delta v = \left(\frac{\partial v}{\partial \rho_f} \right) \Delta \rho_f + \left(\frac{\partial v}{\partial F_a} \right) \Delta F_a$$

$$\Delta v = \left| \frac{F_a}{g \rho_f^2} \right| \Delta \rho_f + \left(\frac{1}{g \rho_f} \right) \Delta F_a$$

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{\left| \frac{F_a}{g \rho_f^2} \right| \Delta \rho_f + \left(\frac{1}{g \rho_f} \right) \Delta F_a}{\frac{F_a}{g \rho_f}}$$

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta \rho_f}{\rho_f} + \frac{\Delta F_a}{F_a}$$

$$\frac{sv}{v} = \sqrt{\left(\frac{s \rho_f}{\rho_f} \right)^2 + \left(\frac{s F_a}{F_a} \right)^2}$$

$$\frac{sv}{v} = \sqrt{\left(\frac{0,0025}{1} \right)^2 + \left(\frac{2,6 \times 10^{-4}}{0.10747} \right)^2} = 3.478 \times 10^{-3} \text{ cm}^3$$

Maka, Volume benda yang pengukurannya menggunakan Hukum Archimedes adalah

$$V_2 = (10.9 \pm 3.478 \times 10^{-3}) \text{ cm}^3$$

$$\text{persentase kesalahan} = \frac{3.478 \times 10^{-3}}{10.9} \times 100\% = 0.031 \%$$

1.2. Membandingkan hasil yang peroleh dengan pengukuran dengan menggunakan jangka sorong

Hasil volume yang diperoleh adalah:

- Dengan menggunakan jangka sorong: $V = (10,954 \pm 0,038) \text{ cm}^3$
- Dengan menggunakan Hukum Archimedes: $V = (10,9 \pm 3,478 \times 10^{-3}) \text{ cm}^3$

Disini dapat dilihat bahwa pengukuran volume dengan kedua metode menunjukkan angka yang tidak jauh berbeda.

9.2. Percobaan 2

2.1. Tabel pengamatan berdasarkan prosedur dan data yang diperoleh, kemudian menentukan harga massa jenis fluida masing-masing zat cair yang digunakan.

No	Nama Fluida	$\rho \text{ Kg/m}^3$ (dengan Airometer)	$(W \pm 0,05) \text{ N}$	$(W' \pm 0,05) \text{ N}$	$W - W' \text{ (N)}$
1	Air	$1000 \pm 0,0025$	904,54	796,44	108,10
			904,73	797,13	107,60
			904,93	797,72	107,21
			905,03	797,72	107,31
			904,83	797,72	107,11
2	Minyak	$905 \pm 0,0025$	904,54	807,22	97,32
			904,73	806,63	98,10
			904,93	806,73	98,20
			905,03	806,63	98,40
			904,83	807,03	97,80
3	Gliserin	1200 ± 5	904,54	774,20	130,34
			904,73	774,20	130,53
			904,93	774,20	130,73
			905,03	774,20	130,83
			904,83	774,20	130,63

Massa jenis benda menggunakan rumus:

