

# Berpikir Analisis Melalui Fluida

Dr. Septi Budi Sartika, M.Pd.  
Ria Wulandari, M.Pd.

ISBN 978-623-6833-75-9 (PDF)



LMSIDA Press  
Universitas Muhammadiyah Sidoarjo  
Jl. Mojopahit 666 B Sidoarjo  
Sidoarjo, Jawa Timur



UMSIDA  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO

Dr. Septi Budi Sartika, M.Pd.  
Ria Wulandari, M.Pd.

# Berpikir Analisis Melalui Fluida



**BUKU AJAR  
BERPIKIR ANALISIS MELALUI FLUIDA**

Oleh  
**Dr. Septi Budi Sartika, M.Pd.  
Ria Wulandari, M.Pd.**



**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
2020**

**BUKU AJAR**  
**BERPIKIR ANALISIS MELALUI FLUIDA**

**Penulis:**

Dr. Septi Budi Sartika, M.Pd.  
Ria Wulandari, M.Pd.

**ISBN :**

978-623-6833-75-9

**Editor:**

Noly Shofiyah, M.Pd., M.Sc.

**Design Sampul dan Tata Letak:**

Mochammad Nashrullah, S.Pd.  
Amy Yoga Prajati, S.Kom.

**Penerbit:**

UMSIDA Press

Anggota IKAPI No. 218/Anggota Luar Biasa/JTI/2019

Anggota APPTI No. 002 018 1 09 2017

**Redaksi**

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo  
Jl. Mojopahit No 666B  
Sidoarjo, Jawa Timur

Cetakan Pertama, September 2020

©Hak Cipta dilindungi undang undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dengan sengaja, tanpa ijin  
tertulis dari penerbit.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, atas rahmat dan karunia-Nya Buku Ajar Berpikir Analisis melalui Fluida dapat diselesaikan dengan baik dan tanpa halangan yang berarti. Shalawat dan salam selalu kami sampaikan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW.

Tim penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dr. Akhtim Wahyuni, M.Ag., Dekan Fakultas Psikologi dan Ilmu Pendidikan yang memberikan arahan dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan buku ajar ini.
2. Noly Shofiyah, M.Pd., M.Sc., Kaprodi Pendidikan IPA yang telah memberikan dukungan untuk menyusun buku ajar ini.
3. Rekan-rekan dosen pengampu Mata Kuliah Fluida di prodi Pendidikan IPA yang telah berbagi pengalaman dalam mengampu mata kuliah tersebut.

Saran dan kritik sangat penulis harapkan untuk mewujudkan buku ajar Berpikir Analisis melalui Fluida yang lebih baik dan tentunya sesuai dengan amanat peraturan yang berlaku. Terimakasih.

**Tim Penulis**

## DAFTAR ISI

### HALAMAN SAMPUL

### KATA PENGANTAR

### DAFTAR ISI

#### BAB I FLUIDA STATIS

A. Bentuk Fluida Statis .....	2
B. Massa Jenis .....	4
C. Tekanan Hidrostatik .....	6
D. Tekanan Atmosfer dan Tekanan .....	10
E. Hukum Pascal .....	12
F. Hukum Archimedes .....	14
G. Tegangan Permukaan .....	21
H. Kapilaritas .....	23
I. Aplikasi Fluida Statis .....	24

#### BAB II FLUIDA DINAMIS

A. Debit .....	28
B. Persamaan Kontinuitas .....	30
C. Prinsip Bernoulli .....	32
D. Theorema Toricelli .....	34
E. Aplikasi Prinsip Bernoulli .....	36

#### BAB III FLUIDA DALAM SISTEM PEREDARAN DARAH PADA MANUSIA

A. Golongan Darah dan Kelainannya .....	43
B. Golongan Darah .....	50
C. Transfusi Darah .....	54
D. Fluida dalam Sistem Peredaran Darah .....	56

#### BAB IV FLUIDA DALAM SISTEM PERNAPASAN DAN SISTEM PENCERNAAN PADA MANUSIA

A. Mekanisme Sistem Pernapasan pada Manusia .....	61
---	----

B. Gangguan Sistem Pernapasan .....	62
C. Mekanisme Sistem Pencernaan pada Manusia .....	64
D. Gangguan Sistem Pencernaan .....	65
E. Aplikasi Fluida dalam Sistem Pernapasan dan Sistem Pencernaan pada Manusia .....	66

## **BAB V FLUIDA DALAM BIDANG KEDOKTERAN DAN FARMASI**

A. Injeksi .....	73
B. Obat .....	77
C. Transfusi Darah .....	80
D. Anestesi .....	82
E. Infus .....	83

## **BAB VI FLUIDA DALAM BIDANG LINGKUNGAN**

A. Air Terjun .....	88
B. Sumber Mata Air .....	89
C. Semburan Lumpur .....	90

## **BAB VII FLUIDA DALAM BIDANG KELAUTAN**

A. Kapal Laut .....	93
B. Kapal Selam .....	97
C. Jembatan Ponton .....	99
D. Galangan Kapal .....	100

## **DAFTAR PUSTAKA BIODATA PENULIS**

**BATANG TUBUH DAN  
SUB-CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH**

<b>BAB</b>	<b>Sub-Capaian Pembelajaran Mata Kuliah</b>
BAB I FLUIDA STATIS	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mahasiswa mampu memahami konsep massa jenis zat, tekanan, Hukum Archimedes, dan Hukum Pascal.</li> <li>2. Mahasiswa mampu menemukan konsep fluida statis melalui percobaan.</li> </ol>
BAB II FLUIDA DINAMIS	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mahasiswa mampu memahami konsep debit, tegangan permukaan, viskositas zat, persamaan Bernoulli, dan persamaan kontinuitas.</li> <li>2. Mahasiswa mampu menemukan konsep fluida dinamis melalui percobaan.</li> </ol>
BAB III FLUIDA DALAM SISTEM PEREDARAN DARAH	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mahasiswa mampu mengidentifikasi sel darah, golongan darah, kelainan darah, dan transfusi darah.</li> <li>2. Mahasiswa mampu mengaplikasikan konsep fluida dalam sistem peredaran darah.</li> </ol>
BAB IV FLUIDA DALAM SISTEM PERNAPASAN DAN PENCERNAAN	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mahasiswa mampu mengidentifikasi mekanisme pernapasan dan pencernaan, serta penyakit akibat pernafasan dan pencernaan.</li> <li>2. Mahasiswa mampu mengaplikasikan konsep fluida dalam sistem pernapasan dan pencernaan.</li> </ol>
BAB V FLUIDA DALAM BIDANG KEDOKTERAN DAN FARMASI	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mahasiswa mampu membandingkan injeksi dan obat.</li> <li>2. Mahasiswa mampu mengaplikasikan konsep fluida dalam kedokteran dan farmasi.</li> </ol>
BAB VI FLUIDA DALAM BIDANG LINGKUNGAN	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mahasiswa mampu membandingkan air terjun, sumber mata air, dan semburan lumpur.</li> <li>2. Mahasiswa mampu mengaplikasikan konsep fluida dalam lingkungan.</li> </ol>

BAB VII FLUIDA DALAM BIDANG KELAUTAN	<ol style="list-style-type: none"><li data-bbox="355 196 1034 264">1. Mahasiswa dapat memahami Hukum Fisika tentang fluida dalam bidang kelautan.</li><li data-bbox="355 268 1034 328">2. Mahasiswa mampu mengaplikasikan fluida dalam bidang kelautan.</li></ol>
---	---



## BAB I FLUIDA STATIS

### Sub-Capaian Pembelajaran Mata Kuliah:

1. Mahasiswa mampu memahami konsep massa jenis zat, tekanan, Hukum Archimedes, dan Hukum Pascal.
2. Mahasiswa mampu menemukan konsep fluida statis melalui percobaan.

### Analisis Fenomena:



Menerbangkan balon udara saat Lebaran merupakan tradisi yang dilakukan di beberapa kota di Indonesia. Biasanya, balon udara yang diterbangkan dalam ukuran yang besar dan dalam jumlah yang banyak. Balon udara yang terbang secara bebas dapat memberikan dampak yang buruk terutama bagi pesawat udara. Beberapa bahaya yang dapat terjadi antara lain tersangkut di ekor, sayap, dan *flight control* sehingga pesawat susah dikendalikan, masuk ke dalam mesin pesawat, informasi ketinggian dan kecepatan tidak akurat, menutupi

bagian depan pesawat sehingga pilot sulit mendapatkan visual dan guidance. Berdasarkan fenomena tersebut, buatlah suatu balon udara yang aman diterbangkan dan dapat membawa beban. Susunlah ke dalam rumusan masalah.

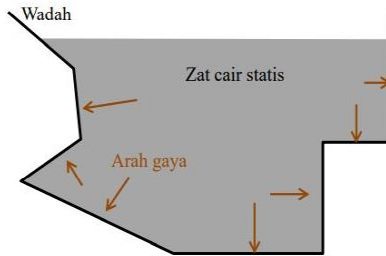
### **Analisis Informasi:**

Keadaan materi atau wujud benda dibagi menjadi tiga, yaitu padat, cair, dan gas. Benda padat memiliki bentuk dan volume tetap, bahkan apabila dikenai suatu gaya yang besar, bentuk dan volumenya tidak akan mudah berubah. Benda cair memiliki bentuk yang mudah berubah dengan mengambil bentuk wadahnya dan volume yang tetap. Benda gas tidak memiliki bentuk dan volume yang tetap, akan tetapi mengembang untuk mengisi wadahnya. Persamaan benda cair dan gas adalah memiliki bentuk yang mudah berubah sehingga keduanya memiliki kemampuan untuk mengalir. Dengan karakteristik tersebut, benda cair dan gas disebut sebagai fluida. Fluida dibagi menjadi dua, yaitu fluida statis dan fluida dinamis. Pada bab ini, akan membahas tentang fluida statis atau fluida tak bergerak.

## **A Bentuk Permukaan Fluida Statis**

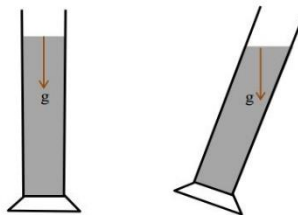


Pada suatu wadah yang berisi fluida statis, fluida akan melakukan gaya dorong pada permukaan wadah atau benda. Arah gaya dorong fluida selalu tegak lurus dengan bidang sentuh permukaan benda (Gambar 1.1).



**Gambar 1.1** Arah gaya dorong fluida terhadap permukaan benda/wadah  
 Sumber: Abdullah, 2016

Setelah mengetahui arah gaya dorong fluida statis, pertanyaan berikutnya adalah bagaimana bentuk permukaan fluida statis? Bentuk permukaan fluida statis selalu tegak lurus terhadap gaya gravitasi bumi. Permukaan fluida statis selalu berbentuk bidang horizontal karena gaya gravitasi bumi di suatu tempat arahnya ke bawah (Gambar 1.2). Permukaan fluida statis tidak dapat menahan gaya yang arahnya sejajar permukaan. Arah gaya yang sejajar permukaan fluida akan mengakibatkan fluida mengalir. Hal ini tidak sesuai dengan konsep fluida statis. Agar tidak terjadi aliran, maka permukaan fluida statis harus tegak lurus dengan gaya gravitasi bumi. Apabila awalnya permukaan fluida tidak tegak lurus gaya gravitasi bumi maka fluida akan mengalir sampai permukaannya tegak lurus terhadap gaya gravitasi bumi.



**Gambar 1.2** Permukaan fluida statis berbentuk bidang horizontal  
 Sumber: Abdullah, 2016

## B Massa Jenis

Salah satu besaran fisis yang digunakan dalam fluida adalah massa jenis. Massa jenis merupakan karakteristik dari setiap zat. Benda yang terbuat dari zat tertentu akan memiliki massa jenis yang sama walaupun ukuran dan massanya berbeda. Massa jenis didefinisikan massa per satuan volume.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad 1.1$$

dengan:  $\rho$  (rho) adalah massa jenis ( $\text{kg}/\text{m}^3$ );  $m$  adalah massa (kg); dan  $V$  adalah volume ( $\text{m}^3$ ).

Melalui konsep massa jenis, massa suatu benda dapat dicari menggunakan  $m = \rho V$  dan berat benda dapat dicari menggunakan  $w = mg = \rho Vg$ . Satuan massa jenis dalam SI adalah  $\text{kg}/\text{m}^3$  sedangkan dalam CGS adalah  $\text{g}/\text{cm}^3$ . Massa jenis dari beberapa benda disajikan pada Tabel 1.1.

**Tabel 1.1** Massa Jenis Beberapa Benda

Benda	Massa jenis ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
<b><i>Padat</i></b>	
Aluminium	$2,70 \times 10^3$
Besi	$7,8 \times 10^3$
Tembaga	$8,9 \times 10^3$
Emas	$19,3 \times 10^3$
Granit	$2,7 \times 10^3$
Kayu	$0,3 - 0,9 \times 10^3$
<b><i>Cair</i></b>	
Air	$1,00 \times 10^3$
Darah (plasma)	$1,03 \times 10^3$
Darah	$1,05 \times 10^3$
Air laut	$1,025 \times 10^3$
Merkuri	$13,6 \times 10^3$

Alkohol	$0,79 \times 10^3$
Gasolin	$0,68 \times 10^3$
<b>Gas</b>	
Udara	1,29
Helium	0,179
Karbondioksida	1,98
Air (uap air, 100°C)	0,598

### Massa Jenis Campuran

Apabila beberapa fluida dengan massa jenis yang berbeda dicampur, maka massa jenis campuran fluida tersebut adalah rata-rata massa jenis fluida yang dicampur tersebut. Apabila N fluida dicampur, maka massa jenis rata-rata campuran akan bergantung pada volume total hasil pencampuran. Apabila tidak terjadi perubahan volume setelah pencampuran, massa jenis rata-rata dapat dicari melalui persamaan 1.2.

$$\bar{\rho} = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n}{V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n}$$

$$\bar{\rho} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2 + \rho_3 V_3 + \dots + \rho_n V_n}{V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n} \quad 1.2$$

dengan:  $\bar{\rho}$  = massa jenis rata-rata campuran

$\rho_1 V_1$  = massa jenis dan volume zat cair pertama

$\rho_2 V_2$  = massa jenis dan volume zat cair kedua

$\rho_n V_n$  = massa jenis dan volume zat cair ke n

### Contoh 1.1

Air dan alkohol memiliki volume masing-masing 100 ml dan 300 ml kemudian dicampur. Apabila dianggap tidak ada perubahan volume setelah pencampuran, tentukanlah massa jenis rata-rata campuran tersebut!

$$\text{Diketahui: } V_{\text{air}} = 100 \text{ ml} \quad \rho_{\text{air}} = 1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ g/ml}$$

$$V_{\text{alkohol}} = 300 \text{ ml} \quad \rho_{\text{alkohol}} = 790 \text{ kg/m}^3 = 0,79 \text{ g/ml}$$

Ditanya :  $\bar{\rho}$  ?

$$\begin{aligned} \text{Jawab : } \bar{\rho} &= \frac{\rho_{\text{air}} V_{\text{air}} + \rho_{\text{alkohol}} V_{\text{alkohol}}}{V_{\text{air}} + V_{\text{alkohol}}} = \frac{(1 \times 100) + (0,79 \times 300)}{100 + 300} \\ &= 0,843 \text{ g/ml} = 843 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

## C

### Tekanan Hidrostatik

Tekanan dapat dialami pada benda padat, cair, dan gas. Tekanan didefinisikan sebagai besarnya gaya tiap satuan luas. Apabila gaya sebesar  $F$  bekerja secara tegak lurus pada permukaan bidang seluas  $S$ , maka besarnya tekanan dapat dihitung menggunakan persamaan 1.3.

$$P = \frac{F}{A} \quad 1.3$$

dengan:  $P$  = tekanan (Pa atau  $\text{N/m}^2$ )

$F$  = gaya (N)

$A$  = luas permukaan ( $\text{m}^2$ )

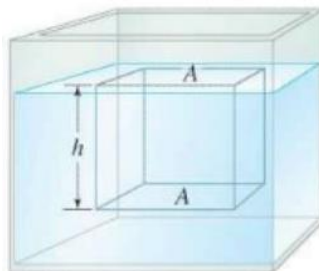
Konsep tekanan diperlukan untuk mempelajari fluida. Berdasarkan pengamatan eksperimental, fluida memberikan tekanan ke segala arah. Sebagai contoh, ketika penyelam berada di suatu kedalaman air, semua bagian tubuh mereka akan merasakan tekanan yang diberikan air. Anggap terdapat

sebuah kubus yang sangat kecil (gaya gravitasi diabaikan) pada kedalaman tertentu, apabila fluida dalam keadaan tidak bergerak maka tekanan yang diterima kubus antara satu sisi dengan sisi yang berlawanan adalah sama (Gambar 1.3). Tetapi, apabila besarnya tekanan yang diterima setiap sisi tidak sama, maka terdapat gaya total yang bekerja pada kubus dan fluida dalam keadaan mengalir.



**Gambar 1.3** Fluida memberikan tekanan ke segala arah  
Sumber: Giancoli, 2014

Untuk menghitung tekanan yang dialami benda pada kedalaman tertentu dari permukaan zat cair, perhatikan Gambar 1.4 berikut ini.



**Gambar 1.4** Tekanan yang dialami benda pada kedalaman  $h$   
Sumber: Giancoli, 2014

Perhatikan titik pada kedalaman  $h$  dari permukaan zat cair. Tekanan pada kedalaman  $h$ , disebabkan oleh berat zat cair yang berada di atasnya. Besarnya gaya pada permukaan  $A$  adalah:

$$F = mg = (\rho V)g = \rho A h g \quad (\text{Ah adalah volume zat cair})$$

Besarnya tekanan dapat dihitung menggunakan persamaan 1.4.

$$P = \frac{F}{A} = \frac{\rho A h g}{A} = \rho g h \quad 1.4$$

***Persamaan 1.4 disebut tekanan hidrostatik***

dengan:  $P$  = tekanan zat cair (Pa atau  $\text{N/m}^2$ )

$\rho$  = massa jenis zat cair ( $\text{kg/m}^3$ )

$g$  = gaya gravitasi bumi ( $9,8 \text{ m/s}^2$ )

$h$  = kedalaman benda dari permukaan zat cair (m)

Luas permukaan  $A$  tidak mempengaruhi besarnya tekanan. Tekanan berbanding lurus dengan massa jenis zat cair, gaya gravitasi, dan kedalaman. Secara umum, tekanan yang dialami suatu benda pada kedalaman yang sama dan zat cair yang homogen adalah sama.

Pada jenis zat cair, tekanan hidrostatik suatu titik dalam zat cair bergantung pada kedalaman titik tersebut. Semua titik pada kedalaman yang sama akan mengalami tekanan hidrostatik yang sama pula. Titik-titik pada kedalaman yang sama dapat dikatakan berada dalam suatu bidang datar sehingga,

*Tekanan hidrostatik pada sembarang titik yang terletak pada satu bidang datar didalam satu jenis zat cair*



*besarnya adalah sama. Pernyataan ini disebut dengan Hukum Utama Hidrostatika*

Persamaan Hukum Utama Hidrostatika:

$$P_A = P_B = P_C \quad 1.5$$

Hukum Utama Hidrostatika dapat digunakan untuk mencari massa jenis zat cair melalui pipa U.

