MEKANIKA FLUIDA

Fluida

- Fluida adalah zat yang dapat mengalir, termasuk dalam fluida adalah cairan dan gas.
- Pengertian Umum
  - Gas adalah fluida yang dapat ditekan.
  - Cairan Hampir-hampir tidak dapat ditekan.
- Mekanika Fluida
  - Statistika Fluida (Fluida yang diam dalam keadaan setimbang)
  - Dinamika Fluida (Fluida yang bergerak)

2

Statistika Fluida

- Densitas (massa jenis)
- Tekanan
- Daya apung
- Tegangan Permukaan

3

Densitas (Massa jenis/Density)

- Densitas adalah massa persatuan volum

$\rho = \frac{m}{V}$ ρ = densitas;

m = massa

V = volume

- Satuan SI untuk densitas adalah kilogram per meter kubik (1kg/m^3). Dalam cgs adalah gram per centimeter kubik (1 g/cm^3), 1 g/cm^3 = 1000 kg/m^3
- Gravitasi spesifik (Spesific gravity) Perbandingan antara densitas bahan dengan densitas air pada suhu 4 ^{o}C

Material or Object	Density (kg/m^3)
Interstellar space	10^{-20}
Best laboratory vacuum	10^{-17}
Air: 20°C and 1 atm pressure	1.21
20°C and 50 atm	60.5
Styrofoam	1×10^2
Ice	0.917×10^3
Water: 20°C and 1 atm	0.998×10^3
20°C and 50 atm	1.000×10^3
Seawater: 20°C and 1 atm	1.024×10^3
Whole blood	1.060×10^3
Iron	7.9×10^3
Mercury (the metal, not the planet)	13.6×10^3
Earth: average	5.5×10^3
core	9.5×10^3
crust	2.8×10^3
Sun: average	1.4×10^3
core	1.6×10^5
White dwarf star (core)	10^{10}
Uranium nucleus	3×10^{17}
Neutron star (core)	10^{18}

4

Example 12.1

The weight of a roomful of air

Find the mass and weight of the air at 20°C in a living room with a 4.0 m*5.0 m floor and a ceiling 3.0 m high, and the mass and weight of an equal volume of water.

Solution

We have V = (14.0 m) (15.0 m) (13.0 m) = 60 m³, so from Eq. (12.1),

$m_{air} = \rho_{air} \cdot V$ = (11.20 kg/m³) (60 m³) = 72 kg

$w_{air} = m_{air} \cdot g$ = (172 kg) (9.8 m/s²) = 700 N = 160 lb

The mass and weight of an equal volume of water are

$m_{water} = \rho_{water} V$ = (1000 kg/m³) (60 m³)

= 6.0 * 10⁴ kg

$w_{water} = m_{water}\, g$ = (6.0 * 10⁴ kg) (9.8 m/s²)

= 5.9 * 10⁵ N

= 1.3 * 10⁵ lb

= 66 tons

Tekanan dalam Fluida

- Dalam keadaan tenang, fluida akan memberikan gaya yang tegak lurus pada seluruh permukaan kontaknya. Gaya yang diberikan akibat tumbukan molekul dalam fluida
- Tekanan (pressure) adalah gaya normal persatuan luas yaitu perbandingan antara *dF* dan *dA*

$$p = \frac{F}{A}$$

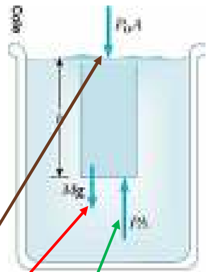
- Satuan SI untuk tekanan (pressure) adalah pascal, dimana

  1 pascal = 1 Pa = 1 N/m²

  Dua satuan yang berkaitan adalah bar, setara dengan 105 Pa, dan millibar, setara dengan 100 Pa.

