

3. Archimedes

A. Tujuan

Menentukan massa jenis zat padat dan zat cair berdasarkan hukum

Archimedes.

B. 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 < 1 gr/cm³] 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 5 buah
(tidak perlu beraturan).
9. air, minyak goreng, dan gliserin [masing-masing 150 ml]
10. Loop 1 buah

C. Dasar Teori

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

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3.1)$$

Dalam hal ini, ρ adalah massa jenis benda (kg.m⁻³), m adalah massa benda (kg), dan V adalah volume (m⁻³). 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 ekspeprimen 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 Archimedes.

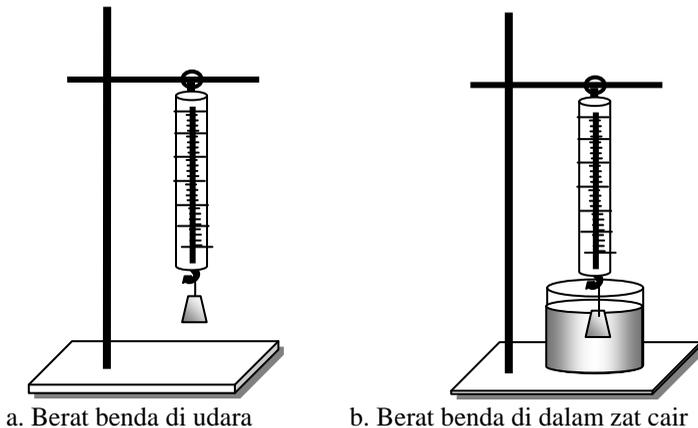
Besarnya gaya keatas suatu benda yang dicelupkan dalam zat cair dapat dinyatakan dengan :

$$F_A = W - W' \quad (3.2)$$

dan gaya keatas itu memenuhi hubungan

$$F_A = V \cdot \rho_f \cdot g \quad (3.3)$$

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.



Gambar 3.1

Menimbang benda dengan menggunakan Neraca Pegas

D. Prosedur

1. Percobaan 1: Menentukan volume selinder berrongga.
 - a. 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.
 - b. Perhatikan skala nol alat ukur sebelum digunakan. Gunakan *loop* agar pengamatan dapat dilakukan lebih cermat, perhatikan posisi pengamatan dan hindari kesalahan paralak.

- c. 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.
- d. Ukur massa jenis air dengan menggunakan *airometer* untuk satu kali pengukuran.
- e. Gunakan *loop* bila Anda melihat skala yang ditunjukkan oleh *airometer*, yaitu batas skala *airometer* yang tercelup dalam zat cair .
- f. Bandingkan volume selinder melalui dua cara pengukuran di atas.
- g. Bersihkan semua alat yang telah digunakan.

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

- a. Masukkan zat cair dalam gelas ukur, gunakan gelas ukur yang berbeda untuk setiap zat cair yang digunakan.
- b. Ukur massa jenis tiap zat cair yang tersedia dengan menggunakan *airometer*. Bersihkan *airometer* setelah digunakan pada setiap gelas dengan zat cair yang berbeda.
- c. Tertukan volume benda dengan menggunakan jangka sorong.
- d. Timbang berat benda di udara dan di dalam zat cair, perhatikan skala nol neraca pegas sebelum digunakan, gunakan *loop* agar pengamatan tampak lebih jelas.
- e. Bersihkan benda dan gunakan *beacker glass* yang berbeda untuk setiap zat cair yang berbeda.
- f. Bandingkan nilai massa jenis yang diperoleh melalui penerapan hukum Archimedes dan menggunakan *airometer*
- g. Lakukan langkah a – e untuk sejumlah zat cair yang tersedia.
- h. Bersihkan semua alat yang telah dipergunakan.