$$F = W - W'$$

$$\rho_f \cdot V \cdot g = W - W'$$

$$F = W - W'$$

$$\rho_f \cdot V \cdot g = W - W'$$

$$V = \frac{W-W'}{\rho_f \cdot g}$$

$$\rho_f = \frac{W-W'}{V \cdot g}$$

$$V = \frac{t \cdot g \cdot \alpha}{g}$$

$$\text{Volume Benda} = 0,0109 \text{ m}^3$$

- Massa Jenis Air

$$\overline{W - W'} = 107,46 \text{ N}$$

$$\rho_f = \frac{W-W'}{V \cdot g}$$

$$\rho_f = \frac{107,46}{0,0109 \cdot 9,8}$$

$$\rho_f = 1005,99 \text{ Kg/ m}^3$$

- Massa Jenis Minyak

$$\overline{W - W'} = 97,96 \text{ N}$$

$$\rho_f = \frac{W-W'}{V \cdot g}$$

$$\rho_f = \frac{97,96}{0,0109 \cdot 9,8}$$

$$\rho_f = 917,05 \text{ Kg/ m}^3$$

- Massa jenis gliserin

$$\overline{W - W'} = 130,61 \text{ N}$$

$$\rho_f = \frac{W-W'}{V \cdot g}$$

$$\rho_f = \frac{130,61}{0,0109 \cdot 9,8}$$

$$\rho_f = 1222,71 \text{ Kg/ m}^3$$

2.2. Membandingkan perolehan harga massa jenis antara pengukuran langsung dengan menggunakan airometer dan dengan penerapan hukum Archimedes.

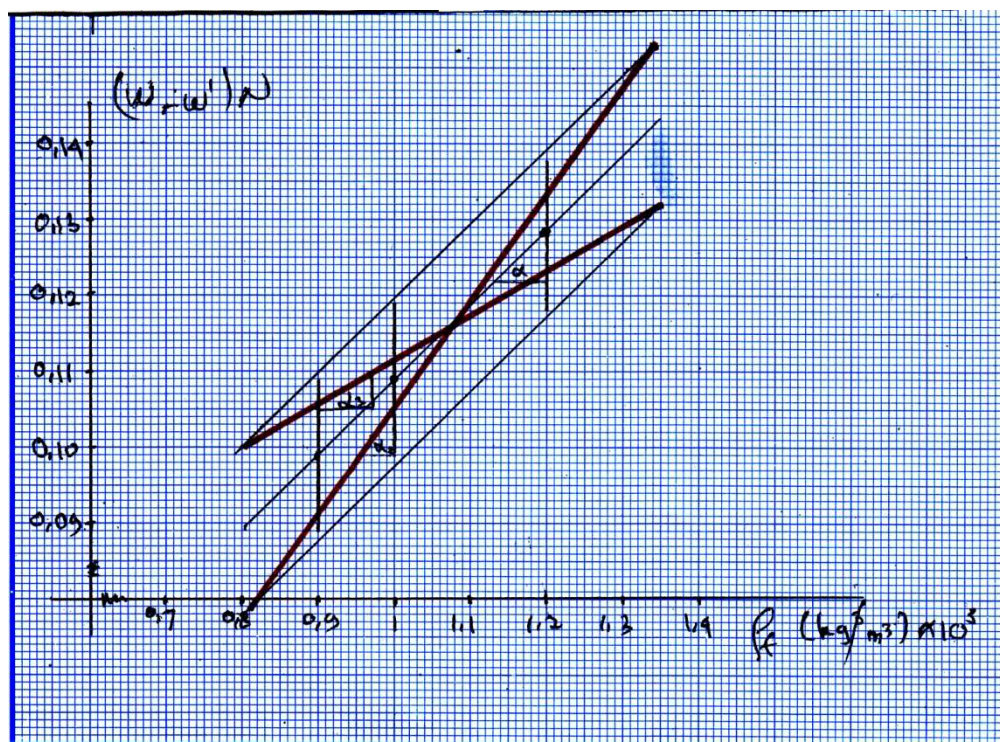
Jenis fluida	Dengan aerometer (Kg/ m ³)	Dengan hukum archimedes (Kg/ m ³)
Air	1000 ± 0,0025	1005,99
Minyak	900 ± 0,0025	917,05
Gliserol	1200 ± 0,0025	1222,71

2.3. Analisis perbedaan perolehan harga massa jenis antara pengukuran langsung dengan menggunakan airometer dan dengan penerapan hukum Archimedes

Dari tabel perbandingan diatas kita dapat mengetahui bahwa terdapat perbedaan nilai massa jenis fluida yang didapat dari hasil pengukuran dengan aerometer dan dengan penggunaan Hukum Archimedes. Namun perbedaan tersebut tidaklah terlalu signifikan. Akan tetapi, kita dapat menggunakan nilai massa jenis hasil pengukuran dengan menggunakan aerometer, karena kemungkinan terjadinya faktor – faktor kesalahan lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan hukum archimedes.