Tekanan dan Kedalaman

- Jika sebuah fluida dalam keadaan diam pada wadah, semua bagian fluida haruslah dalam keadaan kesetimbangan statis
- Semua titik pada kedalaman yang sama haruslah berada dalam tekanan yang sama (kecuali jika fluida tidak dalam kesetimbangan)
- Tiga gaya eksternal bekerja pada bagian benda seluas A



Gaya eksternal: atmosfir, berat, normal (gaya apung)

$$\sum \vec{F} = 0 \;\Rightarrow\; PA - Mg - P_0A = 0,$$

$$tapi: \; M = \rho V = \rho Ah, \quad jadi: PA = P_0A + \rho Agh$$

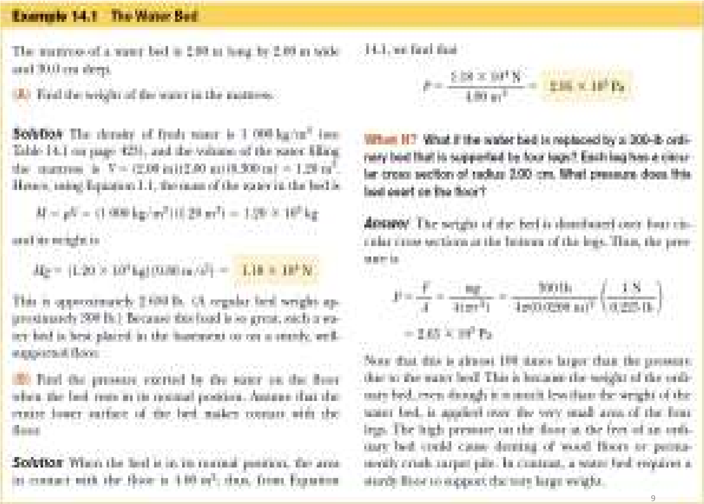
$$P = P_0 + \rho g h$$

Tekanan dan Persamaan Kedalaman

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

- Po adalah tekanan atmosfir normal

  1.013 x 105 Pa = 14.7 lb/in2
- Tekanan tidak bergantung pada bentuk wadah
- Satuan tekanan yang lain:
- Satu atmosfir 1 atm = { 76.0 cm dari raksa; 1.013 x 105 Pa; 14.7 lb/in² }


Example 14.1 The Water Bed

What If? What if the water bed is replaced by a 300-lb ordinary bed that is supported by four legs? Each leg has a circular cross section of radius 2.00 cm. What pressure does this bed exert on the floor?

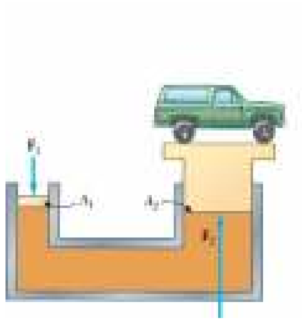
9

Prinsip Paskal

- Tekanan yang diberikan pada suatu cairan yang tertutup diteruskan tanpa berkurang ke tiap titik dalam fluida dan ke dinding bejana.
- Dongkrak hidrolik adalah aplikasi yang penting dari Prinsip Paskal

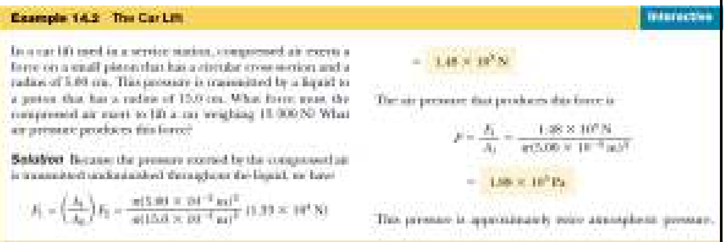
$$p = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

- Juga digunakan dalam rem hidrolik, pengangkat mobil dll



Karena $A_2 > A_1$, maka $F_2 > F_1$

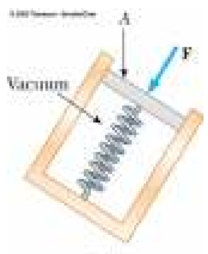
10


Example 14.2 The Car Lift

Interactive

11

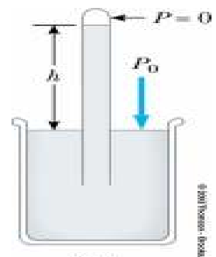
Pengukuran Tekanan



(b)

- Pegas dikalibrasi dengan gaya yang diketahui
- Gaya yang dikerjakan fluida pada piston dapat diukur

- Salah satu ujung tabung U terbuka ke atmosfer
- Ujung yang lain dihubungkan dengan tekanan yang akan diukur
- Tekanan pada B adalah $P_o+\rho gh$



(b)

- Tabung tertutup panjang diisi dengan raksa dan dibalikan posisinya dalam bejana berisi rakasa juga
- Tekana atmosfer terukur adalah ρgh

12

Keterapungan (Buoyancy)

■ Berapa besarnya gaya ini?