### **Contoh 1.2**

Seorang penyelam memeriksa kerangka kapal laut pada kedalaman 15 m dibawah permukaan air. Bila  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$  dan massa jenis air laut  $1100 \text{ kg/m}^3$ . Tentukan tekanan hidrostatik yang dialami penyelam!

Diketahui :  $h = 15 \text{ m}$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\rho_{\text{air laut}} = 1100 \text{ kg/m}^3$$

Ditanya :  $P?$

$$\begin{aligned} \text{Jawab : } P &= \rho_{\text{air laut}} \times g \times h \\ &= 1100 \times 9,8 \times 15 \\ &= 161.700 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

### **Contoh 1.3**

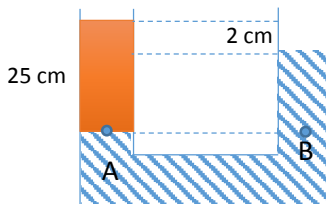
Raksa pada bejana berhubungan mempunyai selisih 2 cm (massa jenis =  $13,6 \text{ g/cm}^3$ ). Kaki sebelah kiri berisi zat cair yang tingginya 25 cm. Tentukan massa jenis zat cair tersebut!

Diketahui :  $\Delta h = 2 \text{ cm}$

$$h_A = 25 \text{ cm}$$

$$\rho_B = 13,6 \text{ g/cm}^3$$

Ditanya :  $\rho_A ?$



Jawab :  $P_A = P_B$

$$\rho_A h_A = \rho_B h_B$$

$$\rho_A = \frac{\rho_B h_B}{h_A} = \frac{13,6 \times 23}{25} = 12,512 \text{ g/cm}^3$$

## D Tekanan Atmosfer dan Tekanan

### 1. Tekanan Atmosfer

Tekanan atmosfer berkaitan dengan dengan temperatur udara dan massa jenis udara. Tekanan atmosfer disebut juga dengan tekanan udara. Tekanan udara adalah berat udara pada satuan luas tertentu pada suatu permukaan bumi. Di dekat permukaan bumi, udara menimbulkan tekanan sebesar  $1,01 \times 10^5$  Pa atau  $\text{N/m}^2$  atau 1 bar. Tekanan udara akan berkurang terhadap ketinggian. Semakin bertambah ketinggian, maka tekanan udara akan semakin rendah. Setiap ketinggian naik 10 m, maka tekanan udara akan turun sebesar 1 mb. Untuk mendapatkan nilai tekanan udara pada suatu tempat, dapat dihitung menggunakan persamaan 1.6.

Asumsikan bahwa rata-rata tekanan udara pada 0 mdpal adalah 1010 mb, maka:

$$\text{Tekanan udara suatu tempat} = 1010 \text{ mb} - \left( \frac{\text{ketinggian tempat}}{10} \times 1 \text{mb} \right) 1.6$$

### 2. Tekanan Gauge

Tekanan gauge adalah selisih antara tekanan yang tidak diketahui dengan tekanan atmosfer. Nilai tekanan yang diukur dengan alat ukur tekanan adalah tekanan gauge. Adapun tekanan sebenarnya adalah tekanan absolut atau

tekanan mutlak yang dapat dihitung menggunakan persamaan 1.7.

$$P = P_A + P_G \quad 1.7$$

dengan:  $P_A$  = tekanan atmosfer (Pa atau atm)

$P_G$  = tekanan gauge (Pa atau atm)

Pada permukaan zat cair bekerja tekanan atmosfer sebesar  $P_A$  maka tekanan mutlak yang dialami benda atau titik pada kedalaman tertentu dapat dihitung menggunakan persamaan 1.8.

$$P = P_A + \rho g h \quad 1.8$$

dengan:  $P_A$  = tekanan atmosfer (atm atau Pa)

$$1 \text{ atm} = 76 \text{ cmHg} = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$$

#### **Contoh 1.4**

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 adalah  $10^5 \text{ Pa}$ . Berapa tekanan hidrostatis yang dialami benda (kapal selam)?

Diketahui :  $h = 50 \text{ m}$

$$\rho_{\text{air laut}} = 1,03 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$P_A = 10^5 \text{ Pa}$$

Ditanya :  $P$  ?

$$\text{Jawab : } P = P_A + \rho_{\text{air laut}} \times g \times h$$

$$= 10^5 + (1,03 \times 10^3 \times 10 \times 50)$$

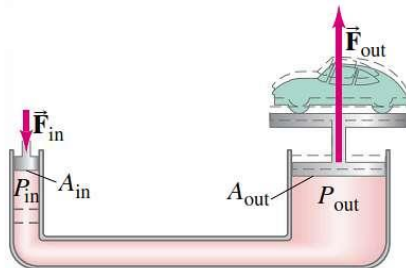
$$= 6,15 \times 10^5 \text{ Pa}$$

## E Hukum Pascal

Prinsip Pascal dikemukakan oleh ilmuwan Perancis bernama Blaise Pascal (1623 – 1662). Hukum Pascal menyatakan bahwa:

*Ketika tekanan eksternal diberikan pada fluida yang terletak di ruang tertutup, maka tekanan pada setiap titik dalam fluida tersebut akan meningkat sebesar tekanan eksternal yang diberikan. Atau dengan kata lain, tekanan yang diberikan pada fluida dalam ruang tertutup akan diteruskan ke segala arah dan sama besar*

Salah satu penerapan Prinsip Pascal adalah hidrolik (Gambar 1.5). Pada hidrolik, gaya yang diberikan ( $F_{in}$ ) digunakan untuk mengangkat benda besar ( $F_{out}$ ) dengan membuat luas permukaan piston output lebih besar dibandingkan luas permukaan piston input.



**Gambar 1.5** Penerapan Prinsip Pascal pada hidrolik  
Sumber: Giancoli, 2014

Dengan asumsi tinggi piston input dan output adalah sama:

$$P_{out} = P_{in}$$

$$\frac{F_{out}}{A_{out}} = \frac{F_{in}}{A_{in}} \quad 1.9$$

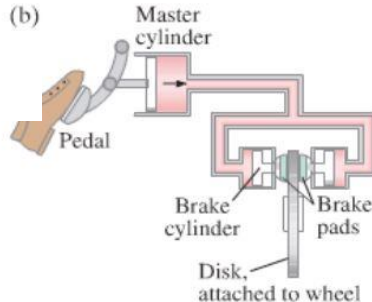
dengan:  $F_{out}$  = gaya pada piston output (N)

$F_{in}$  = gaya pada piston input (N)

$A_{out}$  = luas penampang piston output ( $m^2$ )

$A_{in}$  = luas penampang piston input ( $m^2$ )

Contoh lain adalah rem hidrolik pada mobil (Gambar 1.6). Ketika pengemudi menekan pedal rem, tekanan pada silinder utama akan meningkat. Peningkatan tekanan terjadi pada seluruh fluida di sistem hidrolik sehingga silinder rem mendorong bantalan rem terhadap cakram yang terpasang pada roda mobil. Gesekan antara bantalan rem dan cakram akan mengakibatkan kecepatan mobil berkurang.



**Gambar 1.6** Penerapan Prinsip Pascal pada rem hidrolik  
Sumber: Giancoli, 2014

### **Contoh 1.5**

Pengisap P mempunyai luas penampang  $0,75 \text{ cm}^2$  yang bergerak bebas tanpa gesekan sehingga dapat menekan

pegas sejauh  $x$ . Jika konstanta pegas 75 N/m dan massa jenis zat cair adalah  $500 \text{ kg/m}^3$ . Tentukan nilai  $x$ !

Diketahui :  $A = 75 \times 10^{-2} \text{ cm}^2 = 75 \times 10^{-6} \text{ m}^2$

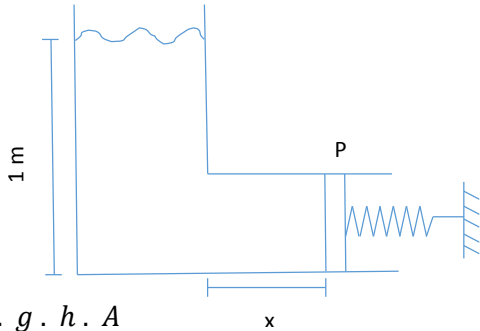
$k = 75 \text{ N/m}$

$\rho_{zc} = 500 \text{ kg/m}^3$

$h = 1 \text{ m}$

Ditanya :  $x$ ?

Jawab :



$$F_h = F_{pegas}$$

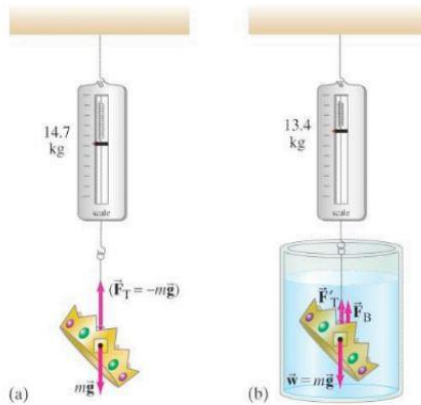
$$P \cdot A = k x$$

$$x = \frac{P \cdot A}{k} = \frac{\rho_{air} \cdot g \cdot h \cdot A}{k}$$

$$= \frac{500 \cdot 10 \cdot 1 \cdot 75 \times 10^{-6}}{75} = 5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

## F Hukum Archimedes

Apabila suatu benda diletakkan di dalam zat cair, berat benda tersebut lebih ringan dibandingkan ketika berada di luar zat cair. Hal ini disebabkan oleh adanya gaya apung (Gambar 1.7).



**Gambar 1.7** (a) Berat benda diukur di udara  
 (b) Berat benda diukur di zat cair  
 Sumber: Giancoli, 2014

Pada gambar (a), berat benda diukur di udara dan menghasilkan  $w = mg$ . Saat benda dalam keadaan diam,  $F_T$  memiliki nilai yang sama dengan  $w$  tetapi berlawanan arah (Hukum III Newton). Pada gambar (b) terdapat gaya lain yang ikut berpengaruh ketika benda diukur di zat cair, yaitu gaya apung. Ketika benda dalam keadaan diam, gaya total yang bekerja adalah  $F_T' + F_B = w$ . Nilai  $F_T'$  dipengaruhi oleh  $m'$  (massa benda ketika berada di dalam zat cair) sehingga  $F_T' = m'g = w'$ . Berdasarkan hal tersebut, maka:

$$\begin{aligned}
 F_T' + F_B &= w \\
 w' + F_B &= w \\
 w' &= w - F_B
 \end{aligned}
 \tag{1.10}$$

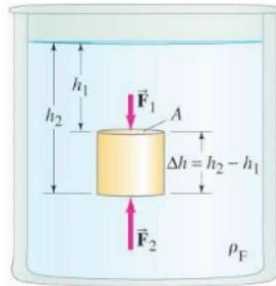
dengan:  $w'$  = berat semu (di dalam zat cair) (N)

$w$  = berat sesungguhnya (N)

$F_B$  = *buoyant force* (gaya apung) (N)

*Catatan: untuk selanjutnya pada buku ini, gaya apung disimbolkan dengan  $F_a$ .*

Gaya apung terjadi karena tekanan di dalam fluida sebanding dengan kedalaman. Artinya, tekanan keatas pada permukaan bawah benda yang terendam lebih besar daripada tekanan kebawah pada permukaan atas benda. Untuk lebih memahaminya, dapat melihat Gambar 1.8.



**Gambar 1.8** Konsep gaya apung  
Sumber: Giancoli, 2014

Pada gambar 1.8, terdapat sebuah silinder dengan luas permukaan  $A$  melayang di zat cair dengan massa jenis  $\rho_F$ . Tekanan hidrostatis pada permukaan atas adalah  $P_1 = \rho_F g h_1$  dengan gaya sebesar  $F_1 = P_1 A = \rho_F g h_1 A$  dan berarah ke bawah. Tekanan hidrostatis pada permukaan bawah adalah  $P_2 = \rho_F g h_2$  dengan gaya sebesar  $F_2 = P_2 A = \rho_F g h_2 A$  dan berarah ke atas. Gaya total yang diberikan pada silinder disebut gaya apung ( $F_a$ ) dan dapat dihitung menggunakan persamaan 1.11.

$$\begin{aligned}
 F_a &= F_2 - F_1 = \rho_F g A (h_2 - h_1) \\
 &= \rho_F g A \Delta h \\
 &= \rho_F V g \\
 &= m_F g
 \end{aligned}
 \tag{1.11}$$

dengan:  $F_a$  = gaya apung (N)

$\rho_F$  = massa jenis fluida ( $\text{kg/m}^3$ )



$V$  = volume benda yang tercelup dalam zat cair ( $m^3$ )  
 $m_f$  = massa zat cair (kg)  
 $g$  = gaya gravitasi ( $m/s^2$ )

Gaya apung ditemukan oleh Archimedes dan terkenal dengan Hukum Archimedes:

*Setiap benda yang terendam seluruhnya atau sebagian di dalam fluida akan mendapat gaya apung berarah ke atas, yang besarnya adalah sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda tersebut*

### **Contoh 1.6**

Logam C merupakan campuran dari logam A dan logam B, memiliki massa 200 g jika ditimbang di udara. Sedangkan jika ditimbang di dalam air massa yang tampak adalah 185 g. Tentukan massa logam A bila massa jenis logam A,  $20 \text{ g/cm}^3$  dan massa jenis logam B,  $10 \text{ g/cm}^3$ !

Diketahui :  $g = 10 \text{ m/s}^2 = 1000 \text{ cm/s}^2$

$$w = m_c g = 200 \cdot 1000 = 200.000 \text{ dyne}$$

$$w' = m_c g = 185 \cdot 1000 = 185.000 \text{ dyne}$$

$$\rho_A = 20 \text{ g/cm}^3 \text{ dan } \rho_B = 10 \text{ g/cm}^3$$

Ditanya :  $m_A$ ?

Jawab:

Gunakan persamaan 1.10

$$F_a = w - w'$$

$$\rho_{\text{air}} g V = 200.000 - 185.000$$

$$1 \cdot 1000 \cdot V = 15.000$$

$$V = 15 \text{ cm}^3 \text{ (merupakan volume logam C dan tercelup seluruhnya ke dalam air)}$$

$$V_C = V_A + V_B$$

$$15 = \frac{m_A}{\rho_A} + \frac{m_B}{\rho_B} = \frac{m_A}{20} + \frac{m_B}{10}$$

$$15 = \frac{m_A + 2m_B}{20}$$

$$300 = m_A + 2 m_B \quad (m_A = m_C - m_B)$$

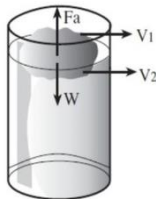
$$300 = 200 - m_B + 2 m_B$$

$$100 = m_B$$

Jadi,  $m_A = 200 - 100 = 100 \text{ g}$

Pada benda yang tercelup ke zat cair, bekerja gaya apung ( $F_a$ ) yang arahnya ke atas dan gaya berat ( $w$ ) yang arahnya ke bawah. Berdasarkan besar kedua gaya tersebut, posisi benda di dalam zat cair dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu mengapung, melayang, dan tenggelam.

### 1. Mengapung



**Gambar 1.9** Mengapung  
Sumber: theinsidemag.com

Saat benda mengapung, hanya sebagian benda yang tercelup ke zat cair sehingga volume zat cair yang dipindahkan sama dengan volume benda yang tercelup di dalam zat cair dan memiliki volume lebih kecil dibandingkan volume benda

Syarat benda mengapung:

$$w = F_a$$

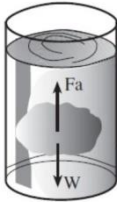
$$m g = m_F g$$

$$V_B \rho_B g = V_F \rho_F g$$

$$V_B \rho_B = V_F \rho_F$$

massa jenis benda lebih kecil daripada massa jenis zat cair ( $\rho_B < \rho_F$ )

## 2. Melayang



**Gambar 1.10** Melayang

Sumber: theinsidemag.com

Saat benda melayang, seluruh benda tercelup di dalam zat cair sehingga volume zat cair yang dipindahkan sama dengan volume benda seluruhnya.

Syarat benda melayang:

$$w = F_a$$

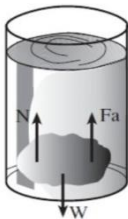
$$m g = m_F g$$

$$V_B \rho_B g = V_F \rho_F g$$

$$V_B \rho_B = V_F \rho_F$$

massa jenis benda sama dengan massa jenis zat cair ( $\rho_B = \rho_F$ )

## 3. Tenggelam



**Gambar 1.11** Tenggelam

Sumber: theinsidemag.com

Saat benda tenggelam, seluruh benda tercelup di dalam zat cair sehingga volume zat cair yang dipindahkan sama dengan volume benda. Syarat benda tenggelam:

$$w > F_a$$

$$m g > m_F g$$

$$V_B \rho_B g > V_F \rho_F g$$

$$V_B \rho_B > V_F \rho_F$$

massa jenis benda lebih besar daripada massa jenis zat cair ( $\rho_B > \rho_F$ ).

**Contoh 1.7**

Sepotong kayu terapung dalam minyak ( $\rho_{\text{minyak}} = 800 \text{ kg/m}^3$ ) hingga  $\frac{1}{4}$  bagian volumenya berada di atas permukaan minyak. Tentukan massa jenis kayu tersebut!

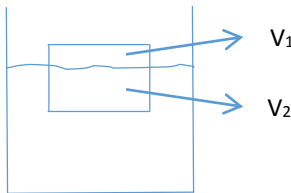
Diketahui :  $\rho_{\text{minyak}} = 800 \text{ kg/m}^3$

$V_1 = \frac{1}{4}$  (di permukaan)

$V_2 = \frac{3}{4}$  (tercelup)

Ditanya :  $\rho_{\text{kayu}}$ ?

Jawab:



$$F_a = w$$

$$\rho_{\text{minyak}} g V_2 = \rho_{\text{kayu}} g V_{\text{kayu}}$$

$$800 \cdot \frac{3}{4} = \rho_{\text{kayu}} \cdot 1$$

$$\rho_{\text{kayu}} = 600 \text{ kg/m}^3$$

**Contoh 1.8**

Sepotong gabus ( $\rho_{\text{gabus}} = 0,24 \text{ g/cm}^3$ ) dilekatkan pada kaca yang memiliki volume  $4 \text{ cm}^3$  ( $\rho_{\text{kaca}} = 2,5 \text{ g/cm}^3$ ). Bila seluruhnya melayang di air, tentukan volume gabus tersebut!