2.4. Grafik $W - W' = f(\rho_f)$ Dengan menggunakan data, berdasarkan grafik tersebut kita dapat menentukan harga volume benda yang digunakan.

Grafik $W - W' = f(\rho_f)$



Gambar 4.2

Grafik $W - W' = f(\rho_f)$

$$tg \alpha_1 = \frac{6}{7} \times 10^{-4} = 0,857 \times 10^{-4}$$

$$tg \alpha_2 = \frac{5}{5} \times 10^{-4} = 1,000 \times 10^{-4}$$

$$tg \alpha_3 = \frac{5}{7} \times 10^{-4} = 0,714 \times 10^{-4}$$

$$\Delta tg \alpha = \frac{|tg \alpha_1 - tg \alpha_2| + |tg \alpha_2 - tg \alpha_3|}{2}$$

$$\Delta tg \alpha = \frac{(0,143 + 0,286) \cdot 10^{-4}}{2}$$

$$\Delta tg \alpha = 0,215 \times 10^{-4}$$

$$V = \frac{tg \alpha}{g}$$

$$V = \frac{0,857 \cdot 10^{-4}}{9,8}$$

$$V = 0,086 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\Delta V = \frac{\Delta tg \alpha}{tg \alpha} V$$

$$\Delta V = \frac{0,215 \times 10^{-4}}{0,857 \times 10^{-4}} \cdot 0,086 \times 10^{-4}$$

$$\Delta V = 0,021 \times 10^{-4}$$

$$\text{Jadi, } V = (0,086 \pm 0,021) \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\text{Dengan presentase kesalahan} = \frac{\Delta V}{V} \times 100\% = \frac{0,021 \times 10^{-4}}{0,086 \times 10^{-4}} \times 100\% = 24,4 \%$$

2.5. Membandingkan dengan pengukuran menggunakan jangka sorong.

Berdasarkan hasil penghitungan yang telah kita lakukan kita dapat mengetahui bahwa terdapat perbedaan.

$$\text{Volume berdasarkan grafik : } V = (0,086 \pm 0,021) \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\text{Volume dengan menggunakan jangka sorong adalah: } V = (10,954 \pm 0,038) \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

Disini terdapat perbedaan bila menggunakan dua metoda yang berbeda.

9.3.Percobaan 3

3.3. membuat grafik $W-W' = f(V)$ berdasarkan data, berdasarkan grafik tersebut kita dapat menentukan harga massa jenis fluida

Perhitungan dengan hukum archimedes

No	Benda	($m \pm 0.005$)gr	($m' \pm 0.005$)gr	W(N)	W'(N)	W-W'(N)
1	Balok	98,710	88,510	0,967	0,885	0,082
		98,710	88,530	0,967	0,885	0,082
		98,740	88,550	0,967	0,885	0,082
		98,690	88,580	0,967	0,886	0,081
		98,710	88,560	0,967	0,886	0,081
2	Silinder Berongga	90,395	81,025	0,885	0,794	0,091
		90,390	80,960	0,886	0,793	0,093
		90,580	80,610	0,887	0,789	0,098
		90,450	81,055	0,886	0,794	0,092
		90,440	80,780	0,886	0,792	0,094
3	Silinder Pejal	120,490	106,16	1,180	1,040	0,140
		120,390	106,17	1,179	1,040	0,139
		120,430	106,15	1,180	1,040	0,140
		120,430	106,14	1,180	1,040	0,140
		120,420	106,15	1,180	1,040	0,140