$\Delta F = B = (P_2 - P_1)A$,
dengan : $P_2 = P_1 + \rho gh$,
maka : $B = (P_1 + \rho gh - P_1)A$
$= \rho_{fluida}\, ghA$
$= \rho_{fluida}\, gV$

- Besarnya gaya apung selalu sama dengan berat fluida yang dipindahkan
  $B = \rho_{fluida} \cdot V_g = w_{fluida}$
- Gaya apung adalah sama untuk benda yang ukuran, bentuk, dan kerapatannya sama
- Gaya apung adalah gaya yang dikerjakan oleh fluida
- Sebuah benda tenggelam atau mengapung bergantung pada hubungan antara gaya apung dan gaya berat

13

Prinsip Archimedes

- Sebuah benda yang tenggelam seluruhnya atau sebagian dalam suatu fluida diangkat ke atas oleh sebuah gaya yang sama dengan berat fluida yang dipindahkan
- Gaya ini disebut gaya apung.
- Penyebab fisis: perbedaan tekanan antara bagian atas dan bagian bawah benda

14

Prinsip Archimedes: Benda Terendam

Gaya apung ke atas adalah $B=\rho_{fluida} g V_{benda}$
Gaya gravitasi ke bawah adalah $w=mg=\rho_{benda} g V_{benda}$
Gaya neto adalah $B\text{-}w=(\rho_{fluida}\text{-}\rho_{benda}) g V_{benda}$

Benda akan mengapung atau tenggelam, bergatung pada arah gaya neto

15

Gaya neto adalah $B - w = (\rho_{fluida} - \rho_{benda})\, g\, V_{benda}$

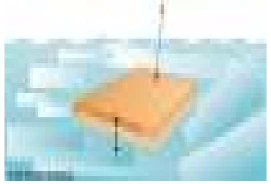
▶ Kerapatan benda lebih kecil dari fluida $\rho_{benda} < \rho_{fluida}$
▶ Benda mengalami gaya neto ke atas

■ Kerapatan benda lebih besar dari fluida
$\rho_{benda} > \rho_{fluida}$
■ Gaya neto ke bawah, sehingga percepatan benda ke bawah

16

Prinsip Archimedes: Benda Mengapung

- Benda dalam kesetimbangan statis
- Gaya apung ke atas diseimbangkan oleh gaya gravitasi ke bawah
- Volume fluida yang dipindahkan sama dengan volume benda yang tercelup dalam fluida



$$\frac{\rho_{benda}}{\rho_{fluida}} = \frac{V_{fluida}}{V_{benda}}$$

17

Contoh Soal

1. Anda membeli sepotong sepotong logam empat persegi panjang dengan ukuran 5.0 x 15.0 x 30.0 mm dengan massa 0.0158 kg. Penjual mengatakan bahwa logam tersebut adalah emas. Untuk membuktikannya anda menghitung densitas rata-rata logam. Berapakah nilai densitas rata-rata?

Jawab :
Densitas :
Densitas er $\rho = m/V$ 103 kg/m3.

$$V = (5.0\times10^{-3}\ \text{m})(15.0\times10^{-3}\ \text{m})(30.0\times10^{-3}\ \text{m}) = 2.25\times10^{-6}\ \text{m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0.0158\ \text{kg}}{2.25\times10^{-6}\ \text{m}^3} = 7.02\times10^3\ \text{kg/m}^3$$

ıpi emas dengan kadar 36 %

2. Anda merancang diving bell untuk menahan tekan air laut pada kedalaman 250 m.

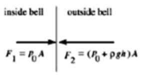
(a) Berapa tekanan gauge pada kedalaman ini? (asumsikan densitas air tidak berubah)

