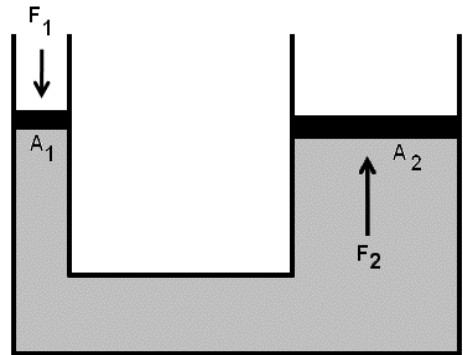


Hukum pascal

Sebuah contoh pemakaian hukum Pascal yaitu pada dongkrak hidrolik, yang prinsipnya ditunjukkan pada Gambar 6.7 d samping

Alat ini berupa bejana tertutup yang dilengkapi dengan dua bulan pengisap pada kedua kakinya. Misalnya luas penampang pengisap 1 ialah A_1 , dan luas penampang pengisap 2 ialah A_2 , dengan $A_1 < A_2$. Jika

pengisap 1 diberi gaya F , ke bawah, maka zat cair yang berada dalam bejana tersebut akan mengalami tekanan p , sebesar $\frac{F_1}{A_1}$.



Berdasarkan hukum Pascal, tekanan p , akan diteruskan ke segala arah dengan sama besar ke pengisap 2. Jadi, pengisap 2 dengan luas penampang A_2 menerima tekanan p_1 . Seandainya gaya yang dihasilkan oleh tekanan p_1 pada penampang A_2 adalah F , maka akan diperoleh persamaan sebagai berikut.

$$F_2 = p_1 A_2, \text{ dengan } p_1 = \frac{F_1}{A_1}$$

jadi,

$$F_2 = \frac{F_1}{A_1} A_2 \iff \frac{F_2}{A_2} = \frac{F_1}{A_1}$$

dengan

$$F_1 = \text{ gaya pada } A_1 \text{ (N)}$$

$$F_2 = \text{ gaya pada } A_2 \text{ (N)}$$

$$A_1 = \text{ luas penampang 1 (m}^2\text{)}$$

$$A_2 = \text{ luas penampang 2 (m}^2\text{)}$$

Karena $A_2 > A_1$, maka $F_2 > F_1$, hal ini menyebabkan gaya yang bekerja pada penampang A_2 , menjadi lebih besar.

Contoh Soal

Sebuah pengangkat mobil hidrolik memiliki dua pengisap dengan luas penampang masing-masing $A_1 = 100 \text{ cm}^2$, dan $A_2 = 2.000 \text{ cm}^2$, Berapakah besar gaya minimal F , yang harus diberikan pada penampang A_1 agar mobil dengan berat 15.000 N dapat terangkat?

Penyelesaian

$$A_1 = 100 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = 2.000 \text{ cm}^2$$

$$w = F_2 = 15.000 \text{ N}$$

Menurut hukum Pascal

$$p_1 = p_2$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

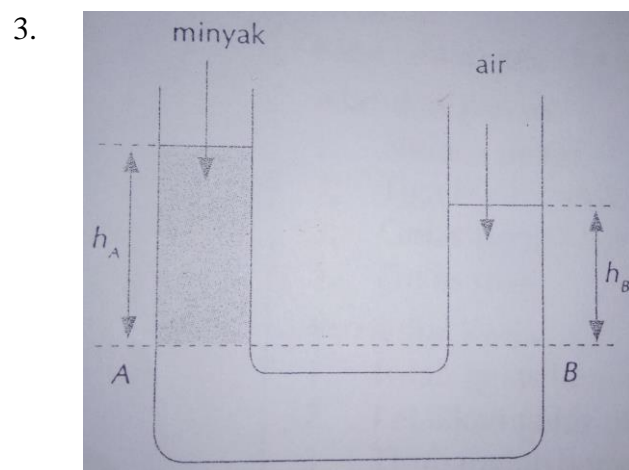
$$F_1 = \frac{F_2}{A_2} A_1$$

$$\frac{1000 \text{ cm}^2}{2000 \text{ cm}^2} 15000 \text{ N} = 750 \text{ N}$$

Jadi, gaya minimal yang diperlukan untuk mengangkat mobil tersebut adalah 750 N.