- Balok

$$p = (3,030 \pm 0,001)\text{cm}$$

$$l = (1,980 \pm 0,001)\text{cm}$$

$$t = (1,990 \pm 0,001)\text{cm}$$

$$V = p \times l \times t$$

$$= (3,030 \pm 0,001)\text{cm} \times (1,980 \pm 0,001)\text{cm} \times (1,990 \pm 0,001)\text{cm}$$

$$= (11,938 \pm 0,001)\text{cm}^3$$

$$\overline{W - W'} = 0,081 \text{ N}$$

- Silinder berongga

$$d_{\text{luar}} = (2,455 \pm 0,001) \text{ cm}$$

$$d_{\text{dalam}} = (0,975 \pm 0,001) \text{ cm}$$

$$h = (1,460 \pm 0,001) \text{ cm}$$

$$t = (2,515 \pm 0,001) \text{ cm}$$

$$V_{\text{luar}} = \frac{\pi d_{\text{luar}}^2 t}{4}$$

$$V_{\text{luar}} = \frac{3,14 \cdot 2,455^2 \cdot 2,515}{4}$$

$$V_{\text{luar}} = 11,899 \pm 0,001 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{dalam}} = \frac{\pi d_{\text{dalam}}^2 h}{4}$$

$$V_{\text{dalam}} = \frac{3,14 \cdot 0,975^2 \cdot 1,460}{4}$$

$$V_{\text{dalam}} = 1,089 \pm 0,001 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{total}} = V_{\text{luar}} - V_{\text{dalam}}$$

$$V_{\text{total}} = 11,899 - 1,089$$

$$V_{\text{total}} = (10,81 \pm 0,001) \text{ cm}^3$$

$$\overline{W} - \overline{W}' = 0,093 \text{ N}$$

- Silinder pejal

$$t = (5,015 \pm 0,001) \text{ cm}$$

$$d = (1,950 \pm 0,001) \text{ cm}$$

$$V = \frac{\pi d^2 t}{4}$$

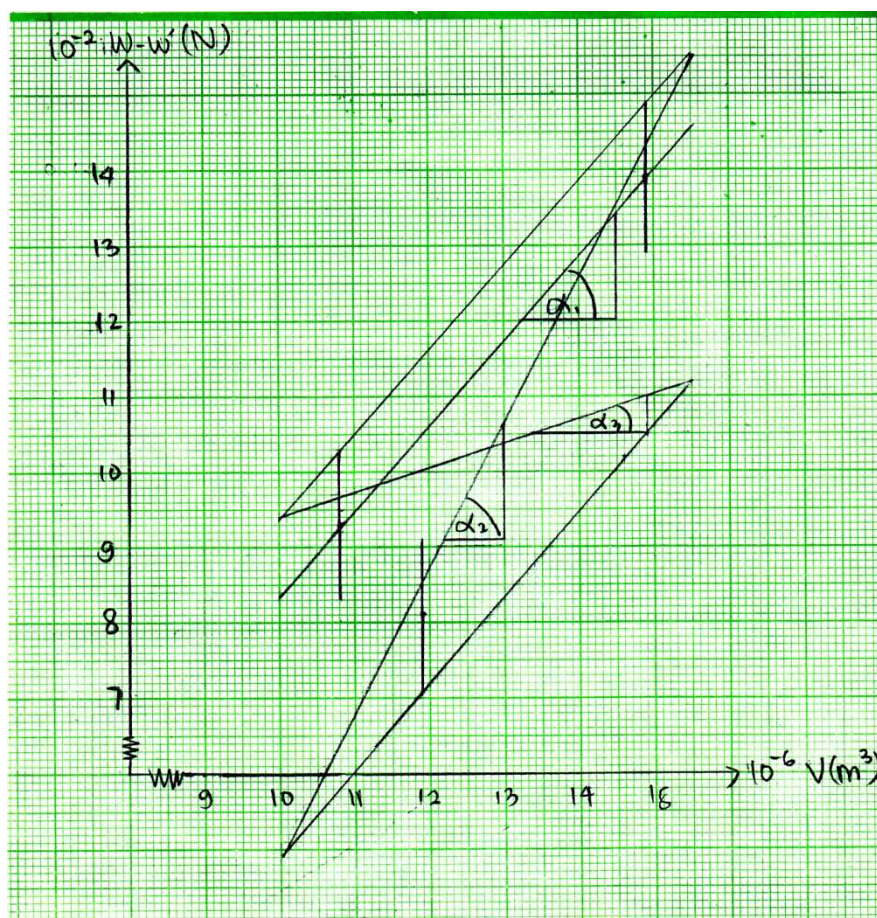
$$V = \frac{3,14 \cdot 1,950^2 \cdot 5,015}{4}$$

$$V = (14,969 \pm 0,001) \text{ cm}^3$$

$$\overline{W} - \overline{W}' = 0,139 \text{ N}$$

Perhitungan dengan menggunakan grafik

Grafik $W - W' = f(V)$



$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{1,4}{1,2} \times 10^4 = 1,16 \times 10^4$$