Diketahui :  $\rho_{\text{gabus}} = 0,24 \text{ g/cm}^3$      $\rho_{\text{air}} = 1000 \text{ g/cm}^3$

$\rho_{\text{kaca}} = 2,5 \text{ g/cm}^3$      $V_{\text{kaca}} = 4 \text{ cm}^3$

Ditanya :  $V_{\text{gabus}}$

Jawab :

$$\rho_{benda} = \frac{m_{gabus} + m_{kaca}}{V_{gabus} + V_{kaca}} = \frac{(\rho_{gabus} \cdot V_{gabus}) + (\rho_{kaca} \cdot V_{kaca})}{V_{gabus} + V_{kaca}}$$

$$\rho_{benda} = \frac{(0,24 \cdot V_{gabus}) + (2,5 \cdot 4)}{V_{gabus} + 4}$$

Syarat benda melayang:

$$\rho_{benda} = \rho_{air}$$

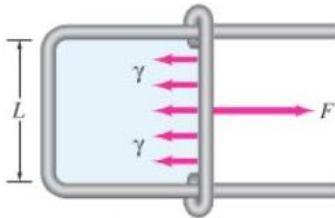
$$\frac{(0,24 \cdot V_{gabus}) + (2,5 \cdot 4)}{V_{gabus} + 4} = 1000$$

$$V_{gabus} = 7,89 \text{ cm}^3$$

**G**

## Tegangan Permukaan

Tegangan permukaan zat cair adalah kecenderungan permukaan zat cair untuk meregang sehingga permukaannya seperti ditutupi oleh suatu lapisan elastis. Untuk lebih memahami tentang tegangan permukaan, perhatikan Gambar 1.12.



**Gambar 1.12** Kawat berbentuk U

Sumber: Giancoli, 2014

Sebuah kawat dibengkokkan hingga berbentuk U dan kawat kedua diletakkan pada kaki-kaki kawat U sehingga dapat bergerak. Pada saat kedua kawat dicelup ke dalam larutan sabun dan dikeluarkan. Kawat kedua akan tertarik ke kiri.

Untuk menahan agar tidak bergerak ke kiri, diperlukan gaya  $F$  yang arahnya ke kanan. Misalkan panjang kawat kedua adalah  $L$ . Gaya tegangan permukaan yang bekerja adalah sepanjang  $2L$  (larutan sabun memiliki dua permukaan), sehingga tegangan permukaan dirumuskan:

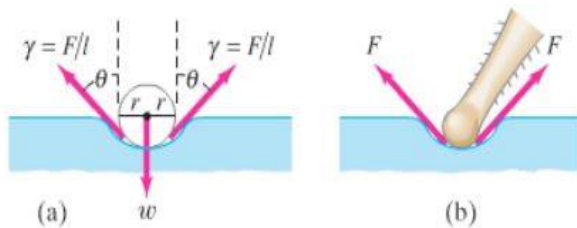
$$\gamma = \frac{F}{2L} \quad 1.12$$

dengan:  $\gamma$  = tegangan permukaan (N/m)

$F$  = gaya tegangan permukaan (N)

$L$  = panjang permukaan (m)

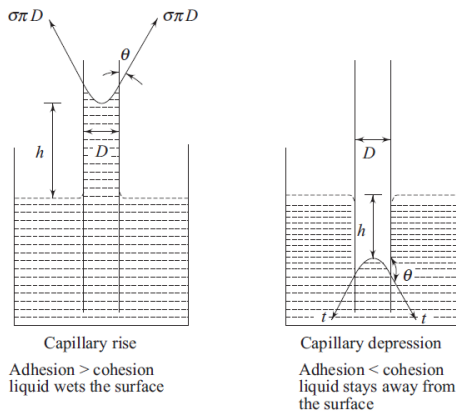
Contoh penerapan tegangan permukaan adalah serangga dapat berjalan di atas permukaan air dan benda-benda yang lebih padat daripada air seperti jarum baja dapat mengapung di permukaan air. Pada Gambar 1.13, tegangan permukaan dapat menahan  $w$  benda. Sebenarnya, benda sedikit tenggelam ke air sehingga  $w$  disebut berat efektif.



**Gambar 1.13** Tegangan permukaan pada (a) bola dan (b) kaki serangga  
Sumber: Giancoli, 2014

## H Kapilaritas

Apabila sebuah pipa yang terbuka kedua ujungnya ditegakkan dengan salah satu ujungnya berada di atas permukaan zat cair sedangkan ujung lainnya di bawah permukaan, maka tinggi permukaan zat cair dalam pipa tidak sama dengan tinggi permukaan zat cair di luar pipa. Apabila zat cair membasahi dinding (meniskus cekung), maka zat cair dalam pipa lebih tinggi daripada di luar pipa. Apabila zat cair tidak membasahi dinding (meniskus cembung), maka zat cair dalam pipa lebih rendah daripada di luar pipa. Peristiwa naik atau turunnya permukaan zat cair dalam pipa kapiler disebut kapilaritas. Kenaikan dan penurunan permukaan zat cair di dalam pipa kapiler bergantung pada kohesi dan adhesi.



**Gambar 1.14** Kapilaritas

Sumber: me-mechanicalengineering.com

Kenaikan atau penurunan permukaan zat cair di dalam pipa kapiler dapat dihitung menggunakan persamaan 1.13.

$$h = \frac{2 \gamma \cos \theta}{\rho g r} \quad 1.13$$

dengan:  $h$  = kenaikan atau penurunan permukaan zat cair di dalam pipa kapiler (m)

$\gamma$  = tegangan permukaan (N/m)

$\theta$  = sudut kontak

$\rho$  = massa jenis zat cair ( $\text{kg/m}^3$ )

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

$r$  = jari-jari pipa kapiler (m)

## I

### Aplikasi Fluida Statis



**Gambar 1.15** Balon udara

Sumber:

[www.explainthatstuff.com](http://www.explainthatstuff.com)

Balon udara merupakan salah satu penerapan fluida statis, utamanya adalah Hukum Archimedes. Balon udara dapat melayang karena adanya gaya apung. Gaya apung dihasilkan dari perbedaan massa jenis udara di dalam dan di luar balon. Udara di dalam balon dipanaskan melalui pemanas sehingga terjadi perubahan energi kimia dari bahan bakar menjadi energi kinetik di udara. Molekul udara panas menyebar memenuhi



ruangan di dalam balon dan menggantikan molekul udara dingin yang keluar.

Molekul udara panas mengakibatkan massa jenis di dalam balon lebih kecil daripada di luar balon. Hal inilah yang mengakibatkan balon udara dapat melayang. Ketika gaya apung dan berat balon udara sama, maka akan melayang pada ketinggian tertentu dengan stabil. Balon udara akan semakin naik ketika gaya apung lebih besar daripada berat benda.

#### **Analisis Data:**

Dari berbagai percobaan yang telah kalian lakukan, lakukan analisis data yang telah diperoleh sehingga mendapatkan balon udara seperti yang telah direncanakan.

#### **Analisis Temuan:**

Berdasarkan hasil analisis data dan kajian referensi, buatlah suatu kesimpulan.

#### **Rangkuman:**

Fluida statis adalah fluida yang tidak mengalir/ diam. Hukum-hukum fisika yang terkait fluida statis di antaranya: Hukum Archimedes dengan konsep terapung-melayang-tenggelam, dan Hukum Pascal.

#### **Soal Latihan**

1. Benda jika ditimbang di udara adalah 100 g dan jika ditimbang di dalam air adalah 90 g. Apabila massa jenis air adalah  $1 \text{ g/cm}^3$ , tentukan massa jenis benda tersebut.

2. Sebuah balon udara yang bervolume  $300 \text{ m}^3$  dan berisi gas hydrogen ( $\rho_h = 0,00009 \text{ g/cm}^3$ ) dapat melayang di udara ( $\rho_u = 0,0013 \text{ g/cm}^3$ ). Tentukan daya angkat balon tersebut.
3. Massa sesungguhnya dari sebuah benda adalah  $300 \text{ g}$ . Jika ditimbang di dalam air massanya seolah-olah menjadi  $225 \text{ g}$  dan jika ditimbang di dalam suatu cairan lain massanya seolah-olah menjadi  $112,5 \text{ g}$ . Jika massa jenis air adalah  $1 \text{ g/cm}^3$ . Tentukan massa jenis cairan tersebut.
4. Tiga bejana berhubungan ditutup oleh pengisap yang luasnya masing-masing  $4 \text{ cm}^2$ ,  $24 \text{ cm}^2$ ,  $60 \text{ cm}^2$ . Apabila pada pengisap yang terkecil menekan gaya sebesar  $12 \text{ N}$ , tentukan gaya yang harus menekan kepada pengisap lain-lainnya agar setimbang.
5. Dasar kaki serangga seperti berbentuk bola dengan jari-jari  $2 \times 10^{-5} \text{ m}$ . Massa  $0,0030 \text{ g}$  dari serangga ditopang merata oleh keenam kakinya. Perkirakan sudut  $\theta$  untuk seekor serangga di permukaan air. Anggap suhu air adalah  $20^\circ\text{C}$  dan  $\gamma = 0,072 \text{ N/m}$ .

### **Referensi**

Abdullah, M. (2016). Fluida. *Fisika Dasar, 1*.

Giancoli, D. C. (2014). Fisika: Prinsip dan Aplikasi Edisi ke 7Jilid 1. *Jakarta: Erlangga*.

[theinsidemag.com](http://theinsidemag.com)

[me-mechanicalengineering.com](http://me-mechanicalengineering.com)

[www.explainthatstuff.com](http://www.explainthatstuff.com)

## BAB II FLUIDA DINAMIS

### Sub-Capaian Pembelajaran Mata Kuliah:

1. Mahasiswa mampu memahami konsep debit, tegangan permukaan, viskositas zat, persamaan Bernoulli, dan persamaan kontinuitas.
2. Mahasiswa mampu menemukan konsep fluida dinamis melalui percobaan.

### Analisis Fenomena:



Beberapa hewan seperti tikus tanah, anjing padang rumput, dan hewan lain yang hidup di dalam tanah tidak akan mati kehabisan udara karena udara masih dapat mengalir di dalam tanah. Umumnya, liang bawah tanah yang dibuat oleh hewan-hewan tersebut setidaknya memiliki dua lubang masuk. Berdasarkan fenomena tersebut, mengapa harus dibuat dua lubang masuk dan bagaimana bentuk dua lubang tersebut. Susunlah ke dalam rumusan masalah.

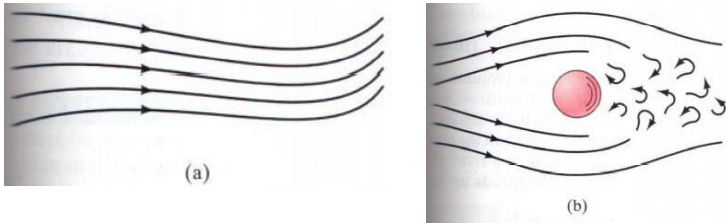
### Analisis Informasi:

Fluida dinamis dapat pula disebut dengan fluida bergerak atau fluida mengalir karena bergerak di lingkungan sekitarnya. Pada saat mempelajari fluida dinamis, fluida diasumsikan sebagai fluida ideal yaitu fluida yang memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

1. Tidak kompresibel (tak termampatkan), artinya massa jenis tidak dipengaruhi oleh tekanan sehingga tidak mengalami perubahan massa jenis. Umumnya, fluida terutama gas bersifat kompresibel yaitu ketika volume diperkecil atau tekanan diperbesar maka massa jenis akan berubah
2. Tidak kental sehingga semua gesekan yang timbul akibat viskositas dapat diabaikan
3. Mempunyai aliran tunak yaitu kecepatan dari tiap partikel fluida pada suatu titik tertentu adalah tetap
4. Aliran fluida dianggap laminar

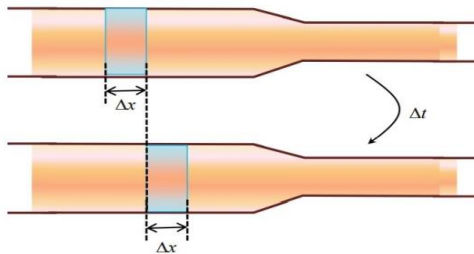
### A Debit

Terdapat dua jenis aliran ketika mempelajari fluida dinamis, yaitu aliran laminar dan turbulen. Aliran laminar terjadi karena kecepatan aliran tiap partikel fluida pada setiap titik adalah sama. Sedangkan aliran turbulen ditandai dengan adanya aliran yang berputar yaitu gerak partikel berlawanan arah dengan laju aliran fluida (Gambar 2.1).



**Gambar 2.1** (a) Aliran laminar; (b) Aliran turbulen  
 Sumber: Abdullah, 2016

Laju aliran fluida disebut juga debit. Debit didefinisikan sebagai besarnya volume fluida yang melewati suatu penampang tiap satuan waktu. Perhatikan Gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Fluida mengalir di dalam pipa dengan luas penampang A  
 Sumber: Abdullah, 2016

Berdasarkan Gambar 2.2, fluida dengan ketebalan  $\Delta x$  bergerak dalam suatu pipa dengan luas penampang A sehingga besarnya volume fluida tersebut adalah  $\Delta V = A \Delta x$ . Fluida tersebut dalam waktu  $\Delta t$  bergerak sepanjang  $\Delta x$ . Apabila laju aliran adalah  $v$ , maka  $\Delta x = v \Delta t$  sehingga besarnya debit dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1.

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{A \Delta x}{\Delta t} = \frac{A v \Delta t}{\Delta t} = A v \quad 2.1$$

dengan:  $Q = \text{debit (m}^3/\text{s)}$   
 $A = \text{luas penampang (m}^2)$   
 $v = \text{laju fluida (m/s)}$

### Contoh 2.1

Besar debit dari suatu aliran air yang melalui sebuah pipa berdiameter 4 cm dengan kecepatan rata-rata 4 m/s adalah ...

Diketahui :  $d = 4 \text{ cm} = 4 \times 10^{-2} \text{ m}$

$$r = 2 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$v = 4 \text{ m/s}$$

Ditanya :  $Q$  (debit)?

Jawab :  $A = \text{luas lingkaran}$

$$A = \pi r^2 = 3,14 \times (2 \times 10^{-2})^2 = 1,256 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

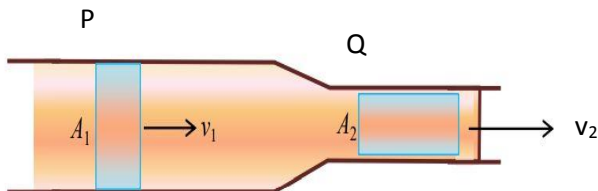
$$Q = A v$$

$$= 1,256 \times 10^{-3} \cdot 4$$

$$= 5,024 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

## B Persamaan Kontinuitas

Gerak fluida di dalam suatu tabung haruslah sejajar dengan dinding tabung meskipun besar kecepatan fluida dapat berbeda dari satu titik ke titik lain di dalam tabung (Gambar 2.3).



**Gambar 2.3** Jumlah massa fluida yang melewati tiap penampang adalah sama  
Sumber: Abdullah, 2016

Perhatikan Gambar 2.3. Misalkan pada titik P besar kecepatan adalah  $v_1$  dan pada titik Q besar kecepatan adalah  $v_2$ . Selama selang waktu  $\Delta t$  elemen fluida bergerak sejauh  $x = v \cdot \Delta t$ . Fluida yang melewati penampang  $A_1$  bergerak sejauh  $x_1 = v_1 \cdot \Delta t$  dengan volume sebesar  $V_1 = A_1 \cdot x_1$  sedangkan fluida yang melewati penampang  $A_2$  bergerak sejauh  $x_2 = v_2 \cdot \Delta t$  dengan volume  $V_2 = A_2 \cdot x_2$ . Untuk fluida yang tunak tidak ada elemen fluida yang keluar melalui dinding sehingga jumlah massa yang melewati tiap penampang haruslah sama.

$$m_1 = m_2$$

$$\rho_1 \cdot V_1 = \rho_2 \cdot V_2$$

$$\rho_1 \cdot A_1 \cdot x_1 = \rho_2 \cdot A_2 \cdot x_2$$

$$\rho_1 \cdot A_1 \cdot v_1 \cdot \Delta t = \rho_2 \cdot A_2 \cdot v_2 \cdot \Delta t$$

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

$$Q_1 = Q_2$$

2.2

**Persamaan 2.2 disebut *Persamaan Kontinuitas***

### ***Contoh 2.2***

Pipa yang mempunyai dua penampang  $A_1$  dan  $A_2$  digunakan untuk mengalirkan air. Luas penampang  $A_1 = 20 \text{ cm}^2$  dan luas penampang  $A_2 = 10 \text{ cm}^2$ . Tentukan perbandingan kecepatan aliran pada penampang  $A_1$  dan  $A_2$ !

Diketahui :  $A_1 = 20 \text{ cm}^2$

$A_2 = 10 \text{ cm}^2$

Ditanya :  $v_1 : v_2$

Jawab:

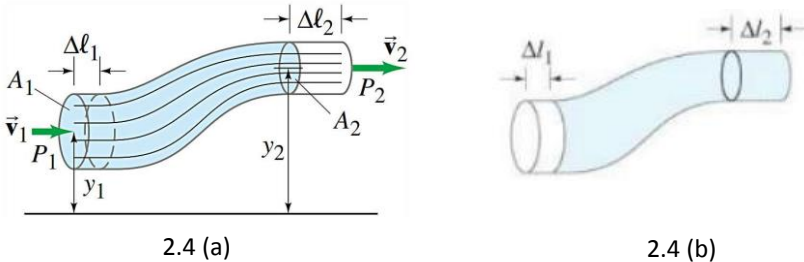
$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{10}{20}$$

Jadi,  $v_1 : v_2 = 1 : 2$

## C Prinsip Bernoulli

Besaran fisika lain yang ikut berpengaruh pada fluida dinamis adalah tekanan dan ketinggian. Hal ini dipelajari oleh Daniel Bernoulli (1700 – 1782). Ketika kecepatan fluida tinggi maka tekanannya rendah dan sebaliknya ketika kecepatan fluida rendah maka tekanannya tinggi. Pernyataan ini dikenal dengan Prinsip Bernoulli. Untuk lebih jelasnya, perhatikan Gambar 2.4.



**Gambar 2.4** (a) Fluida di posisi awal; 2.4 (b) Fluida berpindah sejauh  $\Delta l_2$   
Sumber: Giancoli, 2014

Pada gambar 2.4 (a), fluida masuk penampang dengan luas  $A_1$  kemudian bergerak sejauh  $\Delta l_1$  dan mendesak fluida di penampang  $A_2$  sehingga bergerak sejauh  $\Delta l_2$ . Fluida di sebelah kiri mendapatkan tekanan sebesar  $P_1$  dan melakukan usaha sebesar:  $W_1 = F_1 \cdot \Delta l_1 = P_1 \cdot A_1 \cdot \Delta l_1$



Pada penampang sebelah kanan, usaha yang dilakukan sebesar:

$$W_2 = F \cdot \Delta l_2 = - P_2 \cdot A_2 \cdot \Delta l_2$$

Tanda negatif menunjukkan bahwa arah gaya berlawanan dengan arah perpindahan fluida.