Evaluasi

1. Sebuah drum berisi air setinggi 0.75 m. Jika diketahui massa jenis air = 1.000 kg/m^3 dan percepatan gravitasi bumi = 10 m/s^2 , hitunglah tekanan hidrostatis di dasar drum tersebut
2. Sebuah kapal selam berada pada kedalaman 50 m di bawah permukaan laut. Bila diketahui massa jenis air laut $1,03 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ dan tekanan udara di atas permukaan laut 10^5 Pa . Berapa tekanan hidrostatis yang dialami kapal selam tersebut?



Sebuah pipa U diisi air dan minyak seperti terlihat pada gambar. Tinggi $h_A = 5 \text{ cm}$ dan $h_B = 3 \text{ cm}$. Bila massa jenis air 10^3 kg/m^3 , berapakah massa jenis minyak?

4. Hitung besarnya gaya yang harus diberikan oleh seorang perawat pada pengisap sebuah semprot suntik yang diameternya 2 cm supaya tekanan di dalamnya bertambah 10^5 Pa.
5. Pompa hidrolik mempunyai penampang $A_1 = 10 \text{ cm}^2$ dan $A_2 = 30 \text{ cm}^2$. Jika beban pada penampang A_1 seberat 50 N, maka tentukan beban terangkat pada A_2 .

Hukum Archimedes

Apabila kita mengangkat sebuah benda (misalnya batu) di udara, kemudian dimasukkan ke dalam air dan kita angkat kembali, maka ketika diangkat dari dalam air ternyata benda tersebut terasa lebih ringan dibandingkan pada saat di udara. Mengapa demikian? Apakah berat benda tersebut berkurang ketika berada dalam air?

Sesungguhnya benda yang berada di dalam air beratnya tidak berkurang. Hanya pada saat benda berada di dalam air, benda mengalami gaya ke atas yang dikerjakan air pada benda, sehingga berat benda seolah-olah berkurang. Untuk lebih memahaminya lakukan kegiatan 3 berikut

Kegiatan Siswa 3: Praktikum

Hukum Archimedes mempelajari tentang gaya mempelajari tentang gaya ke atas yang dialami oleh benda apabila berada dalam fluida. Benda-benda yang dimasukkan pada fluida seakan-akan mempunyai berat yang lebih kecil daripada saat di luar fluida. Misalnya, batu terasa lebih ringan ketika berada di dalam air dibandingkan berada di udara. Berat di dalam air sesungguhnya tetap, tetapi air melakukan gaya yang arahnya ke atas. Hal ini menyebabkan berat batu akan berkurang, sehingga batu terasa lebih ringan

Tujuan:

Mengamati gaya ke atas dalam zat cair

Alat dan Bahan

1. Neraca pegas
2. Tiga buah balok dengan ukuran berbeda
3. Gelas berpancur
4. Gelas ukur

Prosedur Kerja

1. Isilah gelas berpancur dengan air sampai permukaan air tepat berada di bibir bawah lubang pancur.
2. Letakkan gelas ukur di bawah pancuran.
3. Timbanglah berat balok di udara (w_u), kemudian timbanglah berat balok di air (w_a) dengan menggunakan neraca pegas.
4. Timbanglah massa air yang tumpah (m_t).
5. Hitunglah berat air yang tumpah dengan mengalikan massa air tumpah dengan percepatan gravitasi bumi ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$)
6. Catatlah hasilnya pada tabel berikut.

No.	Balok ke -	w_u (N)	w_a (N)	$w_u - w_a$ (N)	m_t (kg)	Berat air tumpah $m_t g$ (N)

7. Ulangilah langkah 3 dan 4 dengan menambah jumlah balok.

Pertanyaan dan Tugas

1. Menyatakan apakah $w_u - w_a$ pada tabel?
2. Apakah besarnya $w_u - w_a$ sama dengan m_t ? Apakah artinya?
3. Buat laporan dari kegiatan yang telah Anda lakukan dan kumpulkan sebagai tugas kelompok.