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{1,5}{0,8} \times 10^4 = 0,18 \times 10^4$$

$$\operatorname{tg} \alpha_3 = \frac{0,5}{1,5} \times 10^4 = 0,3 \times 10^4$$

$$\Delta \operatorname{tg} \alpha = \frac{|\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2| + |\operatorname{tg} \alpha_2 - \operatorname{tg} \alpha_3|}{2}$$

$$\Delta \operatorname{tg} \alpha = \frac{(0,98 + 0,12) \cdot 10^4}{2}$$

$$\Delta \operatorname{tg} \alpha = 0,55 \times 10^4$$

$$\rho_f = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{g}$$

$$\rho_f = \frac{1,16 \cdot 10^4}{9,8}$$

$$\rho_f = 0,118 \times 10^4 \text{ Kg/m}^3$$

$$\Delta \rho_f = \frac{\Delta \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha} \rho_f$$

$$\Delta\rho_f = \frac{0,55 \times 10^4}{1,16 \cdot 10^4} 0,118 \times 10^4$$

$$\Delta\rho_f = 0,056 \times 10^4 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Jadi, } \rho_f = (0,118 \pm 0,056) \times 10^4 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Dengan presentase kesalahan} = \frac{\Delta\rho_f}{\rho_f} \times 100\% = \frac{0,056 \times 10^4}{0,118 \times 10^4} \times 100\% = 47,45 \%$$

3.4. membandingkan hasil perolehan massa jenis zat cair dengan pengukuran langsung (menggunakan airometer) dan dengan menggunakan konsep Archimedes.

Massa Jenis Fluida	Dengan Aerometer	Dengan konsep Archimedes
	1000 ± 0,0025	0,118 ± 0,056

Terdapat perbedaan nilai massa jenis.

10. Kesimpulan

- Percobaan 1

Volume silinder berongga dengan menggunakan jangka sorong:

$$V_1 = (10,954 \pm 0,038) \text{ cm}^3$$

Volume silinder dengan menggunakan Hukum Archimedes:

$$V_2 = (10,9 \pm 3,478 \times 10^{-3}) \text{ cm}^3$$

- Percobaan 2

Massa jenis zat cair dengan menggunakan Aerometer:

Air : $(1000 \pm 0,0025) \text{ Kg/m}^3$

Gliserin : $(1200 \pm 0,0025) \text{ Kg/m}^3$

Minyak : $(900 \pm 0,0025) \text{ Kg/m}^3$

Massa jenis zat cair dengan menggunakan Hukum Arcimedes:

Air : $\rho_f = 1005,99 \text{ Kg/ m}^3$

Gliserin : $\rho_f = 1222,71 \text{ Kg/ m}^3$

Minyak : $\rho_f = 917,05 \text{ Kg/ m}^3$

- Percobaan 3

Massa jenis fluida dengan menggunakan Aerometer:

$$\rho_f = (1000 \pm 0,0025) \text{ Kg/m}^3$$

Massa jenis fluida dengan menggunakan Hukum Archimedes:

$$\rho_f = (0,118 \pm 0,056) \times 10^4 \text{ Kg/m}^3$$

11. Saran

1. Lakukan kalibrasi neraca ohaus dengan cermat
2. Pastikan anda mengukur silinder dengan diameter yang tepat karena bentuk silinder sudah tidak bulat sempurna.
3. Tentukan dengan cermat aerometer yang akan digunakan. Sebaiknya sebelumnya lihat literature untuk massa jenis dari fluida yang akan kamu gunakan.
4. Pastikan aerometer yang akan digunakan dalam keadaan yang benar-benar bersih.