Gaya gravitasi ikut berpengaruh terhadap aliran fluida yang mengakibatkan perpindahan posisi fluida dari ketinggian  $y_1$  ke  $y_2$ . Usaha yang dilakukan gaya gravitasi sebesar:

$$W_3 = - mg (y_2 - y_1)$$

dengan  $y_1$  dan  $y_2$  adalah ketinggian. Tanda negatif menunjukkan bahwa arah aliran fluida berlawanan dengan arah gaya gravitasi. Total usaha pada fluida adalah:

$$W = W_1 + W_2 + W_3$$

$$= P_1 \cdot A_1 \cdot \Delta l_1 - P_2 \cdot A_2 \cdot \Delta l_2 - mgy_2 + mgy_1$$

Berdasarkan konsep usaha energi, usaha yang dilakukan sebanding dengan perubahan energi kinetik, sehingga:

$$W = \Delta E_k$$

$$P_1 \cdot A_1 \cdot \Delta l_1 - P_2 \cdot A_2 \cdot \Delta l_2 - mgy_2 + mgy_1 = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2$$

Massa  $m$  memiliki volume  $A_1 \Delta l_1 = A_2 \Delta l_2$  dan massa jenis  $\rho$  sehingga  $m$  dapat diganti dengan  $\rho A_1 \Delta l_1 = \rho A_2 \Delta l_2$  kemudian dibagi dengan  $A_1 \Delta l_1 = A_2 \Delta l_2$ , diperoleh:

$$P_1 - P_2 - \rho gy_2 + \rho gy_1 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 - \frac{1}{2} \rho v_1^2$$

$$P_1 + \rho gy_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho gy_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 \quad 2.3$$

**Persamaan 2.3 disebut dengan *Persamaan Bernoulli***

dengan:

$P_1$  = tekanan di titik 1 ( $N/m^2$ ) ;  $y_1$  = ketinggian di titik 1 (m)

$P_2$  = tekanan di titik 2 ( $N/m^2$ ) ;  $y_2$  = ketinggian di titik 2 (m)

$\rho$  = massa jenis fluida ( $kg/m^3$ ) ;  $v_1$  = kecepatan di titik 1 ( $m/s^2$ )

$g$  = gaya gravitasi ( $m/s^2$ ) ;  $v_2$  = kecepatan di titik 2 ( $m/s^2$ )

### Contoh 2.3

Pipa berjari-jari 15 cm disambung dengan pipa lain yang berjari-jari 5 cm, keduanya dalam posisi horizontal. Apabila kecepatan aliran air pada pipa besar adalah 1 m/s pada tekanan 15 N/m<sup>2</sup>, tentukan tekanan pada pipa yang kecil!

Diketahui :  $r_1 = 15 \text{ cm} = 15 \times 10^{-2} \text{ m}$

$$A_1 = \pi r^2 = 706,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$r_2 = 5 \text{ cm} = 5 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$A_2 = \pi r^2 = 78,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$v_1 = 1 \text{ m/s} ; P_1 = 10^5 \text{ N/m}^2$$

Ditanya :  $P_2$ ?

Jawab :

$$v_2 = \frac{A_1 v_1}{A_2} = \frac{706,5 \times 10^{-4} \times 1}{78,5 \times 10^{-4}} = 9 \text{ m/s}$$

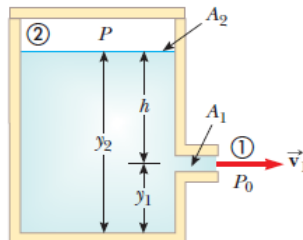
$$P_1 + \rho g y_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho g y_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$10^5 + \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 1 = P_2 + \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 81$$

$$P_2 = 60.000 \text{ N/m}^2$$

## D Teorema Torricelli

Teorema Torricelli merupakan salah satu penerapan prinsip Bernoulli. Teorema ini ditemukan oleh Evangelista Torricelli yang berfungsi untuk menghitung kecepatan semburan air pada lubang kecil di sebuah tangki. Lebih jelasnya perhatikan Gambar 2.5.



**Gambar 2.5** Kecepatan semburan air

Sumber: <https://www.fisimat.com.mx/teorema-de-torricelli/>

Pada sebuah tangki yang berisi air terdapat lubang kecil yang berjarak  $h$  di bawah permukaan air. Kecepatan semburan air yang keluar dapat dihitung menggunakan persamaan Bernoulli:

$$P_1 + \rho g y_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho g y_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$P_1 = P_2 = P_0 = \text{tekanan atmosfer}$$

$$h = y_2 - y_1$$

dengan :  $y_2$  = ketinggian air (m)

$y_1$  = ketinggian lubang diukur dari dasar tangki (m)

Asumsikan diameter tangki sangat besar dibandingkan lubang, maka  $v_2$  mendekati nol sehingga dapat diabaikan. Dengan demikian:

$$P_1 + \rho g y_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho g y_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$P_0 + \rho g y_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_0 + \rho g y_2 + 0$$

$$\rho g y_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = \rho g y_2$$

$$\frac{1}{2} v_1^2 = g (y_2 - y_1)$$

$$\frac{1}{2} v_1^2 = g \cdot h$$

$$v_1^2 = 2 g h$$

$$v_1 = \sqrt{2 g h} \quad 2.4$$

dengan:  $v_1$  = kecepatan semburan air ( $m/s^2$ )

$g$  = gaya gravitasi ( $m/s^2$ )

$h$  = jarak lubang diukur dari permukaan air (m)

### **Contoh 2.4**

Pada dinding tangki yang berisi air terdapat lubang yang berjarak 1 m dari dasar tangki. Jika kecepatan air yang keluar

dari lubang adalah 14 m/s dan  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ , tentukan tinggi tangki tersebut!

Diketahui :  $v_1 = 14 \text{ m/s}$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$y_1 = 1 \text{ m}$$

Ditanya :  $y_2$

Jawab :

$$v_1 = \sqrt{2 g h}$$

$$14 = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot (y_2 - y_1)}$$

$$14 = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot (y_2 - 1)}$$

$$y_2 = 11 \text{ m}$$

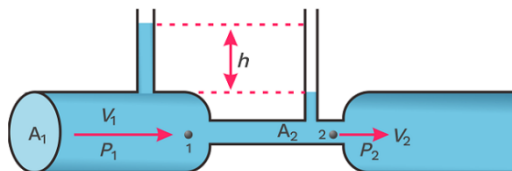
## E Aplikasi Prinsip Bernoulli

Prinsip Bernoulli diterapkan ke dalam beberapa peristiwa, diantaranya:

### 1. Venturimeter

Venturimeter merupakan alat yang dipasang di dalam suatu pipa aliran untuk mengukur laju aliran suatu zat cair. Terdapat dua jenis venturimeter yaitu venturimeter tanpa manometer dan venturimeter dengan manometer, dimana manometer tersebut berisi zat cair lain.

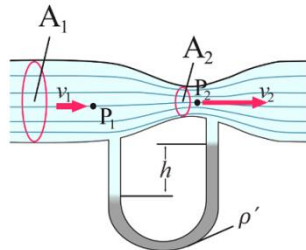
#### a. Venturimeter tanpa Manometer



**Gambar 2.6** Aliran fluida di dalam venturimeter

Sumber: zenius.net

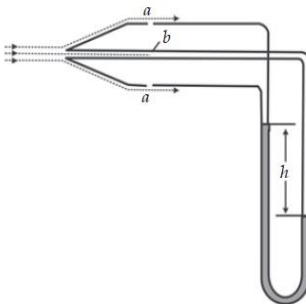
b. Venturimeter dengan Manometer



**Gambar 2.7** Aliran fluida di dalam venturimeter dengan manometer  
Sumber: zenius.net

2. Tabung pitot

Tabung pitot merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kelajuan aliran dari suatu gas.



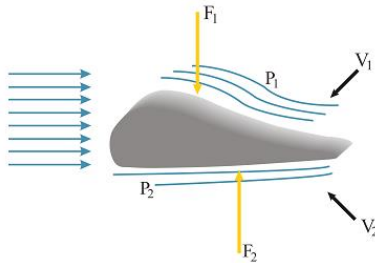
**Gambar 2.8** Tabung pitot  
Sumber: fisikazone.com

Gas mengalir di dekat lubang a. Lubang ini sejajar dengan arah aliran dan dipasang cukup jauh dari ujung tabung hingga kecepatan dan tekanan fluida di tempat ini mempunyai nilai seperti halnya aliran bebas.

Tekanan di dalam lengan kiri dari manometer haruslah sama dengan tekanan dalam aliran gas yaitu  $P_a$ .

Lubang dari lengan kanan manometer tegak lurus terhadap arus. Kecepatan di titik b menjadi nol dan pada titik ini gas berada dalam keadaan diam. Tekanan di b adalah  $P_b$ .

### 3. Gaya Angkat Sayap Pesawat Terbang



**Gambar 2.9** Gaya angkat sayap pesawat terbang  
Sumber: zenius.net

Penampang sayap pesawat terbang mempunyai bagian belakang yang tajam dan sisi atas lebih melengkung dari sisi bawah. Bentuk ini membuat kecepatan aliran udara melalui sisi atas lebih besar daripada sisi bawah. Garis-garis arus di sisi atas sayap tampak lebih rapat dari sebelah bawah yang berarti bahwa kecepatan udara di atas sayap lebih besar daripada di bawah sayap. Akibatnya, tekanan udara di bawah sayap lebih besar daripada di atas sayap. Perbedaan tekanan inilah yang mengakibatkan terjadinya gaya angkat pesawat.

#### **Analisis Data:**

Dari berbagai data yang telah kalian peroleh, lakukan analisis data dari fenomena lubang tikus.

#### **Analisis Temuan:**

Berdasarkan hasil analisis data dan kajian referensi, buatlah suatu kesimpulan.

### **Rangkuman:**

Fluida dinamis adalah fluida yang dapat mengalir. Hukum-hukum fisika yang terkait dengan fluida dinamis di antaranya Hukum Bernoulli dan Theorema Toricelli.

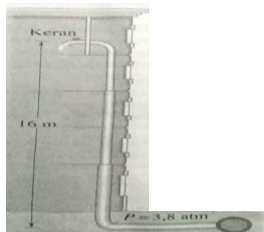
### **Soal Latihan**

1. Perhatikan gambar berikut ini.

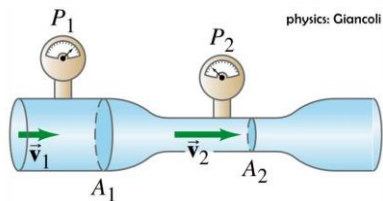


Mengapa aliran air yang keluar dari mulut keran akan menjadi lebih tipis ketika semakin jauh air itu jatuh ke bawah?

2. Sebuah pipa saluran udara digunakan untuk mempertukarkan udara di dalam sebuah ruangan berukuran 8,2 m x 5,0 m x 3,5 m setiap 12 menit sekali. Berapakah kecepatan udara mengalir di dalam pipa saluran ini?
3. Berapakah kecepatan air mengalir dari sebuah lubang di dasar tangki penampungan yang sangat lebar, dengan kedalaman 4,7 m dan terisi penuh air? Abaikan viskositas.
4. Sebuah selang air kebun berdiameter 5/8 inchi digunakan untuk mengisi kolam renang bulat berdiameter 6,1 m. Berapa lama waktu diperlukan untuk mengisi penuh kolam itu hingga sedalam 1,4 m jika air mengalir keluar dari selang dengan kecepatan 0,40 m/s?
5. Perhatikan gambar berikut.



- Air dengan tekanan 3,8 atm pada ketinggian sama dengan permukaan tanah mengalir ke gedung perkantoran dengan kecepatan 0,78 m/s melalui sebuah pipa berdiameter 5,0 cm. Pipa ini menyempit menjadi berdiameter 2,8 cm ketika mencapai lantai teratas gedung yang berada 16 m di atas permukaan tanah menuju ke sebuah keran yang dibiarkan terbuka. Hitunglah kecepatan air dan tekanan ukur di dalam pipa di lantai tersebut. Asumsikan pipa tidak memiliki percabangan dan abaikan viskositas!
- Sebuah pipa horizontal berdiameter 6,0 cm secara berangsur-angsur menyempit hingga menjadi 4,5 cm. Bila air mengalir di dalam pipa ini dengan kelajuan tertentu, tekanan pada kedua titik (yang berbeda diameter) sebesar 33,5 kPa dan 22,6 kPa. Tentukan laju aliran air?
  - Berapakah gaya angkat yang timbul akibat hukum Bernoulli pada sebuah sayap yang memiliki luas permukaan  $88 \text{ m}^2$ , jika udara mengalir melewati bagian atas dan bagian bawah sayap dengan kecepatan masing-masing 280 m/s dan 150 m/s?
  - Perhatikan gambar berikut.





Buktikan bahwa kecepatan aliran fluida yang diukur menggunakan venturimeter dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$v_1 = A_2 \sqrt{\frac{2 (P_1 - P_2)}{\rho (A_1^2 - A_2^2)}}$$

**Referensi:**

Abdullah, M. (2016). Fluida. *Fisika Dasar, 1*.

Giancoli, D. C. (2014). Fisika: Prinsip dan Aplikasi Edisi ke 7 Jilid 1. *Jakarta: Erlangga*.

[theinsidemag.com](http://theinsidemag.com)

[me-mechanicalengineering.com](http://me-mechanicalengineering.com)

[www.explainthatstuff.com](http://www.explainthatstuff.com)

## BAB II

### FLUIDA DALAM SISTEM PEREDARAN DARAH PADA MANUSIA

#### Sub-Capaian Pembelajaran Mata Kuliah:

1. Mahasiswa mampu mengidentifikasi sel darah, golongan darah, kelainan sel darah, dan transfusi darah.
2. Mahasiswa mampu mengaplikasikan konsep fluida dalam sistem peredaran darah.

#### Analisis Fenomena:



**Donor Darah.** Kegiatan rutin yang dilakukan oleh seseorang untuk menjaga kesehatan tubuhnya. Namun, tidak semua orang bisa melakukan donor darah. Apa saja syarat seseorang bisa melakukan donor darah? Apa yang dilakukan PMI pada kantong darah pendonor darah? Bagaimana merawat kantong darah tersebut? Lalu apakah ada masa expired untuk kantong darah pendonor darah?

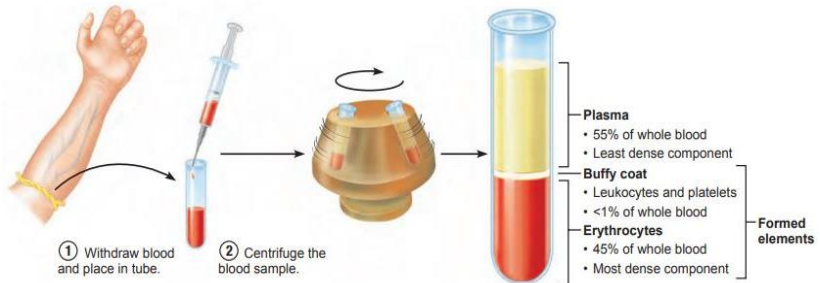
### Analisis Informasi:

Darah dapat diibaratkan seperti sungai kehidupan yang mengalir di dalam tubuh karena mengangkut bahan-bahan penting yang diperlukan tubuh dari satu jaringan ke jaringan lain, dari organ satu ke organ lainnya. Sampai saat ini darah memiliki peranan penting dalam kedokteran. Untuk mengetahui penyebab suatu penyakit, umumnya darah akan diperiksa dan diteliti. Pada bab ini akan mempelajari tentang komposisi dan fungsi darah serta aplikasi fluida dalam sistem peredaran darah. Sistem peredaran darah diawali dari pemompaan jantung. Darah keluar dari jantung melalui arteri, yang bercabang berulang kali hingga menjadi kapiler kecil. Setelah berdifusi melewati dinding kapiler, oksigen dan nutrisi meninggalkan darah dan memasuki jaringan tubuh. Sedangkan karbondioksida dan limbah berpindah dari jaringan tubuh ke aliran darah. Darah yang memiliki sedikit kandungan oksigen akan meninggalkan lapisan kapiler kemudian mengalir ke pembuluh darah dan kembali ke jantung. Darah yang kembali kemudian mengalir dari jantung ke paru-paru untuk mengambil oksigen kemudian kembali ke jantung untuk dipompa ke seluruh tubuh.

### A Sel Darah dan Kelainannya

Darah merupakan satu-satunya jaringan cairan (*fluid tissue*) dalam tubuh. Secara makroskopis darah akan terlihat seperti cairan yang kental, homogen, dan berwarna merah (akibat adanya eritrosit). Tetapi secara mikroskopis, darah memiliki komponen sel dan cairan. Komponen sel terdiri dari

sel darah merah, sel darah putih, dan trombosit. Sedangkan bagian cair disebut plasma darah. Ketika suatu sampel darah diputar dalam suatu alat, maka akan terbentuk tiga lapisan (Gambar 3.1).



**Gambar 3.1** Komponen-komponen darah

Sumber: <http://www.phschool.com>

Pada lapisan pertama, terdapat plasma darah karena memiliki massa jenis yang kecil. Plasma darah memiliki 55% dari seluruh volume darah. Lapisan kedua disebut *buffy coat*. Lapisan tipis ini merupakan pembatas antara plasma darah dan eritrosit serta terdiri dari leukosit yang berfungsi untuk melindungi tubuh dan trombosit yang berfungsi membantu menghentikan pendarahan. *Buffy coat* memiliki < 1% dari seluruh volume darah. Lapisan ketiga terdapat eritrosit yang memiliki 45% dari seluruh volume darah dan berfungsi mengangkut oksigen. Eritrosit berada di lapisan bawah karena memiliki massa jenis paling besar.

Darah melakukan 3 fungsi utama yaitu mendistribusikan zat-zat penting ke seluruh tubuh, mengatur kadar zat tertentu dalam darah, dan melindungi tubuh. Lebih

rinci, fungsi darah adalah sebagai berikut: 1) mengirim oksigen dari paru-paru dan nutrisi dari saluran pencernaan ke semua sel tubuh, 2) mengangkut produk sisa metabolisme dari sel ke tempat pembuangan (paru-paru untuk mengeluarkan karbon dioksida, dan ginjal untuk pembuangan limbah nitrogen dalam urin), 3) mengangkut hormon dari sistem endokrin, 4) mempertahankan suhu tubuh, 5) mempertahankan pH normal di jaringan tubuh, 6) mempertahankan volume cairan dalam sistem sirkulasi, 7) melakukan pembekuan darah pada luka, dan 8) mencegah infeksi

Darah memiliki empat komponen utama, yaitu plasma darah, sel darah merah, sel darah putih, dan trombosit.