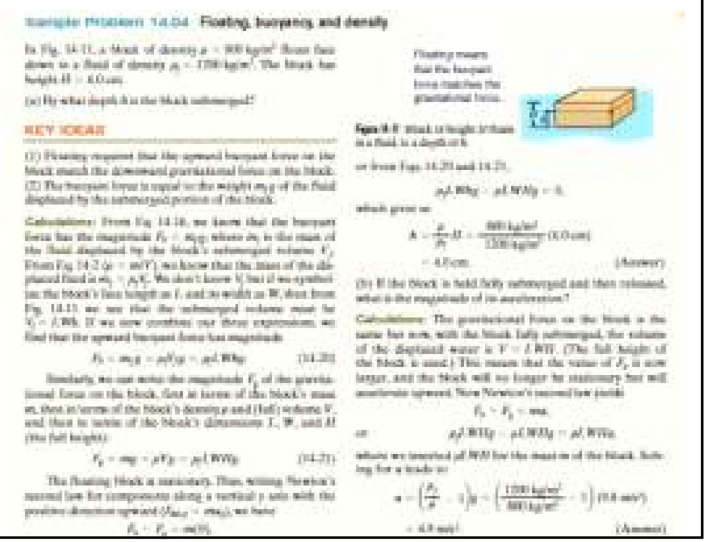
(b) Pada kedalaman ini berapa gaya total akibat air diluar diving bell dan udara di dalam diving bell pada sebuah kaca berbentuk lingkaran dengan diameter 30.0 cm in diameter jika tekanan dalam diving bell sama dengan tekanan pada permukaan air?

Jawab

a. gauge pressure = p – p_0 = ρ gh
Densitas air laut 1.03×103 kg/m^3,
p – p_0 = ρgh
= (1.03×10 kg/m)(9.80 m/s)(250 m)
= 2.52 ×10 Pa

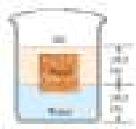
b. Tekananan pada kedua sisi jendela
F = pA. Tekanan di dalam p0 ; Tekanan diluar p = p0 + ρ gh.
The net force is
F2 - F1 = (p0 + ρ gh)A - p0 A = (ρgh)
F2 - F1 = (2.52x10^6 Pa)π (0.150 m)2
F2 - F1 =1.78x10^5 N.



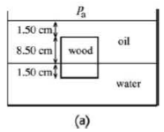

Sample Problem 14.04 Floating, buoyancy, and density

KEY IDEAS

3. A cubical block of wood, 10.0 cm on a side, floats at the interface between oil and water with its lower surface 1.50 cm below the interface (Fig. E12.31). The density of the oil is 790 kg/m^3.
a. What is the gauge pressure at the upper face of the block?
b. What is the gauge pressure at the lower face of the block?



IDENTIFY and **SET UP:**
Use Eq. (12.8) to calculate the gauge pressure at the two depths.



(a) The distances are shown in Figure 12.31a.
p - p0 = ρ g h,
The upper face is 1.50 cm below the top of the oil, so
p -p0 = (790 kg/m^3)(9.80 m/s^2)(0.0150 m)
p -p0 =116 Pa

(b) The pressure at the interface is Pinterface = pa + ρ_{oil} g(0.100 m).
The lower face of the block is 1.50 cm below the interface, so the pressure there is P = $P_{interface}$ +ρ_{water} g(0.0150 m).
Combining these two equations gives
p -pa = ρ_{oil} g(0.100 m) + ρ_{water} g(0.0150 m)
p -pa = [(790kg/m)(0.100m)+(1000kg/m)(0.0150m)] (9.80 m/s^2)
p - pa = 921 Pa

Tugas

1. Three liquids that will not mix are poured into a cylindrical container. The volumes and densities of the liquids are 0.50 L, 2.6 g/cm3;0.25 L, 1.0 g/cm3; and 0.40 L, 0.80 g/cm3. What is the force on the bottom of the container due to these liquids? One liter = 1 L = 1000 cm3. (Ignore the contribution due to the atmosphere.)
2. A large aquarium of height 5.00 m is filled with fresh water to a depth of 2.00 m. One wall of the aquarium consists of thick plastic 8.00 m wide. By how much does the total force on that wall increase if the aquarium is next filled to a depth of 4.00 m?

Tugas

3. A piston of cross-sectional area a is used in a hydraulic press to exert a small force of magnitude *f* on the enclosed liquid. A connecting pipe leads to a larger piston of crosssectional area A (Fig. 1). (a) What force magnitude F will the larger piston sustain without moving? (b) If the piston diameters are 3.80 cm and 53.0 cm, what force magnitude on the small piston will balance a 20.0 kN force on the large piston?