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

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

E. Tugas

1. Tugas Sebelum Percobaan

1. Bila sebuah benda berat yang tenggelam di dalam air ditimbang dengan menggantungkannya pada sebuah neraca pegas, bagaimana nilai yang ditunjukkan neraca pegas tersebut dibandingkan jika benda ditimbang di udara ? 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 massa 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 perbandingan volume benda yang tercelup di kedua fluida tersebut!
5. Terdapat dua buah telur yang masing-masing dimasukkan ke dalam 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 airometer? (Buatlah prosedur kerjanya dan tabel pengamatannya untuk bentuk benda yang beraturan!)

F. Panduan pembuatan laporan

Percobaan 1

- a. Berdasarkan persamaan 3.2 dan 3.3, tentukanlah volume benda selinder berongga ($g = 9,87 \text{ m/s}^2$).
- b. Bandingkan hasil yang Anda peroleh dengan pengukuran dengan menggunakan jangka sorong? Apakah ada perbedaan? Berikan argumentasi Anda!

Percobaan 2

- a. Buatlah tabel pengamatan berdasarkan prosedur dan data yang Anda peroleh, kemudian tentukan harga massa jenis fluida masing-masing zat cair yang Anda gunakan.
- b. Bandingkan perolehan harga massa jenis antara pengukuran langsung dengan menggunakan airometer dan dengan penerapan hukum Archimides.
- c. Apakah terdapat perbedaan? Berikan argumentasi Anda!
- d. 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!
- e. Samakah hasil yang Anda peroleh dengan pengukuran menggunakan jangka sorong ? Berikan argumentasi Anda!

Percobaan 3

- a. Berdasarkan data diatas buatlah grafik $W-W' = f(V)$, berdasarkan grafik tersebut dapatkah Anda menentukn harga massa jenis fluida?

- b. Bandingkan hasil perolehan massa jenis zat cair dengan pengukuran langsung (menggunakan airometer) dan dengan menggunakan konsep Archimides? Apakah terdapat perbedaan? Berikan argumentasi Anda !

G. 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.

Jawaban tugas sebelum percobaan

1. Nilai yang ditunjukkan oleh neraca pegas lebih kecil jika benda ditimbang di udara. Hal ini disebabkan air memberikan gaya ke atas yang sebagian mengimbangi gaya berat. Gaya yang diberikan oleh fluida pada benda yang tenggelam di dalamnya disebut gaya apung.
2. Dapat, caranya adalah dengan mengetahui massa dan volume dari benda padat tersebut. Untuk mengetahui massa dapat dilakukan dengan cara :
 1. mengukur massa dengan menggunakan neraca Ohaus Cent-Ogram
 2. mengukur massa dengan menggunakan Neraca Pegas
 3. mengukur massa dengan menggunakan berat benda padat terlebih dahulu dengan neraca pegas kemudian menghitung massa benda dengan rumus

$$m = \frac{w}{g}$$

Selanjutnya untuk mengukur volume dapat dilakukan dengan cara :

1. Jika benda yang diukur beraturan, misalnya silinder berongga maka volume dapat dicari dengan menggunakan jangka sorong. Dengan terlebih dahulu mengukur diameter luar, diameter dalam, tinggi silinder luar dan tinggi silinder dalam. Kemudian dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$V = \text{Luas alas} \times \text{tinggi}$$

$$V = (\pi r^2)t$$

2. Jika bendanya tidak beraturan, volumenya dapat

ditentukan dengan persamaan :
$$V = \frac{W_{udara} - W_{fluida}}{\rho_f g}$$

3. Dapat, caranya adalah dengan menggunakan persamaan

$$\rho_{benda} = \frac{m_{benda}}{V_{benda}} . \text{ Untuk mencari massa dapat}$$

diukur dengan Neraca Ohaus Cent-Ograf. Sedangkan volume benda dapat diukur dengan menimbang berat benda di udara dan berat benda di fluida. Kemudian dihitung dengan menggunakan persamaan 3.2 yaitu :