### **1. Plasma Darah**

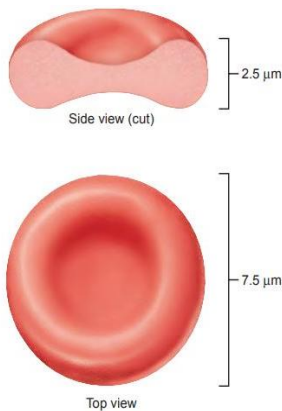
Plasma darah merupakan cairan lengket yang berwarna kekuningan. Kandungan plasma darah adalah air (sekitar 90%), lebih dari 100 zat terlarut yang berbeda termasuk nutrisi, gas, hormon, limbah dan produk aktivitas sel, ion, dan protein. Protein plasma merupakan zat terlarut plasma paling banyak yaitu sekitar 8% dari volume plasma. Sebagian besar protein plasma diproduksi oleh hati kecuali hormon dan gamma globulin. Sekitar 60% protein plasma adalah albumin yang berfungsi mengangkut molekul-molekul tertentu, penyangga darah, serta berperan terhadap tekanan osmotik plasma (tekanan yang membantu menjaga air dalam aliran darah). Komposisi utama plasma darah dapat dilihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Komposisi Utama Plasma Darah

<b>Komponen</b>	<b>Deskripsi</b>
<b>Air</b>	90% dari volume plasma; melarutkan zat-zat terlarut dalam darah.
<b>Zat-zat terlarut</b> 1. Protein plasma a. Albumin b. Globulin Alfa, Beta, Gamma c. Fibrinogen  2. Zat nitrogen nonprotein  3. Nutrisi  4. Elektrolit  5. Gas pernapasan	- 8% dari volume plasma; berperan dalam tekanan osmotik dan menjaga keseimbangan air dalam darah dan jaringan. - 60% dari protein plasma; diproduksi oleh hati; kontributor utama tekanan osmosis. - 36% dari protein plasma diproduksi oleh hati; kebanyakan adalah protein transpor yang mengikat lipid, ion logam, dan vitamin yang larut dalam lemak melepaskan antibody. - 4% dari protein plasma; diproduksi oleh hati; membentuk benang-benang fibrin  Produk samping metabolisme sel, seperti urea, asam urat, kreatinin, dan garam ammonium  Diserap dari saluran pencernaan dan diangkut untuk digunakan di seluruh tubuh; termasuk glukosa dan karbohidrat sederhana lainnya, asam amino (produk protein pencernaan), asam lemak, gliserol dan trigliserida (produk lemak), kolesterol, dan vitamin.  Terdiri dari kation dan anion. Kation termasuk natrium, kalium, kalsium, magnesium; anion termasuk klorida, fosfat, sulfat, dan bikarbonat; membantu menjaga tekanan osmotik plasma dan pH darah normal.  Oksigen dan karbon dioksida; oksigen sebagian besar terikat pada hemoglobin di dalam sel darah merah; karbon dioksida yang diangkut

Komponen	Deskripsi
6. Hormon	terlarut dalam plasma sebagai ion bikarbonat atau CO <sub>2</sub> , atau terikat pada hemoglobin dalam sel darah merah.  Hormon steroid dan tiroid dibawa oleh protein plasma.

## 2. Sel Darah Merah



Sel darah merah atau disebut dengan eritrosit merupakan sel kecil dengan diameter 7,5 μm, berbentuk seperti cakram bikonkaf yaitu cakram yang pipih dengan bagian tengah yang tertekan sehingga bagian tengah lebih tipis daripada bagian tepi, dan memiliki warna lebih terang di bagian tengah

Gambar 3.2 Bentuk eritrosit (lihat Gambar 3.2).  
Sumber: <http://www.phschool.com>

Ketika diamati melalui mikroskop, eritrosit terlihat seperti donat mini. Eritrosit dewasa terikat oleh membran plasma, tetapi tidak memiliki nukleus (bersifat nukleat) dan pada dasarnya tidak memiliki organel.

Eritrosit mengambil oksigen dari kapiler paru-paru dan melepaskannya ke sel-sel jaringan di seluruh tubuh serta mengangkut sekitar 20% karbondioksida yang

dikeluarkan oleh sel-sel jaringan untuk kembali ke paru-paru. Tiga karakteristik struktur eritrosit yang berfungsi sebagai transportasi gas, yaitu: 1) Memiliki ukuran yang kecil dan bentuk bikonkaf memberikan luas permukaan yang relatif besar; 2) 97% komponen eritrosit adalah haemoglobin, yaitu molekul yang mengikat dan mengangkut gas pernapasan; 3) eritrosit merupakan sel yang kekurangan mitokondria dan menghasilkan ATP dengan mekanisme anaerob sehingga tidak mengambil oksigen yang diangkutnya. Hal ini membuat eritrosit sebagai pengangkut oksigen yang efisien.

Fungsi utama eritrosit adalah mengangkut gas pernafasan yaitu oksigen dan karbondioksida. Bagian yang berperan penting dalam proses ini adalah hemoglobin, yaitu suatu protein yang mengikat oksigen dalam darah. Sebagian besar oksigen yang dibawa dalam darah terikat dengan hemoglobin. Nilai normal untuk hemoglobin adalah 14-20 gram per 100 mililiter darah (g / 100 ml) pada bayi, 13-18 g / 100 ml pada pria dewasa, dan 12-16 g / 100 ml pada wanita dewasa.

### **3. Sel Darah Putih**

Leukosit atau sel darah putih merupakan sel lengkap dengan nuklei dan organel. Persentase dalam darah adalah 1% dari volume darah dan lebih sedikit daripada sel darah merah. Rata-rata 4800-10.800 sel darah putih /  $\mu$ l darah. Leukosit berperan sebagai pertahanan dalam melawan penyakit yang disebabkan oleh bakteri, virus, parasit, racun, dan sel tumor. Berdasarkan fungsinya leukosit memiliki karakteristik khusus yang disebut diapedesis,



yaitu proses ketika leukosit dapat keluar dari pembuluh darah kapiler.

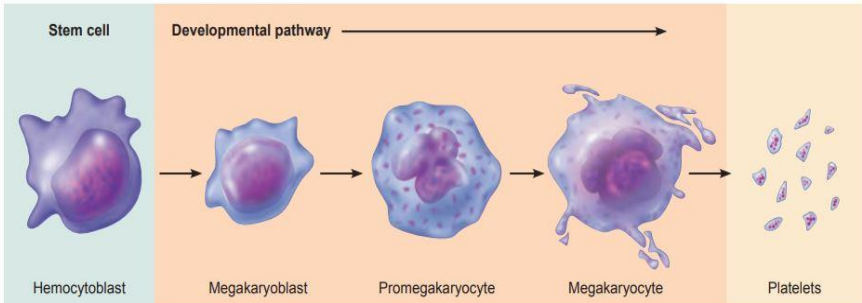
Diapedesis dimulai ketika leukosit mendapatkan sinyal berupa molekul adhesi sel yang dihasilkan oleh sel endotel yang membentuk dinding kapiler di tempat peradangan. Setelah keluar dari aliran darah, leukosit bergerak melalui ruang jaringan dengan gerakan amoeboid dan mengikuti jejak kimiawi molekul-molekul yang dilepaskan oleh sel-sel yang rusak (fenomena ini disebut dengan kemotaksis positif). Leukosit akan berada di area yang mengalami kerusakan atau infeksi dan berkumpul dalam jumlah yang besar untuk menghancurkan zat-zat asing. Leukosit dikelompokkan menjadi granulosit (granula sitoplasma yang terikat dengan membran) dan agranulosit (tidak memiliki granula yang jelas).

#### **4. Trombosit**

Trombosit merupakan fragmen sitoplasma dari sel yang sangat besar (berdiameter hingga 60  $\mu\text{m}$ ) yang disebut megakaryocytes. Trombosit memiliki warna yang berbeda di bagian dalam dan luar. Bagian luar berwarna biru dan bagian dalam yang memiliki granula berwarna ungu. Granula memiliki susunan bahan kimia yang berperan dalam proses pembekuan, terdiri dari serotonin,  $\text{Ca}^{2+}$ , berbagai enzim, ADP, dan hormon PDGF yaitu senyawa hormon yang diturunkan dari trombosit. Trombosit berperan penting dalam proses pembekuan darah yang terjadi dalam plasma ketika pembuluh darah pecah atau lapisannya terluka. Trombosit memiliki usia

pendek karena bersifat nukleat dan akan mati dalam waktu 10 hari bila tidak terlibat dalam proses pembekuan.

Pembentukan trombosit diatur oleh hormon trombopoietin. Proses pembentukan trombosit dapat dilihat pada Gambar 3.3.



**Gambar 3.3** Pembentukan trombosit

Sumber: <http://www.phschool.com>

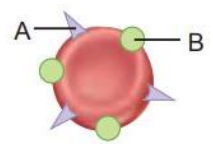
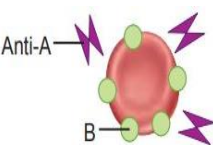
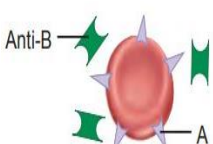
Hemocytoblast membentuk sel-sel yang mengalami beberapa pembelahan mitosis tanpa disertai pembelahan sitoplasma untuk menghasilkan megakaryocyte. Sitoplasma megakaryocyte menjadi terkotak-kotak oleh membran, dan membran plasma kemudian fragmen, melepaskan trombosit. Setiap 1  $\mu\text{L}$  darah mengandung antara 150.000 dan 400.000 trombosit.

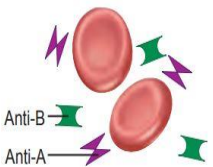
## **B** Golongan Darah

Golongan darah pada manusia dikelompokkan ke dalam ABO dan Rh. Golongan darah ABO didasarkan pada ada atau tidaknya dua aglutinogen, yaitu aglutinogen A dan

aglutinogen B. Aglutinogen adalah suatu protein yang dapat menggumpal (aglutinasi) dan terdapat di eritrosit. Aglutinogen dapat juga disebut sebagai antigen. Selain aglutinogen, pada golongan darah ABO terdapat aglutinin atau antibodi yang terdapat di plasma darah. Aglutinin merupakan serum antibodi yang dapat menggumpalkan aglutinogen. Aglutinin terbagi menjadi Anti-A ( $\alpha$ ) yang akan menggumpalkan aglutinogen A dan Anti-B ( $\beta$ ) yang akan menggumpalkan aglutinogen B. Golongan darah ABO akan membentuk golongan darah A, B, AB, dan O. Perbedaan golongan darah A, B, AB, dan O dapat dilihat pada Tabel 3.2.

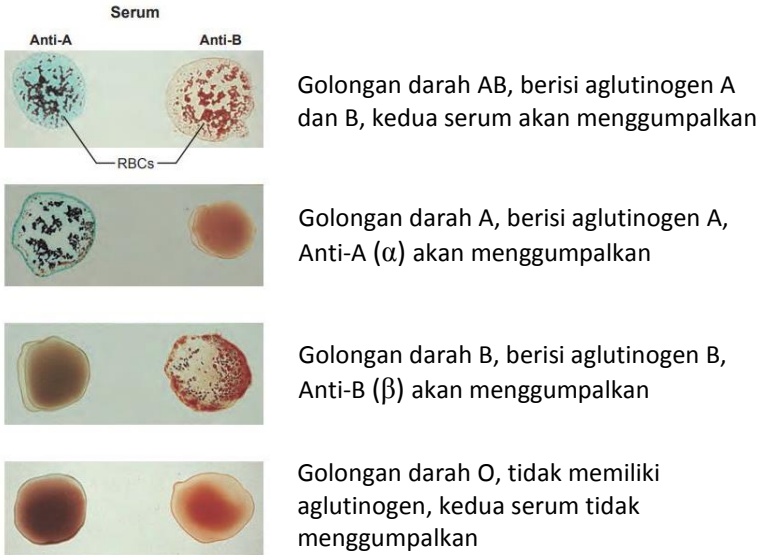
**Tabel 3.2** Golongan Darah

Golongan darah	Aglutinogen /antigen	Ilustrasi	Aglutinin/ antibodi	Golongan darah yang dapat diterima
AB	A dan B		Tidak ada	A, B, AB, O (resipien universal)
B	B		Anti-A ( $\alpha$ )	B, O
A	A		Anti-B ( $\beta$ )	A, O

Golongan darah	Aglutinogen /antigen	Ilustrasi	Aglutinin/ antibodi	Golongan darah yang dapat diterima
O	Tidak ada		Anti-A ( $\alpha$ ) dan Anti-B ( $\beta$ )	O (donor universal)

Catatan: **resipien universal (AB)** dapat menerima darah dari semua golongan darah tetapi hanya dapat mendonorkan darah ke golongan darah AB saja  
**donor universal (O)** dapat mendonorkan darah ke semua golongan darah tetapi hanya dapat menerima darah dari golongan darah O saja

Pengujian terhadap darah perlu dilakukan untuk mengetahui golongan darah. Pengujian dilakukan dengan pencocokan silang. Tes pencocokan silang untuk aglutinasi yaitu sel darah merah donor dengan serum penerima, dan sel darah merah penerima dengan serum donor. Ketika serum yang mengandung aglutinin Anti-A ( $\alpha$ ) atau Anti-B ( $\beta$ ) ditambahkan ke sampel darah yang telah diencerkan dengan saline, aglutinasi akan terjadi antara aglutinin dan aglutinogen yang sesuai (A atau B). Hasil pengujian darah dapat dilihat pada Gambar 3.4.



**Gambar 3.4** Pengujian golongan darah

Sumber: <http://www.phschool.com>

Pada golongan darah Rh, terdapat 45 jenis aglutinogen Rh dan masing-masing disebut faktor Rh. Hanya tiga diantaranya yaitu antigen C, D, dan E yang cukup umum. Dinamakan golongan darah Rh karena satu antigen Rh (aglutinogen D) awalnya teridentifikasi pada monyet rhesus kemudian antigen yang sama ditemukan pada manusia. Tipe antigen D dijumpai secara luas dalam populasi. Seseorang yang memiliki antigen ini dikatakan Rh positif, sedangkan orang yang tidak memiliki antigen D disebut Rh negatif. Golongan darah Rh merujuk pada ada atau tidaknya protein rhesus dalam darah. Rhesus positif artinya terdapat protein rhesus dalam darah. Sedangkan rhesus negatif adalah tidak terdapatnya protein rhesus dalam darah. Golongan darah rhesus positif dapat menerima donor dari rhesus positif

maupun rhesus negatif. Sedangkan golongan darah rhesus negatif hanya dapat menerima donor dari rhesus negatif. Golongan darah rhesus perlu diketahui untuk menghindari terjadinya komplikasi saat transfusi darah serta kehamilan dan kelahiran. Sebagai aturan, golongan darah ABO dan Rh akan ditulis bersama misalnya O<sup>+</sup>, A<sup>-</sup>, dsb.

## C Transfusi Darah

---

Sistem kardiovaskular manusia didesain untuk meminimalisir dampak kehilangan darah melalui 1) mengurangi volume pembuluh darah yang terkena dan 2) meningkatkan produksi sel darah merah. Namun, tubuh dapat mengimbangi kehilangan darah yang begitu banyak. Apabila kehilangan 15 – 30 % volume darah, akan menyebabkan lemah dan pucat. Sedangkan kehilangan lebih dari 30 % akan menyebabkan syok parah dan berakibat fatal.

Transfusi darah berkaitan dengan proses penyaluran darah dari donor kepada resipien. Terdapat dua jenis transfusi darah, yaitu *autologous transfusion* (tindakan transfusi dengan menggunakan darah milik resipien sendiri, dengan nama lain resipien mendonorkan darahnya untuk digunakan sendiri) dan *allogenic transfusion* (tindakan transfusi dengan menggunakan darah milik donor, dengan nama lain resipien menggunakan darah dari pendonor). Transfusi darah sering dilakukan saat proses pembedahan, baik ketika sebelum pembedahan, selama proses pembedahan, maupun setelah pembedahan.

Umumnya, darah yang diperoleh dari donor akan disimpan dalam kantong darah sebelum diberikan ke resipien. Prosedur yang dilakukan bank darah adalah mengumpulkan darah dari donor kemudian mencampurnya dengan antikoagulan, seperti sitrat atau garam oksalat tertentu untuk mencegah pembekuan dengan cara mengikat ion kalsium. Masa simpan darah pada suhu 4°C adalah 35 hari. Darah merupakan komoditas yang berharga sehingga seringkali dipisahkan menjadi bagian komponen-komponennya agar dapat digunakan kapanpun dan dimanapun saat dibutuhkan.

Pada saat proses transfusi darah harus diperhatikan kecocokan golongan darah antara pendonor dengan resipien karena ketika terjadi ketidakcocokan golongan darah maka reaksi transfusi yang terjadi adalah sel darah merah pendonor diserang oleh aglutinin plasma resipien sehingga mengakibatkan penggumpalan darah. Awalnya, aglutinasi sel darah merah asing akan menyumbat pembuluh darah kecil di seluruh tubuh. Selama beberapa jam kemudian, sel-sel darah merah yang menggumpal mulai pecah atau dihancurkan oleh fagosit dan hemoglobin dilepaskan ke dalam aliran darah.

Reaksi transfusi dapat menyebabkan demam, menggigil, tekanan darah rendah, detak jantung yang cepat, mual, muntah, dan toksisitas umum. Apabila tidak terjadi gagal ginjal akut, maka reaksi ini jarang mematikan. Pengobatan reaksi transfusi digunakan untuk mencegah kerusakan ginjal dengan memberikan cairan dan diuretik untuk meningkatkan produksi urin, mengencerkan dan membersihkan hemoglobin.

**D****Fluida dalam Sistem Peredaran Darah**

Ketika mempelajari fluida, viskositas akan dianggap tidak ada padahal dalam kenyataannya fluida memiliki viskositas. Viskositas berperan seperti gesekan diantara lapisan-lapisan fluida yang bergerak pada kecepatan-kecepatan yang sedikit berbeda sehingga perbedaan tekanan diantara kedua ujung tabung harus ada untuk menghasilkan aliran yang stabil bagi fluida seperti air, minyak di dalam pipa, atau darah di dalam sistem peredaran darah manusia.

Seorang ilmuwan Prancis, J.L. Poiseuille meneliti sifat-sifat fisika peredaran darah manusia dan berhasil menemukan variable-variabel yang mempengaruhi laju alir sebuah fluida inkompresibel, mengalir secara laminar di dalam sebuah tabung silindris. Hasil penemuannya disebut persamaan Poiseuille.

$$Q = \frac{\pi R^4 (P_1 - P_2)}{8\eta l} \quad 3.1$$

dengan:

Q = laju aliran volume ( $m^3/s$ )

R = jari-jari bagian dalam tabung (m)

l = panjang tabung (m)

$P_1 - P_2$  = selisih tekanan diantara kedua ujung tabung ( $N/m^2$ )

H = koefisien viskositas

Berdasarkan persamaan Poiseuille diketahui bahwa laju alir Q berbanding terbalik dengan viskositas dan berbanding lurus dengan gradien tekanan  $(P_1 - P_2)/l$ . Q juga bergantung dengan nilai pangkat empat dari jari-jari tabung. Hal ini berarti untuk gradient tekanan yang sama, jika jari-jari tabung dijadikan setengahnya, laju alir akan berkurang



dengan faktor sebesar 16!. Sehingga tekanan yang diperlukan untuk mempertahankan suatu nilai laju alir tertentu sangat terpengaruh oleh perubahan kecil sekalipun pada jari-jari tabung.