Berdasarkan tabel hasil percobaan pada Kegiatan 3, terlihat bahwa besarnya gaya ke atas sebanding dengan berat air yang ditumpahkan oleh balok. Artinya, suatu benda yang dicelupkan sebagian atau seluruhnya ke dalam zat cair mengalami gaya ke atas yang besarnya sama dengan berat zat cair yang dipindahkan oleh benda tersebut.

Peristiwa adanya gaya ke atas yang bekerja pada suatu benda yang tercelup ke dalam air atau zat cair lainnya pertama kali dijelaskan oleh seorang ahli matematika dan filsuf Yunani bernama Archimedes (287-212 SM).

Menurut Archimedes

Sebuah benda yang tercelup sebagian atau seluruhnya ke dalam air atau zat cair lain akan mengalami gaya ke atas yang besarnya sama dengan berat zat cair yang dipindahkannya,

Pernyataan Archimedes ini dikenal sebagai *hukum Archimedes*. Secara matematis hukum Archimedes dirumuskan sebagai berikut.

$$F_A = w_{bf}$$

Dengan :

$$F_A = \text{gaya ke atas (N)}$$

$$w_{bf} = \text{berat zat cair yang dipindahkan (N)}$$

$$g = \text{percepatan gravitasi bumi (m/s}^2\text{)}$$

Contoh Soal

1. Sebuah benda ditimbang di udara dengan menggunakan neraca pegas beratnya 50 N. Kemudian benda tersebut ditimbang sambil dicelupkan seluruhnya ke dalam air dalam sebuah wadah, beratnya menjadi 40 N. Apabila massa jenis air 1.000 kg/m^3 dan percepatan gravitasi 10 m/s^2 , berapakah besar gaya ke atas yang dialami benda dan massa jenis benda tersebut?

Penyelesaian

$$W_u = 50 \text{ N}$$

$$W_a = 40 \text{ N}$$

$$\rho_a = 1.000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$F_A = W_u - W_a$$

$$= (50 - 40) \text{ N}$$

$$= 10 \text{ N}$$

Jadi, gaya ke atas yang dialami benda tersebut adalah 10 N.

Karena $F_A = \rho_f V_{bf} g$

$$\begin{aligned} V_{bf} &= \frac{F_A}{\rho_f g} \\ &= \frac{10 \text{ N}}{(1000 \text{ kg/m}^3)(10 \text{ m/s}^2)} = 0,001 \end{aligned}$$

Karena $\rho_b = \frac{m_b}{V_b}$, maka:

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{W_u / g}{V_b}, \\ &= \frac{50 \text{ N} / 10 \text{ m/s}^2}{0,001 \text{ m}^3} = 5.000 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Jadi, massa jenis benda tersebut adalah 5.000 kg/m^3

2. Sebuah benda dengan volume 8.000 cm^3 dan massa jenis 1.500 kg/m^3 tercelup di dalam air seluruhnya. Massa jenis air 1.000 kg/m^3 , percepatan gravitasi bumi $g = 10 \text{ m/s}^2$. Berapakah besar gaya ke atas yang dialami benda dan berat benda di dalam air?

Penyelesaian

$$V_a = V_b = 8.000 \text{ cm}^3 = 0,008 \text{ m}^3$$

$$\rho_b = 1.500 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_a = 1.000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$F_a = \rho_a V_a g$$

$$= (1.500 \text{ kg/m}^3) (0,008 \text{ m}^3) (10 \text{ m/s}^2)$$

$$= 80 \text{ N}$$

Jadi, gaya ke atas yang dialami oleh benda adalah 80 N. Berat benda di air:

$$W_{\text{udara}} = \rho_b V_b g$$

$$W_{\text{udara}} = (1.500 \text{ kg/m}^3) (0,008 \text{ m}^3) (10 \text{ m/s}^2)$$

$$= 120 \text{ N}$$

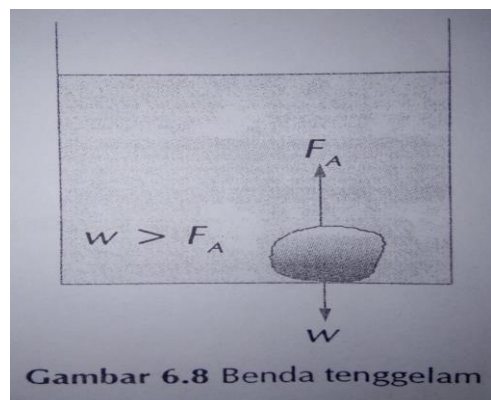
$$W_{\text{air}} = W_{\text{udara}} - F_a$$

$$= 120 \text{ N} - 80 \text{ N} = 40 \text{ N}$$

Jadi, berat benda dalam air adalah 40 N.