$$F_A = W_{udara} - W_{fluida} = \rho_{fluida} V_{benda} g ; \text{ maka}$$

$$V_{benda} = \frac{W_{udara} - W_{fluida}}{\rho_{fluida} g}$$

4. Kasus terapung: $F_a = W$, sehingga $V_{tc} = \frac{\rho_b \cdot V_b}{\rho_f}$

$$\text{Jika } \rho_{fA} = \frac{5}{4} \rho_{fB}, \text{ maka } \frac{V_{tcA}}{V_{tcB}} = \frac{\frac{\rho_b \cdot V_b}{\rho_{fA}}}{\frac{\rho_b \cdot V_b}{\rho_{fB}}}, \text{ sehingga}$$

$$\text{diperoleh: } \frac{V_{tcA}}{V_{tcB}} = \frac{\rho_{fB}}{\rho_{fA}} = \frac{\rho_{fB}}{5/4 \rho_{fB}} = \frac{4}{5} . \text{ Jadi } V_{tcA} = 4/5 V_{tcB}$$

5. a. Telur yang mengapung disebabkan cairan dalam telur terlalu encer atau sudah ada udaranya karena membusuk, sedangkan telur yang tenggelam, cairan

di dalamnya masih kental sehingga $W_{\text{telur}} > F_a$ dan berat jenis telur $>$ berat jenis zat cair.

- b. Supaya telur yang tenggelam tersebut dapat terapung, maka kita dapat menambahkan garam pada air tawar tersebut, sehingga $W_{\text{telur}} < F_a$ dan berat jenis telur $<$ berat jenis zat cair

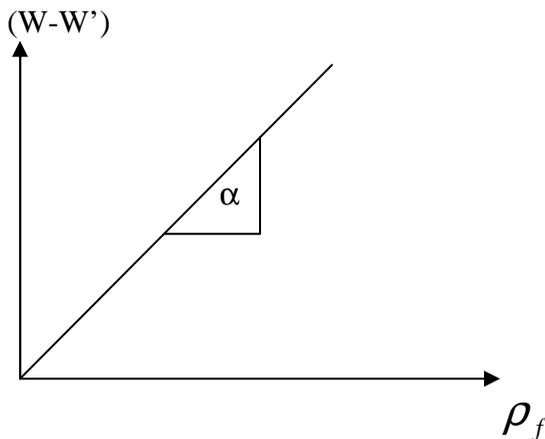
6. $F_A = W_u - W_f \dots\dots (3.2)$

$F_A = \rho_f V_b g; \dots\dots (3.3)$

Maka volume benda dapat ditentukan sebagai berikut :

$$V_b = \frac{W_u - W_f}{\rho_f g}$$

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

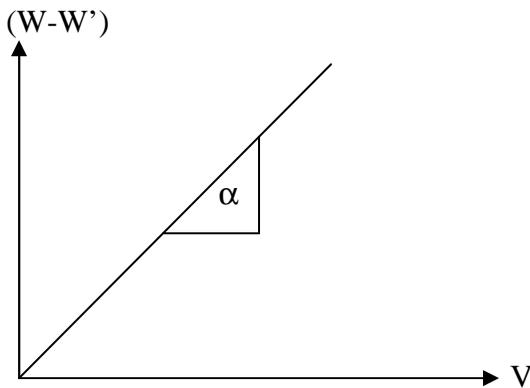


Karena $(W - W')$ merupakan kesebandingan dengan ρ_f maka grafik $(W - W')$ terhadap ρ_f adalah linier.

$$\tan \alpha = \frac{(W - W')}{\rho_f} = V \cdot g$$

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

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



Karena $(W - W')$ merupakan kesebandingan dengan V maka grafik $(W - W')$ terhadap V adalah linier.

$$\tan \alpha = \frac{(W - W')}{V} = \rho_f \cdot g$$

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

8. a. Tentukan volume benda dengan menggunakan jangka sorong (lakukan 5 kali pengulangan)

- b. Timbang berat benda di udara dan di dalam fluida, perhatikan skala nol neraca pegas sebelum digunakan, gunakan lup agar pengamatan tampak lebih jelas. (lakukan 5 kali pengulangan)
- c. Dengan menggunakan persamaan (3.2) dan (3.3), massa jenis fluida diperoleh dengan persamaan

berikut:

$$\rho_f = \frac{W_u - W_f}{V_b g}$$