Persamaan Poiseuille dapat digunakan untuk mengetahui besarnya tekanan darah untuk mempertahankan laju alir yang sama ketika jari-jari arteri mengalami penyusutan. Ketika jari-jari arteri mengecil akibat penyakit arteriosclerosis yaitu menebal dan mengerasnya dinding pembuluh nadi karena penimbunan kolesterol maka gradient tekanan harus ditingkatkan untuk mempertahankan laju alir yang sama. Jika jari-jari menyusut menjadi setengahnya, jantung harus menaikkan tekanan darah dengan faktor sekitar  $2^4 = 16$ . Jantung harus bekerja lebih keras dalam kondisi semacam ini tetapi pada umumnya tetap tidak dapat mempertahankan laju aliran darah seperti semula. Sehingga tekanan darah tinggi merupakan indikasi bahwa jantung sedang bekerja lebih keras dan laju aliran darah berkurang.

#### **Analisis Data:**

Dari hasil kajian teoritis dan empiris, permasalahan tentang donor darah, masa expired darah dapat dipecahkan.

#### **Analisis Temuan:**

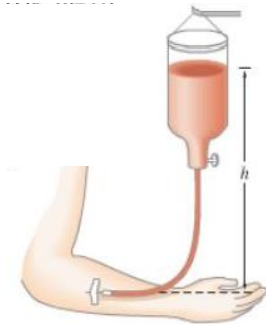
Berdasarkan hasil analisis data dan kajian referensi, buatlah suatu kesimpulan.

### **Rangkuman**

1. Darah adalah alat transportasi dalam tubuh makhluk hidup, yang berfungsi mengedarkan udara dan sari-sari makan dari dan ke seluruh tubuh.
2. Golongan darah pada manusia ada 4, yaitu golongan darah A, B, AB, dan O.
3. Darah memiliki empat komponen utama, yaitu plasma darah, sel darah merah, sel darah putih, dan trombosit.

### **Soal Latihan**

1. Seorang pasien akan diberikan transfusi darah. Darah



akan dialirkan melalui sebuah tabung dari botol yang berada pada kedudukan yang lebih tinggi menuju jarum yang dimasukkan ke dalam pembuluh balik (vena). Garis tengah bagian dalam dari jarum sepanjang 25 mm adalah 0,80 mm dan laju alir yang

dibutuhkan adalah  $2,0 \text{ cm}^3$  darah per menit. Seberapa tinggi botol ( $h$ ) harus diletakkan diatas jarum? Asumsikan tekanan darah adalah 78 torr di atas tekanan atmosfer

2. Kontraksi bilik kiri jantung akan memompakan darah ke seluruh tubuh. Dengan mengasumsikan permukaan dalam bilik kiri jantung memiliki luas  $82 \text{ cm}^2$  dan tekanan darah maksimum adalah 120 m Hg. Hitunglah gaya yang diberikan oleh bilik tersebut pada tekanan maksimum

3. Darah dimasukkan ke dalam sebuah botol yang diletakkan 1,40 m di atas sebatang jarum yang panjangnya 3,8 cm dengan garis tengah bagian dalamnya sebesar 0,40 mm, melalui lubang mata jarum ini darah mengalir keluar dengan laju  $4,1 \text{ cm}^3/\text{menit}$ . Tentukan viskositas darah tersebut.

**Referensi:**

<http://www.phschool.com>

## BAB IV

### FLUIDA DALAM SISTEM PERNAPASAN DAN PENCERNAAN PADA MANUSIA

#### Sub-Capaian Pembelajaran Mata Kuliah:

1. Mahasiswa mampu mengidentifikasi mekanisme pernapasan dan pencernaan, serta penyakit akibat pernafasan dan pencernaan.
2. Mahasiswa mampu mengaplikasikan konsep fluida dalam sistem pernapasan dan pencernaan.

#### Analisis Fenomena:



Stand or kneel behind the person choking. Place one arm around her waist with the fist positioned between the navel and ribcage. The thumb should be inward directly against her abdomen.

Place the other hand over the first.

Use the outer hand to increase the force as you press inward and upward, quickly forcing air out of the victim's lungs. If this fails to eject the obstruction, repeat the maneuver as many as 4 times.

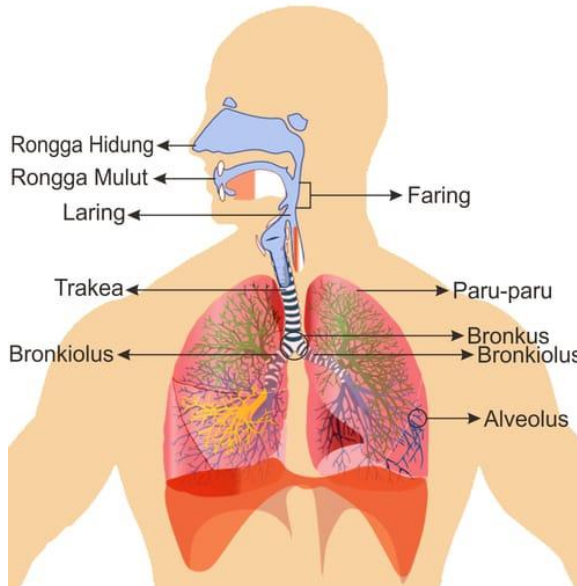
**Tersedak.** Peristiwa ini terjadi ada benda asing, makanan, minuman, atau cairan yang menghambat saluran pernapasan atau aliran udara di tenggorokan. Kasus fatal tersedak bisa mengakibatkan meninggal dunia. Bagaimana benda asing, makanan, minuman, atau cairan bisa menghambat saluran pernapasan? Adakah kesamaan saluran pernapasan dan pencernaan?

## Analisis Informasi:

A

### Mekanisme Sistem Pernapasan pada Manusia

Coba perhatikan baik-baik gambar berikut ini:



**Gambar 4.1** Sistem Pernapasan pada Manusia  
(sumber: markijar.com)

Bernapas adalah menghirup udara lalu menghembuskannya. Namun, ada proses panjang yang terjadi di dalamnya. Bernapas atau dikenal dengan respirasi. Bernapas bertujuan untuk menghasilkan energi, dengan menyebarkan oksigen ke seluruh sel di tubuh supaya tubuh kita berfungsi dengan normal. Saat bernapas ada pertukaran udara di paru-paru dan jaringan-jaringan yang disebut sebagai

respirasi jaringan. Pada respirasi jaringan ini akan menghasilkan ATP yang berguna untuk sumber energi aktivitas fisik seseorang.

Saat melakukan respirasi ada 2 mekanisme pernapasan yaitu inspirasi dan ekspirasi. Inspirasi adalah proses ketika menghirup udara melalui rongga hidung masuk ke dalam tubuh. Pada proses inspirasi diafragma dan otot dada berkontraksi. Akibatnya, volume rongga dada membesar, paru-paru mengembang, sehingga udara masuk ke paru-paru sebagai akibat kita memasukkan udara ke dalam tubuh. Pada proses ekspirasi kebalikan inspirasi, yaitu menghembuskan udara ke luar tubuh. Pada proses ini, diafragma dan otot dada berelaksasi. Akibatnya, volume rongga dada kembali normal karena udara keluar dari paru-paru.

## **B** Gangguan Sistem Pernapasan



Beberapa gangguan akibat pernapasan, sebagai berikut:

### 1. Flu (Influenza)

Penyakit yang disebabkan oleh virus influenza yang menyerang hidung, tenggorokan, dan paru-paru. Gejalanya di antaranya demam, sakit kepala, pilek, hidung tersumbat, serta batuk.

### 2. Faringitis

Penyakit akibat peradangan pada tenggorokan atau faring. Gejalanya tenggorokan nyeri, gatal, dan susah menelan.

3. Laringitis

Penyakit akibat peradangan di laring yaitu saluran tenggorokan di mana pita suara berada. Hal ini disebabkan karena penggunaan laring yang berlebihan, iritasi dan infeksi.

4. Asma

Penyakit jangka panjang atau kronis yang ditandai peradangan dan penyempitan saluran napas sehingga menimbulkan sesak dan sulit bernapas.

5. Bronkitis

Peradangan yang terjadi pada saluran pernapasan pertama yaitu bronkus. Gejalanya ditandai dengan batuk selama satu minggu lebih.

6. Emfisema

Penyakit kronis akibat kerusakan kantong udara atau alveolus pada paru-paru.

7. Pneumonia

Peradangan paru-paru yang disebabkan oleh infeksi. Gejalanya demam, batuk berdahak, dan sesak napas.

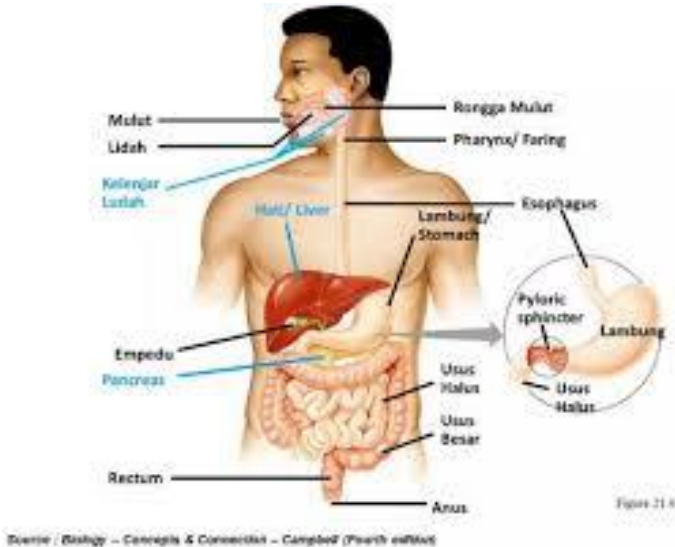
8. Kanker Paru-paru

Kondisi ketika sel ganas (kanker) terbentuk di paru-paru. Kanker ini banyak dialami penderita dengan kebiasaan merokok.

## C

## Mekanisme Sistem Pencernaan pada Manusia

Coba perhatikan gambar berikut ini:



**Gambar 4.2** Sistem Pencernaan Manusia  
(sumber: apki.or.id)

Mekanisme sistem pencernaan manusia ada 2, yaitu pencernaan mekanik dan pencernaan kimiawi. Pencernaan mekanik merupakan proses pencernaan yang terjadi di mulut dengan melibatkan gigi, sedangkan proses pencernaan mekanik di lambung berupa gerakan yaitu mengaduk dan meremas makanan, yang dilakukan oleh otot polos. Pencernaan kimiawi merupakan proses pencernaan yang terjadi dengan melibatkan enzim kimia, sebagai biokatalis di dalam tubuh manusia.



**D****Gangguan pada Sistem Pencernaan**

Beberapa gangguan akibat pernapasan, sebagai berikut:

1. Diare  
Penyakit dimana penderitanya sering buang air dengan kondisi tinja encer. Diare terjadi akibat makanan dan minuman yang terpapar virus, bakteri, dan parasit.
2. Gastritis  
Penyakit pada lambung akibat adanya peradangan pada dinding lambung, terbagi menjadi gastritis akut dan kronis.
3. Maag  
Penyakit dengan gejala rasa nyeri dan panas pada lambung disebabkan oleh beberapa kondisi.
4. Konstipasi/ Sembelit  
Gangguan pencernaan yang sering terjadi, gejala defekasi yang tidak memuaskan yaitu buang air besar kurang dari 3x dalam seminggu atau kesulitan mengeluarkan tinja karena keras.
5. Hemaroid/ wasir  
Pembengkakan atau pembesaran pembuluh darah di usus besar paling akhir (rektum) serta dubur atau anus.
6. Apendisitis  
Penyakit dikenal dengan radang usus buntu kronis, terjadi ketika usus buntu feses, benda asing, kanker, atau pembengkakan usus buntu akibat infeksi.
7. Tukak Lambung  
Luka di lambung yang menyebabkan keluhan sakit maag.

8. Radang Usus Buntu  
Peradangan yang terjadi pada usus buntu atau apendiks. Penderita mengalami nyeri di perut kanan bagian bawah.
9. Sariawan  
Luka atau peradangan di bibir dan dalam mulut yang menyebabkan sakit dan rasa tidak nyaman, penyebabnya cedera saat gosok gigi, infeksi jamur, virus atau bakteri dalam mulut, karena penyakit autoimun, atau karena kondisi tertentu.
10. Kolik  
Gejala sembelit dengan perut melilit tiba-tiba.
11. Gizi Buruk/ Malnutrisi  
Penyakit kekurangan gizi terparah dan menahun.
12. Keracunan  
Kondisi mual, muntah dan diare setelah mengonsumsi makanan atau minuman yang terkontaminasi kuman atau racun.
13. Cacingan  
Penyakit infeksi cacing atau parasit yang hidup di dalam usus manusia.

**D****Aplikasi Fluida dalam Sistem Pernapasan dan Pencernaan pada Manusia**

Di dalam tubuh manusia, terdapat beragam jenis fluida, baik yang berwujud cair maupun gas. Fluida yang berwujud cair misalnya darah dan urine, sementara fluida yang berwujud gas misalnya gas pernapasan dan gas hasil pencernaan zat makanan. Supaya lebih mudah dalam

memahami peran fluida dalam tubuh manusia, maka perlu kita pahami konsep fluida antara lain:

1. Kadar atau konsentrasi

Semua fluida dalam tubuh manusia mengandung zat-zat tertentu, baik dalam bentuk larutan, suspensi maupun koloid. Kadar zat pada fluida bisa dinyatakan secara mutlak dengan satuan konsentrasi tertentu, misalnya molar atau persen. Kadar zat pada suatu fluida juga bisa dinyatakan sebagai kadar relatif terhadap fluida lain, misalnya isotonik, hipertonik, atau hipotonik yang didasarkan pada kadar zat rata-rata pada darah.

2. Ruang atau kompartemen.

Suatu fluida tersimpan dalam suatu ruang atau kompartemen tertentu, misalnya sitoplasma sel yang berada di dalam sel sehingga disebut cairan intrasel. Cairan lain yang berada di luar sel, disebut cairan ekstrasel. Cairan ekstrasel bisa dibagi lagi menjadi cairan interstisial yang berada di antara sel dan cairan intravaskuler yang berada di dalam pembuluh darah.

3. Pertukaran atau perpindahan fluida.

Perpindahan fluida dapat terjadi dalam satu kompartemen yang sama maupun lintas kompartemen. Meskipun secara makroskopis suatu fluida tubuh tertentu hanya terbatas pada kompartemennya sendiri, secara mikroskopis tidaklah demikian. Zat-zat yang terkandung di dalam fluida dapat berpindah dari satu kompartemen ke kompartemen lain melalui pembatas yang bersifat semipermeabel. Sifat semipermeabel adalah sifat suatu membran yang menghalangi

perpindahan suatu zat dalam sebuah fluida namun tidak membatasi zat lain dalam fluida yang sama.

Secara makroskopis, faktor yang menyebabkan perpindahan fluida antara lain adalah gaya-gaya tertentu. Pada cairan, gaya ini dapat berupa gaya hidrostatis ataupun gaya osmotik koloid (disebut juga gaya onkotik). Pada gas, gaya ini misalnya berupa gaya tekan gas. Pada skala mikroskopis, perpindahan antar-kompartemen yang terjadi pada zat terlarut dalam fluida bisa terjadi secara aktif maupun secara pasif. Pertukaran zat secara aktif maksudnya adalah pertukaran yang membutuhkan energi dari pemecahan senyawa tertentu yang diikuti pelepasan energi, misalnya pemecahan adenosine trifosfat (ATP) menjadi adenosine difosfat (ADP), fosfat non-organik (Pi), dan sejumlah energi yang akan digunakan untuk pertukaran tersebut di atas.

Selain itu, pertukaran zat juga bisa terjadi secara pasif. Pertukaran pasif ini bisa terjadi karena adanya perbedaan atau yang biasa disebut gradien. Gradien ini bisa berupa gradien tekanan, konsentrasi, atau gradien antara dua kompartemen. Pertukaran fluida secara makroskopis dan mikroskopis ini diperlukan dalam rangka menjaga keseimbangan dinamis yang menjadi kunci homeostasis. Contohnya, pertukaran ion-ion dalam menjaga keseimbangan asam-basa tubuh, pertukaran gas-gas pernapasan dalam menjaga keseimbangan metabolisme tubuh, dan lain-lain. Secara makroskopis, perpindahan fluida tubuh dalam suatu kompartemen mengikuti prinsip dasar fisika fluida yang berlaku secara umum. Ada perbedaan kecil antara prinsip fluida umum dan fluida tubuh yaitu bahwa tubuh mampu memodifikasi

diameter pembuluh tempat fluida secara otomatis. Selain perbedaan kecil tersebut, prinsip-prinsip fisika fluida lain dapat diterapkan dalam memahami sifat aliran fluida tubuh. Ada beberapa cairan tubuh yang mengikuti prinsip fisika fluida, antara lain darah dan urine. Pada kedua cairan tubuh ini, hubungan antara besar aliran, kecepatan aliran, tekanan, diameter dan radius pembuluh, resistansi fluida, panjang pembuluh, luas penampang pembuluh, serta kekentalan atau viskositas dapat dijelaskan sesuai Hukum Ohm dan Hukum Poiseuille.

### **Hukum Ohm**

$$Q = \frac{\Delta P}{R}$$

Q = Besar Aliran

$\Delta P$  = Perbedaan Tekanan Cairan

R = Resistensi

### **Hukum Poiseuille**

$$Q = \frac{\Delta P \pi r^4}{8 \eta L}$$

Q = Besar Aliran

$\Delta P$  = Perbedaan Tekanan Cairan

$\pi = 3,14$

r = Radius pembuluh

L = Luas Penampang Pembuluh

$\eta$  = Kekentalan/ viskositas

### **Analisis Data:**

Dari hasil kajian teoritis dan empiris, maka dapat dipecahkan permasalahan tersedak.

### **Analisis Temuan:**

Berdasarkan hasil analisis data dan kajian referensi, buatlah suatu kesimpulan.

### ***Rangkuman***

1. Bernapas adalah menghirup udara lalu menghembuskannya.
2. Mekanisme sistem pencernaan manusia ada 2, yaitu pencernaan mekanik dan pencernaan kimiawi. Pencernaan mekanik merupakan proses pencernaan yang terjadi di mulut dengan melibatkan gigi, sedangkan proses pencernaan mekanik di lambung berupa gerakan yaitu mengaduk dan meremas makanan, yang dilakukan oleh otot polos.