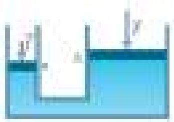


Fig. 1

Tugas

4. In Fig. 2, a cube of edge length L =0.600 m and mass 450 kg is suspended by a rope in an open tank of liquid of density 1030 kg/m^3. Find (a) the magnitude of the total downward force on the top of the cube from the liquid and the atmosphere, assuming atmospheric pressure is 1.00 atm, (b) the magnitude of the total upward force on the bottom of the cube, and (c) the tension in the rope. (d) Calculate the magnitude of the buoyant force on the cube using Archimedes' principle.What relation exists among all th

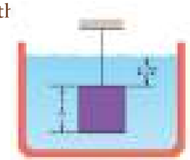


Fig. 2

Sifat Fluida Ideal

- Nonviskos
  - Tidak ada gesekan internal antar lapisan dalam fluida
- Incompressible
  - Kerapatannya konstan
- Steady
  - Kecepatan, kerapatan dan tekanan tidak berubah terhadap waktu
- Bergerak tanpa adanya turbulen
  - Tidak ada arus eddy yang muncul

25

Persamaan Kontinuitas

- $A_1v_1 = A_2v_2$
- Perkalian antara luas penampang pipa dengan laju fluida adalah konstan
  - Laju fluida tinggi ketika fluida di pipa yang luas penampangnya sempit dan laju ~~fluida~~ rendah ketika fluida di tempat yang luas penampangnya besar
- Av dinamakan *laju alir*

26

Example 14.8 Watering a Garden

[illegible]

$x_f = \ldots = 4.52$ m

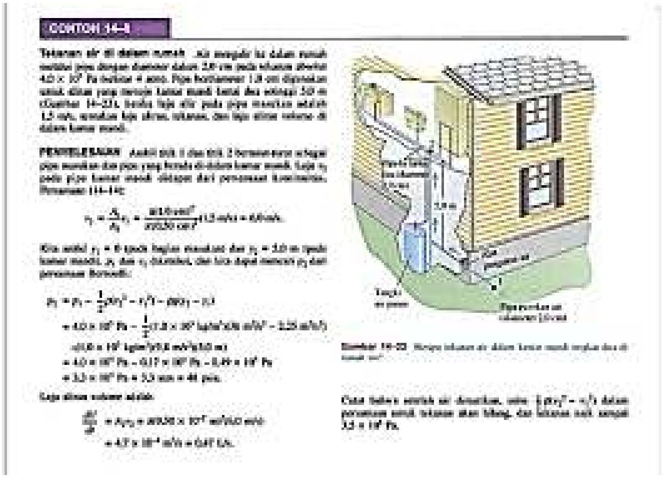
27

Persamaan Bernoulli

- Menghubungkan tekanan dengan laju fluida dan ketinggian
- Persamaan Bernoulli adalah konsekuensi dari kekekalan energi yang diaplikasikan pada fluida ideal
- Asumsinya fluid incompressible, nonviskos, dan mengalir tanpa turbulen
- Menyatakan bahwa jumlah tekanan, energi kinetik per satuan volume, dan energi potensial per satuan volume mempunyai nilai yang sama pada semua titik sepanjang streamline

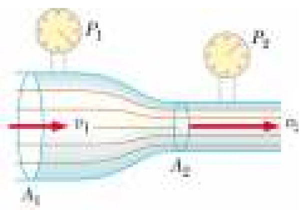
$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g y = \text{tetap}$$

28



Bagaimana mengukur laju aliran fluida: Venturi Meter

- Menunjukan aliran fluida yang melalui pipa horisontal
- Laju aliran fluida berubah jika diametrnya berubah
- Fluida yang bergerak cepat memiliki tekanan yang lebih kecil dari fluida yang bergerak lebih lambat



Gerak Fluida: Aliran Turbulen

- Aliran menjadi tak tentu
- Tidak mencapai sebuah nilai kecepatan tertentu
- Muncul keadaan yang menyebabkan perubahan kecepatan secara tiba-tiba
- Arus Eddy (arus pusar) merupakan sifat dari aliran turbulen

Aliran Fluida: Viskositas

- Viskositas adalah kadar gesekan internal dalam fluida
- Gesekan internal diasosiasikan dengan resistansi (hambatan) antara dua lapisan fluida yang bergerak relatif satu terhadap yang lain