1. Tenggelam

Sebuah benda dikatakan tenggelam jika benda tersebut tercelup seluruhnya dan berada di dasar suatu zat cair. Sebuah benda akan tenggelam di dalam suatu zat cair jika berat benda (w) lebih besar daripada gaya ke atas (F_a). Dengan kata lain, sebuah benda akan tenggelam di dalam suatu zat cair jika massa jenis benda lebih besar dari massa jenis zat cair dan volume



benda sama dengan volume zat cair yang dipindahkan ($V_b = V_f$), sehingga ketika benda tenggelam, berlaku persamaan berikut.

$$w > F_A$$

$$m_b g > m_f g$$

$$V_b p_b g > V_f p_f g$$

$$p_b > p_f$$

dengan:

m_b = massa benda (kg)

m_f = massa zat cair yang dipindahkan (kg)

V_b = volume benda (m^3)

V_f = volume zat cair yang dipindahkan (m^3) P

p_b = massa jenis benda (kg/m^3)

p_f = massa jenis zat cair (kg/m^3)

2. Melayang

Sebuah benda dikatakan melayang jika benda tersebut tercelup seluruhnya, tetapi tidak mencapai dasar dari zat cair tersebut. Suatu benda akan melayang di dalam suatu zat cair jika berat benda (w) sama dengan gaya ke atas (F_a). Jadi, dalam keadaan melayang, massa jenis benda (p_b) sama dengan massa jenis zat cair (p_f) dan volume benda sama dengan volume zat cair yang dipindahkan ($V_b = V_f$), sehingga ketika benda melayang, berlaku persamaan berikut.

$$w = F_a$$

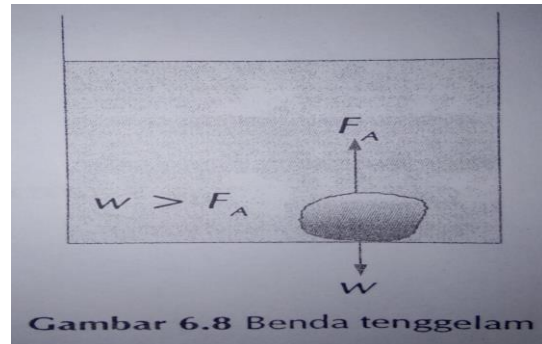
$$m_b g = m_f g$$

$$(V_b p_b) g = (V_f p_f) g$$

$$p_b = p_f$$

3. Terapung

Sebuah benda dikatakan terapung jika benda tersebut tercelup sebagian di dalam zat cair. Dalam keadaan terapung, volume benda yang tercelup dalam zat cair lebih kecil daripada volume benda ($V_f < V_b$). Pada kasus benda terapung, berat benda (w) sama dengan gaya ke atasnya (F_a). Oleh karena itu, dalam keadaan terapung, massa jenis benda (p_b) lebih kecil



daripada massa jenis zat cair (p_f). Oleh karena itu, dalam keadaan ini berlaku persamaan berikut.