### ***Soal Latihan***

1. Dalam suatu ruangan terdapat udara dengan tekanan 1 atmosfer (760 mm-Hg). Jika dipindahkan seluruh molekul kecuali  $O_2$ , jika  $O_2$  dalam udara tersebut 20% dan N dalam udara 78%, maka hitunglah tekanan gas-gas tersebut!
2. Tekanan parsial uap air dipengaruhi oleh kelembaman. Suatu contoh udara ruangan mempunyai tekanan parsial mm-Hg, sedangkan di dalam paru-paru mempunyai tekanan 47 mm-Hg pada temperatur  $37^\circ C$  dengan 100%

- kelembaman. Kajiilah tekanan parsial dengan menggunakan Hukum Dalton!
3. Pada waktu ekspirasi terakhir di dalam paru-paru selalu terdapat 30% volume udara yang disebut Fungsional Residual Capacity. Kajiilah pernyataan tersebut dengan Hukum Boyle!

***Referensi:***

alodokter.com  
markijar.com  
apki.or.id

## BAB V

### FLUIDA DALAM BIDANG KEDOKTERAN DAN FARMASI

#### Sub-Capaian Pembelajaran Mata Kuliah:

1. Mahasiswa mampu membandingkan injeksi dan obat.
2. Mahasiswa mampu mengaplikasikan konsep fluida dalam kedokteran dan farmasi.

#### Analisis Fenomena:



**Infus.** Perawatan medis di rumah sakit dengan memberikan cairan dan obat langsung melalui pembuluh darah adalah infus. Bagaimana mekanisme kerja infus? Jika salah pemasangan akan berdampak fatal, cairan dalam tubuh bisa berbalik masuk ke infus. Mengapa demikian?



## Analisis Informasi:

### A Injeksi



**Gambar 5.1** Injeksi Suntik  
(sumber: hellosehat.com)

Injeksi sering disebut dengan '*shot*' atau '*jab*' dalam bahasa Inggris, adalah proses memasukkan cairan ke tubuh menggunakan jarum. Dalam praktik medis, cairan yang kerap dimasukkan ke tubuh melalui injeksi adalah obat dan vitamin. Adapun jarum yang digunakan dalam proses injeksi adalah jarum hipodermik dan jarum suntik. Dalam dunia medis pula, injeksi kerap dikenal sebagai teknik pemberian obat melalui parenteral, yaitu pemberian melalui rute selain saluran pencernaan. Injeksi parenteral meliputi injeksi subkutan,

intramuskular, intravena, intraperitoneal, intrakardiak, intraartikular, dan intrakavernosa.

Injeksi umumnya diberikan satu kali pada suatu waktu tertentu, meski dapat juga digunakan untuk pemberian obat secara terus-menerus, dan dalam kasus tertentu. Bahkan, ketika diberikan satu kali pada waktu tertentu, pengobatannya mungkin bersifat jangka panjang, yang kemudian disebut sebagai injeksi depot. Pemberian obat melalui kateter yang menetap biasanya lebih disukai daripada injeksi, jika obat perlu diberikan secara berulang.

Injeksi adalah salah satu prosedur perawatan kesehatan yang cukup umum. Sebagian besar injeksi dilakukan dalam rangka perawatan kuratif, sedangkan sebagian kecilnya untuk imunisasi, atau tujuan lain seperti transfusi darah. Dalam beberapa kasus istilah injeksi digunakan secara sinonim dengan inokulasi bahkan oleh pekerja yang berbeda di rumah sakit yang sama.

Injeksi biasanya dilakukan untuk mencapai tujuan medis tertentu. Mulai dari penyembuhan, hingga pencegahan penyakit. Cairan yang diberikan melalui injeksi biasanya akan disesuaikan dengan apa yang diperlukan tubuh, atau yang diresepkan dokter.

Secara umum, cara melakukan injeksi adalah mengisi jarum suntik dengan cairan yang ingin diberikan, lalu menusukkan jarum ke salah satu bagian tubuh, keluarkan cairan secara perlahan, cabut jarum, dan tutup luka dengan perban kecil. Namun, prosedur melakukan injeksi sebenarnya berbeda-beda, tergantung jenis injeksi yang akan diberikan.

Berikut beberapa jenis injeksi yang ada dalam dunia medis, dan cara melakukannya:

1. Injeksi Intravena

Injeksi intravena adalah injeksi yang melibatkan penyisipan jarum secara langsung ke dalam vena, dan cairan yang dimasukkan akan langsung dikirim ke aliran darah. Dalam pengobatan dan penggunaan obat-obatan, rute pemberian ini adalah cara tercepat untuk mendapatkan efek yang diinginkan, karena obat segera berpindah ke sirkulasi darah dan ke seluruh tubuh. Jenis injeksi ini adalah yang paling umum dan sering dikaitkan dengan penggunaan narkoba.

2. Injeksi Intramuskular

Injeksi intramuskular adalah injeksi yang dilakukan untuk mengantarkan suatu zat ke dalam otot, dengan tujuan dapat diserap dengan cepat oleh pembuluh darah. Sebagian besar vaksin yang tidak aktif, seperti vaksin influenza, diberikan dengan cara injeksi intramuskular ini.

3. Injeksi Subkutan

Dalam proses injeksi subkutan, obat atau cairan akan dikirimkan ke jaringan antara kulit dan otot. Dengan menggunakan injeksi jenis ini, penyerapan obat akan berjalan lebih lambat dibandingkan injeksi intramuskular. Jarum yang digunakan pun cenderung lebih pendek, karena tidak perlu mencapai otot. Tempat pemberian injeksi jenis ini adalah jaringan lemak di belakang lengan. Injeksi insulin adalah yang paling umum menggunakan teknik injeksi ini. Selain itu, vaksin tertentu seperti MMR (Campak, Gondok, dan Rubela), Varisela (Cacar Air), dan Zoster (herpes zoster) juga diberikan secara subkutan.

#### 4. Injeksi Intradermal

Dalam Injeksi intradermal, obat dikirim langsung ke dalam dermis, yaitu lapisan yang berada tepat di bawah epidermis kulit. Suntikan sering diberikan pada sudut 5 sampai 15 derajat dengan jarum ditempatkan hampir rata pada kulit pasien. Penyerapan membutuhkan waktu paling lama dari rute ini dibandingkan dengan injeksi intravena, intramuskular, dan subkutan. Oleh karena itu, injeksi intradermal sering digunakan untuk tes sensitivitas, seperti tes tuberkulin dan alergi, dan tes anestesi lokal. Reaksi yang disebabkan oleh tes ini mudah dilihat karena lokasi suntikan pada kulit. Bagian tubuh yang sering dijadikan lokasi injeksi intradermal adalah lengan bawah dan punggung bawah.

#### 5. Injeksi Depot

Injeksi depot adalah injeksi yang dilakukan untuk menyimpan obat dalam massa lokal, yang disebut depot, untuk kemudian secara bertahap diserap oleh jaringan di sekitarnya. Injeksi jenis ini memungkinkan senyawa aktif dilepaskan secara konsisten dalam jangka waktu lama. Zat yang dimasukkan dalam injeksi depot biasanya berbentuk agak padat atau berbahan dasar minyak.

Contoh injeksi depot termasuk Depo Provera dan haloperidol decanoate. Pasien kanker prostat yang menerima terapi hormon biasanya mendapatkan suntikan depot sebagai pengobatan atau terapi. Zoladex adalah contoh obat yang dikirim oleh depot untuk perawatan atau terapi kanker

prostat. Naltrexone dapat diberikan dalam suntikan depot bulanan untuk mengendalikan penyalahgunaan opioid. Dalam hal ini, injeksi depot meningkatkan kepatuhan dengan mengganti administrasi pil setiap hari.

Injeksi biasanya dilakukan sesuai saran dokter, atau untuk tujuan tertentu seperti ketika ingin mendonorkan darah. Injeksi dapat dilakukan di rumah sakit, laboratorium, atau tempat-tempat yang menyediakan layanan kesehatan lainnya. Untuk melakukan pemeriksaan, kamu bisa langsung membuat *appointment* sesuai poliklinik atau dokter spesialis yang kamu inginkan .

## B Obat



**Gambar 5.2** Obat  
(sumber: alokoter.com)

Obat adalah bahan/paduan bahan-bahan untuk digunakan dalam menetapkan diagnosis, mencegah, mengurangi, menghilangkan, menyembuhkan penyakit, luka atau kelainan badaniah atau rohaniah pada manusia/hewan, memperelok badan atau bagian badan manusia.

Menurut SK Menteri Kesehatan No.25/Kab/B.VII/ 71 tanggal 9 Juni 1971, yang disebut dengan obat ialah suatu bahan atau paduan bahan-bahan untuk digunakan dalam menetapkan diagnosis, mencegah, mengurangi, menghilangkan, menyembuhkan penyakit, luka atau kelainan badaniah dan rohaniah pada manusia atau hewan, memperelok badan atau bagian badan manusia.

Menurut Undang-Undang Farmasi obat adalah suatu bahan atau bahan-bahan yang dimaksudkan untuk digunakan dalam menetapkan diagnosa, mencegah, mengurangi, menghilangkan dan menyembuhkan penyakit atau gejala penyakit, luka, ataupun kelainan badaniah, rohaniah pada manusia ataupun hewan.

Menurut Ansel (2001), obat adalah zat yang digunakan untuk diagnosis, mengurangi rasa sakit, serta mengobati atau mencegah penyakit pada manusia atau hewan. Obat dalam arti luas ialah setiap zat kimia yang dapat mempengaruhi proses hidup, maka farmakologi merupakan ilmu yang sangat luas cakupannya.

Namun untuk seorang dokter, ilmu ini dibatasi tujuannya yaitu agar dapat menggunakan obat untuk maksud pencegahan, diagnosis, dan pengobatan penyakit. Selain itu, agar mengerti bahwa penggunaan obat dapat mengakibatkan

berbagai gejala penyakit. (Bagian Farmakologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia)

Obat merupakan sediaan atau paduan bahan-bahan yang siap untuk digunakan untuk mempengaruhi atau menyelidiki sistem fisiologi atau keadaan patologi dalam rangka penetapan diagnosis, pencegahan, penyembuhan, pemulihan, peningkatan, kesehatan dan kontrasepsi (Kebijakan Obat Nasional, Departemen Kesehatan RI, 2005).

Obat merupakan benda yang dapat digunakan untuk merawat penyakit, membebaskan gejala, atau memodifikasi proses kimia dalam tubuh. Obat merupakan senyawa kimia selain makanan yang bisa mempengaruhi organisme hidup, yang pemanfaatannya bisa untuk mendiagnosis, menyembuhkan, mencegah suatu penyakit.

Dalam penggunaannya, obat mempunyai berbagai macam bentuk. Semua bentuk obat mempunyai karakteristik dan tujuan tersendiri. Ada zat yang tidak stabil jika berada dalam sediaan tablet sehingga harus dalam bentuk kapsul atau ada pula obat yang dimaksudkan larut dalam usus bukan dalam lambung. Semua diformulasikan khusus demi tercapainya efek terapi yang diinginkan. Berbagai bentuk obat disesuaikan dengan kebutuhan penggunaannya.

Berbagai bentuk dan tujuan penggunaan obat yaitu:

4. Serbuk (Pulvis)

Merupakan campuran kering bahan obat atau zat kimia yang dihaluskan, ditujukan untuk pemakaian luar.

5. Pulveres

- Merupakan serbuk yang dibagi bobot yang kurang lebih sama, dibungkus menggunakan bahan pengemas yang cocok untuk sekali minum. Contohnya adalah puyer.
6. Tablet (Compressi)  
Merupakan sediaan padat kompak dibuat secara kempa cetak dalam bentuk tabung pipih atau sirkuler kedua permukaan rata atau cembung mengandung satu jenis obat atau lebih dengan atau tanpa bahan tambahan dan sebagainya .

## C Transfusi Darah



**Gambar 5.3** Transfusi Darah  
(sumber: alodokter.com)



Transfusi darah adalah pemberian darah dari satu orang (donor) ke orang lain (resipien), yang kekekurangan satu atau lebih komponen darah. Prosedur transfusi darah dapat dilakukan di fasilitas kesehatan maupun pada kegiatan donor darah yang khusus diadakan untuk menambah jumlah tabungan di dalam bank darah. Tidak hanya bermanfaat bagi penerima, transfusi darah juga dapat memberikan manfaat kesehatan bagi pemberinya. Tidak semua orang yang mengalami perdarahan perlu diberikan transfusi darah. Ada kondisi tertentu, yang membuat orang tersebut patut menerima transfusi darah, di antaranya:

1. Mengalami talasemia atau anemia sel sabit, yang mengakibatkan sel darah merah tidak bisa bekerja dengan sempurna
2. Mengalami kanker atau sedang menjalani perawatan untuk kanker
3. Kehilangan banyak darah akibat kecelakaan parah atau sedang menjalani operasi besar
4. Perdarahan di saluran pencernaan akibat ulkus atau perlukaan di organ
5. Menderita gangguan hati serius
6. Mengalami anemia berat
7. Menderita syok septik
8. Mengalami gangguan pembekuan darah

## D Anestesi



**Gambar 5.4** Anestesi  
(sumber: alodokter.com)

Anestesi adalah tindakan medis yang melibatkan pemberian obat-obatan untuk membuat pasien mati rasa dan tidak merasakan nyeri selama operasi. Sebelum operasi, pasien umumnya perlu berkonsultasi dengan dokter spesialis anestesi terlebih dahulu. Langkah ini bertujuan meninjau kondisi dan riwayat medis pasien, serta menentukan teknik anestesi yang tepat.

Anestesi terbagi dalam tiga teknik berikut:

1. Anestesi lokal

Pada prosedur bius lokal ini, pasien tetap sadar selama operasi. Pemberian obat-obatan hanya akan menghalangi rasa nyeri dan sensasi pada area tubuh tertentu selama operasi, dan untuk sementara.

2. Anestesi regional

Pada anestesi regional, dokter akan memberikan obat-obatan untuk menghilangkan rasa nyeri dan membuat area tubuh tertentu yang lebih luas menjadi baal selama operasi.

### 3. Anestesi umum (bius total)

Bius total melibatkan pemberian obat bius untuk membuat pasien tertidur dan selama operasi. Pasien tidak akan merasa nyeri maupun mengingat prosedur.

Pasien mungkin akan mendapat obat sedatif (penenang) dan analgesik (peredam rasa nyeri) sebagai bagian dari anestesi. Teknik anestesi yang dipilih juga tergantung pada jenis operasi dan kondisi medis pasien.

## E Infus



**Gambar 5.5** Infus  
(sumber: alodokter.com)

Infus adalah obat yang diberikan secara langsung ke dalam pembuluh darah. Pemberian obat dilakukan dengan cara memasukkan selang kecil—disebut Intravena (IV)—ke dalam salah satu pembuluh darah di area tangan. Metode ini digunakan apabila pasien tidak dimungkinkan untuk menerima obat melalui mulut (oral) seperti pada kasus penyakit demam tifoid, jantung, stroke, dan demam berdarah.

Ada dua cara yang umum diterapkan untuk memasukkan cairan ke dalam pembuluh darah, yakni secara manual atau menggunakan pompa elektrik. Pemberian cairan harus tepat sesuai dengan kebutuhan pasien, terutama dari segi jenis dan dosis infus. Petugas medis dalam hal ini perawat wajib untuk melakukan kontrol terhadap infus yang sedang diberikan kepada pasien guna menjaga asupan obat.

Fungsi infus adalah untuk memasok obat ke dalam tubuh secara cepat. Hal ini berlaku untuk pasien dengan kondisi-kondisi tertentu seperti:

1. Kekurangan cairan (dehidrasi)
2. Keracunan makanan atau minuman
3. Infeksi akut
4. Peradangan kronis
5. Gangguan imunitas
6. Serangan jantung
7. Stroke
8. Kemoterapi
9. Gejala efek samping penggunaan obat tertentu

Pada kondisi-kondisi tersebut, pemberian obat-obatan secara oral tidak dimungkinkan oleh karena obat oral membutuhkan waktu yang cukup lama hingga bisa diserap

oleh darah. Sedangkan, pasien harus cepat-cepat ditangani sebelum kondisinya memburuk. Cairan ini (IV) lantas menjadi solusi agar penyerapan obat berlangsung cepat dan optimal.

Selain itu, fungsi (IV) juga untuk membantu pasien ketika tidak bisa mencerna secara oral sehingga langsung muntah begitu makanan dan cairan masuk ke dalam mulut.

Fungsi obat ini sejatinya tidak hanya untuk penyakit-penyakit di atas. Lebih dari itu, ada lagi jenis penyakit yang membuat penderitanya harus diberi IV agar pengobatan berjalan baik. Jika harus menjalani metode infus atau intravena ini, pastikan Anda ditangani secara tepat.

#### **Analisis Data:**

Dari hasil telusur pustaka yang telah dilakukan, analisislah mengapa cairan tubuh (darah) bisa berbalik masuk ke infus.

#### **Analisis Temuan:**

Berdasarkan hasil analisis data dan kajian referensi, buatlah suatu kesimpulan.

### **Rangkuman**

Aplikasi fluida dalam bidang kedokteran dan farmasi di antaranya: injeksi, obat, transfusi darah, anestesi, dan infus.

### **Latihan Soal**

1. Seorang perawat di sebuah rumah sakit memasang suatu peralatan infus untuk memasukkan larutan zat makanan ke dalam tubuh seorang pasien. Larutan infus tersebut tepat dapat masuk ke pembuluh vena setelah cairan infus diangkat setinggi 0,61 meter dari daerah penyuntikan infus. Jika massa jenis cairan infus  $1030 \text{ kg/m}^3$ , maka

tekanan hidrostatik darah dalam pembuluh vena tempat jarum infus disuntikkan adalah....

2. Proses infus sering kali dilakukan dengan pengaruh gravitasi dengan  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Dengan fluida mempunyai massa jenis  $1,00 \text{ g/cm}^3$ . a. Pada ketinggian berapa botol harus diletakkan sehingga tekanan cairan  $65 \text{ mmHg}$ . b. Jika tekanan darah  $18 \text{ mmHg}$  dengan ketinggian berapa botol harus diletakkan sehingga fluida masuk sedikit!
3. Seorang pasien melakukan transfusi darah mempunyai tekanan darah sebesar  $18 \text{ mmHg}$  di atas tekanan atmosfer. Diameter  $0,4 \text{ mm}$  dan aliran darah  $4 \text{ cm}^3$  per menit. Pada ketinggian berapa di atas jarum, botol harus diangkat ? Anggap diameter botol jauh lebih besar dari diameter jarum!

### ***Referensi***

Alodokter.com

## BAB VI FLUIDA DALAM BIDANG LINGKUNGAN

### Sub-Capaian Pembelajaran Mata Kuliah:

1. Mahasiswa mampu membandingkan air terjun, sumber mata air, dan semburan lumpur.
2. Mahasiswa mampu mengaplikasikan konsep fluida dalam lingkungan.

### Analisis Fenomena:



**Lumpur.** Pada saat mendengar kata lumpur, di benak langsung muncul lumpur lapindo Sidoarjo Jawa Timur. Semburan lumpur panas disertai gas meluap dan meluas 14 tahun yang lalu yang merugikan banyak pihak, sampai detik ini semburan lumpur panas masih terjadi. Segala hal dan cara sudah dilakukan namun lumpur tak kunjung berhenti. Bagaimana lumpur bisa keluar ke permukaan bumi? Akankah lumpur Sidoarjo ini dapat berhenti menyembur?

## Analisis Informasi:

### A Air Terjun



**Gambar 6.1** Air Terjun  
(sumber: [sulsel.idntime.com](http://sulsel.idntime.com))

Air terjun adalah formasi geologi dari arus air yang mengalir melalui suatu formasi bebatuan yang mengalami erosi dan jatuh ke bawah dari ketinggian. Air terjun dapat berupa buatan yang biasa digunakan di taman. Beberapa air terjun terbentuk di lingkungan pegunungan di mana erosi kerap terjadi.



## B Sumber Mata Air



**Gambar 6.2** Sumber Mata Air  
(sumber: architectaria.com)

Mata air adalah air tanah yang berada di bawah permukaan tanah tepatnya pada batuan yang bersifat jenuh air atau akuifer. Selanjutnya air yang dihasilkan tersebut mengalir pada permukaan tanah dan melalui alur sungai, sehingga seringkali menjadi sumber aliran air pada sungai.

**C****Semburan Lumpur**

**Gambar 6.3** Semburan Lumpur  
(sumber: news.okezone.com)

Lumpur adalah campuran cair atau semi cair antara air dan tanah. "Lumpur" terjadi saat tanah basah. Secara geologis, lumpur ialah campuran air dan partikel endapan lumpur dan tanah liat. Endapan lumpur masa lalu mengeras selama beberapa lama menjadi batu endapan.

Semburan lumpur terjadi karena fenomena alam atau faktor manusia.

**Analisis Data:**

Berdasarkan hasil telusur pustaka, analisislah mengapa lumpur Lapindi Sidoarjo sulit untuk dihentikan dengan menggunakan aplikasi Hukum Bernoulli.

### **Analisis Temuan:**

Berdasarkan hasil analisis data dan kajian referensi, buatlah suatu kesimpulan.

### **Rangkuman**

Aplikasi fluida dalam lingkungan di antaranya: air terjun, sumber mata air, dan semburan lumpur.

### **Latihan Soal**

1. Air terjun menumpahkan air 100 kg per sekon dari ketinggian 10 meter. Jika seluruh energi itu digunakan untuk menaikkan air 20 kg selama 30 detik, berapakah kenaikan suhu yang terjadi?
2. Suatu air terjun dengan ketinggian 10 m mengalirkan air dengan debit 20 m<sup>3</sup>/detik. Berapa daya yang dapat dibangkitkan oleh air terjun tersebut jika  $\rho_{\text{air}} = 1000 \text{ kg/m}^3$ ?
3. Air terjun setinggi 42 m dengan debit 10 m<sup>3</sup>/s dimanfaatkan untuk memutar suatu generator listrik. Jika 10% energi air terjun berubah menjadi energi listrik dan energi listrik tersebut digunakan untuk mendidihkan air yang bersuhu 20 derajat celsius ( $P = 1 \text{ atm}$ ), maka dalam waktu 1 menit, akan mampu mendidihkan air sebanyak ....

### **Referensi**

Wikipedia.or.id  
sulsel.idntime.com  
architectaria.com  
news.okezone.com

## BAB VII

### FLUIDA DALAM BIDANG KELAUTAN

#### Sub-Capaian Pembelajaran Mata Kuliah:

1. Mahasiswa dapat memahami Hukum Fisika tentang fluida dalam bidang kelautan.
2. Mahasiswa mampu mengaplikasikan fluida dalam bidang kelautan.

#### Analisis Fenomena:



**Kapal Pesiar.** Sebuah kapal yang cukup besar dan berat dapat mengambang di lautan yang luas. Mengapa hal ini bisa terjadi? Mengapa pula kapal bisa tenggelam seperti legenda kapal titanic? Dapatkan hukum-hukum fluida menjelaskannya?

## Analisis Informasi:

### A Kapal Laut



**Gambar 7.1** Kapal Laut  
(sumber: id.wikipedia.org)

Hukum Archimedes menggunakan prinsip fisika sederhana, di mana setiap benda yang tercelup baik keseluruhan maupun sebagian ke dalam air, maka benda tersebut akan menerima dorongan gaya ke atas sampai membuat benda tersebut mengapung. Inilah yang dinamakan prinsip mengapung. Namun perlu dipahami, dalam kasus kapal laut yang berat berton-ton dapat mengapung di laut, maka supaya dapat mengapung kepadatan kapal laut harus kurang dari air. Itulah mengapa, kapal laut mempunyai rahasia terdapat bagian yang berisi rongga-rongga udara. Bagian lambung tersebut yang menjadikan kapal seimbang dan

mengapung di lautan. Selain rongga udara, satu hal lain yang membuat kapal laut bisa mengapung di permukaan air ialah cekungan di bagian bawahnya.

Kapal laut telah memiliki banyak manfaat hingga saat ini. Meskipun keberadaannya sudah ditemukan sejak dahulu, fitur dan manfaatnya selalu mengalami kemajuan seiring berkembangnya waktu. Mengingat kebutuhan transportasi dinilai tak terbatas, maka inovasi penciptaan kapal untuk berlayar dilaut ini semakin diperhatikan. Di samping itu, ada banyak juga jenis kapal yang sudah dioperasikan. Berikut jenis-jenis kapal yang biasa berlayar di laut beserta fungsinya yang penting diketahui.

#### 1. Kapal Feri

Bagi penggemar transmigrasi, adanya kapal feri tentu sangat bersahabat. Kapal yang satu ini merupakan jenis kapal penumpang yang berlayar dalam jarak terhitung dekat, seperti antar pulau. Kapal feri memenuhi syarat-syarat pelayaran di laut dan dipakai untuk berbagai aktivitas perjalanan di laut. Tempat berlabuhnya sering kali dibuat khusus untuk meletakkan kapal dengan cepat dengan penurunan dan pengisian yang mudah.

#### 2. Kapal Barang

Sesuai dengan namanya, kapal ini difungsikan untuk mengangkut barang. Versi kapal laut yang kerap disebut *cargo ship* ini adalah segala jenis kapal yang membawa muatan barang perdagangan internasional, menyusuri lautan dan samudra dunia setiap tahunnya. Dengan adanya kapal barang, pemenuhan kebutuhan menjadi lebih mudah didapatkan. Dengan kapal ini, maka pemerataan distribusi

kebutuhan pun juga semakin mudah. Kapal kargo pada umumnya di desain khusus serta dilengkapi dengan crane dan mekanisme lainnya untuk bongkar muat serta dibuat dalam beberapa ukuran.

### 3. Kapal Pesiar

Keberadaan kapal pesiar sangat bermanfaat dalam hal pariwisata. Jenis kapal ini membantu penumpangnya untuk lebih mudah menikmati keindahan suasana laut dengan menyediakan fasilitas hotel berbintang sebagai pendukungnya. Dengan fungsi yang demikian, design kapal ini dibentuk sangat indah sebagai daya tariknya. Sebagian kapal pesiar memiliki rute pelayaran yang selalu kembali berlabuh di titik awal keberangkatan. Lama pelayaran kapal pesiar bermacam-macam, tergantung dengan rutenya. Kapal pesiar berbeda dengan kapal samudra yang mengantarkan orang dari satu titik labuh ke pelabuhan lain, atau bahkan antar benua. Jenis kapal yang satu ini memang dikhususkan untuk penumpang yang membutuhkan sarana rekreasi dalam wahana kapal.

### 4. Kapal Tanker

Bermanfaat untuk mengangkut minyak dan semua bahan turunannya, kapal tanker memiliki desain lebih aman dibanding kapal angkut yang lain. Secara umum, kapal tanker terdiri dari dua jenis, yaitu *product tanker* dan *crude carrier*. *Oil product tanker* sendiri adalah jenis kapal tanker yang dikhususkan mengangkut hasil tambang minyak mentah yang belum diolah. Saat diangkut, barang dalam kapal ini dibedakan antara yang bersih dan kotor.

### 5. Kapal Derek

Sesuai dengan namanya, kapal derek memiliki fungsi mengangkat barang berat. Dengan kemampuan tersebut, jenis kapal tersebut biasa digunakan untuk membantu konstruksi proyek lepas pantai. Keunggulannya yang lain adalah, kapal ini mampu mengangkat beban dari beratus hingga ribuan ton.

#### 6. Kapal Angkatan Laut (militer)

Kapal angkatan laut adalah jenis kapal yang dikhususkan untuk tugas militer dari angkatan laut. Sebagai kapal resmi negara, kapal angkatan laut memiliki keistimewaan tersendiri. Setiap kapal angkatan laut dipasang bendera kebangsaan sebagai bentuk identitas. Beberapa contohnya adalah 6 kapal perang jenis Fregat, kapal cepat rudal, dan kapal patroli.

#### 7. Kapal Penelitian

Suatu penelitian dapat dilakukan dengan objek apa saja, termasuk juga segala spesimen yang ada di laut. Dari berbagai cabang ilmu yang ada hubungannya dengan riset lapangan di laut, tentu akan didukung oleh adanya kapal penelitian. Jenis kapal laut ini didesign khusus untuk keperluan peneliti dan investigator. Kapal yang kerap disapa kapal riset ini memiliki beberapa jenis sesuai dengan penggunaannya. Beberapa contohnya adalah kapal riset untuk oseanografi, hidrografi, perikanan, dan riset kutub.





**Gambar 7.2** Kapal Selam  
(sumber: suara.com)

Kapal selam adalah sebuah kapal yang dapat bergerak di bawah permukaan air, biasanya untuk tujuan tertentu dan kepentingan militer. Sebagian besar Angkatan Laut memiliki dan mengoperasikan kapal selam sekalipun jumlah dan populasinya masing-masing negara berbeda. Selain digunakan untuk kepentingan militer, kapal selam juga digunakan untuk ilmu pengetahuan laut dan air tawar dan untuk bertugas di kedalaman yang tidak sesuai untuk penyelam manusia.

Kapal selam dapat mengapung sekaligus tenggelam. Kapal selam mempunyai tangki-tangki pemberat di antara lambung sebelah dalam dan luar. Kapal selam dapat mengubah kerapatannya dengan cara mengisi atau membuang air dalam tangki pemberat. Tangki akan

dikosongkan saat kapal selam terapung, sedangkan untuk tenggelam tangki diisi air. Agar kapal selam dapat melayang maka berat kapal harus sama dengan gaya apung kapal, sedangkan apabila kapal akan terapung maka air laut yang ada di tangki pemberat dikeluarkan sehingga kapal lebih ringan dapat dapat naik ke atas.

Meskipun kapal selam mengapung dengan mudah, kapal itu mampu menyelam ke dasar samudra dan tetap berada di situ sampai berbulan-bulan lamanya. Rahasiannya terletak pada konstruksi khas dinding rangkap kapal tersebut. Ruang-ruang khusus kedap air (atau tangki pemberat) antara dinding luar dan dinding dalam dapat diisi air laut sehingga meningkatkan bobot keseluruhan dan mengurangi kemampuan mengapungnya. Dengan dorongan baling-baling ke depan dan pengarahannya ke bawah, kapal itu menyelam.

Dinding dalam dari baja mampu menahan tekanan luar biasa di kedalaman. Setelah berada di dalam air, kapal mempertahankan posisinya dengan bantuan tangki-tangki pemberat sepanjang lunasnya. Untuk naik ke permukaan, kapal selam mengeluarkan air dari tangki pemberat. Periskop, radar, sonar, dan jaringan satelit merupakan alat navigasi utama kapal selam.

Selagi mengapung di permukaan, sebuah kapal selam dikatakan berdaya apung positif. Tangki-tangki pemberatnya hampir tak berisi air. Selagi menyelam, kapal memperoleh daya apung negatif karena udara di tangki pemberat dikeluarkan melalui katup udara untuk digantikan air yang masuk melalui lubang penggenang. Untuk melaju pada suatu kedalaman

yang ajek, kapal selam menggunakan suatu teknik penyeimbang dengan apa yang disebut daya apung netral.

Dalam teknik ini, udara bertekanan dipompakan masuk tangki pemberat secukupnya, dan lubang penggenangnya dibiarkan terbuka. Untuk naik ke permukaan, udara bertekanan yang dibawa di kapal dipompakan masuk atangki pemberat, sehingga airnya keluar.

Kapal selam yang paling canggih membuat air tawar sendiri dari air laut. Ada pula cadangan udara yang dihasilkan dengan elektrolisis, suatu proses yang membebaskan oksigen dari air tawar.

## C Jembatan Ponton



**Gambar 7.3** Jembatan Ponton  
(sumber: thestoryof physics.com)

Jembatan ponton merupakan jembatan yang dibuat dengan prinsip terapung. Drum-drum kosong harus tertutup rapat sehingga tidak ada air yang masuk ke dalamnya. Apabila air pasang, jembatan naik. Jika air surut, maka jembatan turun. Jembatan ponton biasanya merupakan bangunan temporer (tidak permanen), walaupun ada juga yang dipergunakan untuk jangka waktu yang lama. Jembatan mengambang yang permanen sangat berguna untuk menyeberangi perairan di mana dianggap tidak ekonomis untuk membuat sebuah jembatan yang digantungkan pada dermaga. Jembatan ini dapat memiliki bagian yang ditinggikan atau dapat diangkat, untuk jalan lewat kapal. Dalam keadaan darurat, jembatan ini dibuat dengan memasang drum-drum kosong tertutup rapat dan meletakkan papan di atasnya untuk berjalan orang.

## D Galangan Kapal



**Gambar 7.4** Galangan Kapal  
(sumber: oceanweak.co.id)

Galangan kapal adalah sebuah tempat yang dirancang untuk memperbaiki dan membuat kapal. Kapal-kapal ini dapat berupa kapal pesiar/yacht, armada militer, *cruise line*, pesawat barang atau penumpang. Prinsip kerja galangan kapal, ketika kapal akan diperbaiki, galangan kapal ditenggelamkan dan kapal dimasukkan. Setelah itu galangan diapungkan. Galangan ditenggelamkan dan diapungkan dengan cara memasukkan dan mengeluarkan air laut pada ruang cadangan.

### **Rangkuman**

Aplikasi fluida dalam bidang kelautan, di antaranya kapal laut, kapal selam, jembatan ponton, dan galangan kapal.

### **Latihan Soal**

1. Sebuah kapal terapung ditengah lautan. Jika volume kapal yang tercelup ke dalam air laut  $400 \text{ m}^3$ , massa jenis air laut  $1.040 \text{ kg/m}^3$  dan percepatan gravitasi  $10 \text{ m/s}^2$  Hitunglah gaya ke atas yang dialami oleh kapal tersebut!
2. Massa jenis air laut  $1025 \text{ kg/m}^3$ , hitung volume batu yang tercelup ke dalam air laut jika berat air laut yang dipindahkan oleh batu sebesar 2 Newton !
3. Sebuah kapal selam menyelam dengan kedalaman 200 m di bawah permukaan laut. Jika masa jenis air laut  $1100 \text{ kg/m}^3$  dan tekanan udara dipermukaan laut sebesar 100001 Pascal, serta percepatan gravitasi bumi  $10 \text{ m/s}^2$  maka tentukan besar tekanan hidrostatis dan tekanan total yang dialami oleh kapal selam...

4. Sebuah kapal selam mempunyai kaca jendela dengan luas  $0,1 \text{ m}^2$ . Massa jenis air laut  $1030 \text{ kg/m}^3$ , tekanan di permukaan air laut adalah 1 bar (1 bar =  $10^5 \text{ N/m}^2$ ) dan percepatan gravitasi  $10 \text{ m/s}^2$ . Besar gaya yang dialami oleh kaca jendela akibat tekanan dari air laut jika kapal menyelam di kedalaman 30 m adalah...
5. Suatu jembatan ponton yang terapung di sungai memiliki tebal 1 m dengan 60 % ketebalannya berada di air. Banyaknya orang yang dapat ditampung jembatan tersebut bila massa rata – rata orang yang naik 80 kg dan luas permukaan jembatan  $1 \text{ m}^2$  adalah ...

### ***Referensi***

id.wikipedia.org

suara.com

thestoryof physics.com

oceanweak.co.id

## DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, M. (2016). Fluida. *Fisika Dasar, 1*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Giancoli, D. C. (2014). Fisika: Prinsip dan Aplikasi Edisi ke 7 Jilid 1. *Jakarta: Erlangga*.

Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2005). *Selected Chapters for ECE 110: From Haliday/Resnick/Walker Fundamentals of Physics, Part 3*. University of Toronto.

Tipler, P. A., & Mosca, G. (2007). *Physics for scientists and engineers*. Macmillan.

[theinsidemag.com](http://theinsidemag.com)

[me-mechanicalengineering.com](http://me-mechanicalengineering.com)

[www.explainthatstuff.com](http://www.explainthatstuff.com)

[www.phschool.com](http://www.phschool.com)

[alodokter.com](http://alodokter.com)

[markijar.com](http://markijar.com)

[apki.or.id](http://apki.or.id)

[wikipedia.or.id](http://wikipedia.or.id)

[sulsel.idntime.com](http://sulsel.idntime.com)

[architectaria.com](http://architectaria.com)

[news.okezone.com](http://news.okezone.com)

[id.wikipedia.org](http://id.wikipedia.org)

[suara.com](http://suara.com)

[thestoryof physics.com](http://thestoryof physics.com)

[oceanweak.co.id](http://oceanweak.co.id)

## BIODATA PENULIS



**Dr. Septi Budi Sartika, S.Pd., M.Pd.** lahir di Ponorogo, 9 September 1985. Lulus Sarjana Pendidikan Fisika Universitas Negeri Surabaya tahun 2008, melanjutkan studi S2 di Prodi Pendidikan Sains Program Pascasarjana Universitas Negeri Surabaya lulus tahun 2010. Lulus program Doktor di prodi Pendidikan Sains Program Pascasarjana Universitas Negeri Surabaya tahun 2019. Karir pengajaran dimulai tahun 2010 di Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Penulis terlibat dalam penelitian dan pengabdian kepada masyarakat baik didanai oleh Ristekdikti maupun dana mandiri tentang keterampilan berpikir tingkat tinggi dan keterampilan Abad-21.

**Ria Wulandari, S.Pd., M.Pd.** dilahirkan di Kediri, 16 April 1985. Pendidikan dasar ditempuhnya di Sekolah Dasar Negeri di daerah kelahirannya. Pendidikan menengah ditempuhnya di SMA Negeri 1 Kediri. Pendidikan S1 di Prodi Pendidikan Fisika diselesaikan di Universitas Negeri Malang pada tahun 2007. Gelar Magister Pendidikan Sains diperolehnya di Universitas Negeri Surabaya pada tahun 2010. Sejak tahun 2013 sampai sekarang, menjadi dosen tetap di prodi Pendidikan IPA Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Saat ini penulis sedang menyelesaikan studi doktoral di Universitas Negeri Yogyakarta.