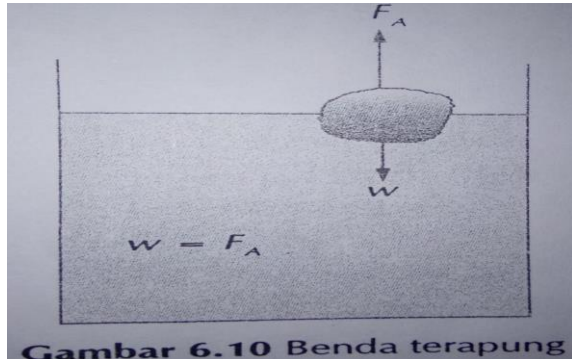
$$w = F_a$$

$$m_b g = m_f g$$

$$(V_b p_b) g = (V_f p_f) g$$

$$p_b = \frac{V_f}{V_b} p_f$$

Karena $V_f < V_b$, maka $p_b < p_f$



Contoh Soal

1. Dalam bejana berisi air, terapung segumpal es yang massa jenisnya = $0,9 \text{ g/cm}^3$. Bagian es yang tercelup, volumenya sama dengan $0,18 \text{ m}^3$. Tentukanlah volume es seluruhnya.

Penyelesaian

$$p_b = 0,9 \text{ g/cm}^3 = 900 \text{ kg/m}^3$$

$$p_f = 1.000 \text{ kg/m}^3$$

$$p_f V_f = p_b V_b$$

$$(1.000 \text{ kg/m}^3) (0,18 \text{ m}^3) = 900 \text{ kg/m}^3 V_b$$

$$V_b = \frac{180 \text{ kg}}{900 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 0,2 \text{ m}^3$$

Jadi, volume es seluruhnya sebesar $0,2 \text{ m}^3$

2. Selembar seng yang massanya 30 gram dikaitkan pada balok kayu yang sedang terapung di atas permukaan air sehingga sistem balok kayu dan seng tersebut ke bawah dan melayang dalam air. Jika massa jenis seng 800 kg/m^3 , massa jenis balok kayu air 1.000 kg/m^3 , hitunglah volume balok kayu tersebut.

Penyelesaian :

$$p_f = 1.000 \text{ kg/m}^3$$

$$m_{b2} = 30 \text{ gram} = 0,03 \text{ kg}$$

$$p_f = 800 \text{ kg/m}^3$$

$$p_{b2} = 7.100 \text{ kg/m}^3$$

Menentukan massa balok kayu (benda 1).

$$m_{b1} = \rho_{b2} V_{bt} = (800 \text{ kg/m}^3) (V_{bt})$$

Menentukan volume seng (benda 2)

$$V_{bt} = \frac{m_{b1}}{\rho_{b2}} = \frac{0.03 \text{ kg}}{7100 \text{ kg/m}^3} = 4,2 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

Menentukan massa jenis rata-rata sistem (ρ_b)

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{m_{b1} + m_{b2}}{V_{b1} + V_{b2}} \\ &= \frac{800 V_{b1} + 0,03}{V_{b1} + 4,2 \times 10^{-6}} \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Pada saat sistem melayang, maka berlaku $\rho_b = \rho_f$, sehingga:

$$= \frac{800 V_{b1} + 0,03}{V_{b1} + V_{b2}} = 1000$$

$$800 V_{b1} + 0,03 = 1000 V_{b1} + 4,2 \times 10^{-3}$$

$$0,03 - 4,2 \times 10^{-3} = 1.000 V_{b1} - 800 V_{bt}$$

$$0,0258 = 200 V_{bt}$$

$$V_{bt} = \frac{0,0258}{200}$$

$$= 1,29 \times 10^{-4} \text{ m}^3 = 129 \text{ cm}^3. \text{ Jadi, volume balok kayu pada sistem tersebut}$$

adalah 129 cm.

Kegiatan Diskusi

Bagilah kelas Anda menjadi beberapa kelompok, tiap kelompok terdiri dari 5 sampai 6 orang siswa. Kemudian, diskusikan beberapa peristiwa yang sering kita temukan dalam kehidupan sehari-hari berikut.

1. Ketika bermain balon sabun, Anda dapat membuat lapisan tipis air sabun pada alat meniupnya. Menunjukkan apakah kejadian ini?
2. Pada saat menggunakan kompor, minyak yang berada di bawah dapat naik pada sumbu. Menurut Anda, bagaimanakah hal ini terjadi?
3. Ketika Anda memasukkan benda tertentu ke dalam air, mungkin benda ini akan tenggelam. Akan tetapi, jika dimasukkan ke dalam oli atau cairan yang lebih kental, benda belum tenggelam. Faktor apakah yang menyebabkannya?