

# BBM 9

## FLUIDA

### PENDAHULUAN

Bahan Belajar Mandiri (BBM) ini merupakan BBM kesembilan dari mata kuliah Konsep Dasar Fisika untuk SD yang menjelaskan konsep fluida. Konsep fluida ini dibagi kedalam dua cakupan, yakni mengenai fluida statik dan fluida dinamik. Dalam kehidupan sehari-hari, kita mengenal ada beberapa jenis atau fase zat, diantaranya fase zat padat, fase zat cair, dan fase gas. Zat padat cenderung tegar dan mempertahankan bentuknya, sedangkan zat cair dan gas cenderung tidak mempertahankan bentuknya melainkan dapat mengalir. Kelompok zat yang dapat mengalir inilah yang dimaksud dengan **fluida**. Perbedaan paling mendasar antara zat cair dan gas adalah zat cair mengalir di bawah pengaruh gravitasi sampai menempati daerah terendah yang mungkin dapat menampungnya serta bentuknya mengikuti penampung tempat zat cair berada. Lain halnya dengan gas, dimana gas dalam ruang tertutup mampu mengembang mengisi penampungnya tanpa peduli bentuknya.

Dalam BBM ini, akan disajikan dua kegiatan belajar, yaitu:

1. Kegiatan Belajar 1 : Fluida Statik
2. Kegiatan Belajar 2 : Fluida Dinamik

Setelah mempelajari modul ini Anda diharapkan memiliki kompetensi menjelaskan konsep fluida, yakni mengenai konsep fluida statik dan fluida dinamik. Secara lebih khusus lagi. Anda diharapkan dapat:

1. Menjelaskan konsep massa jenis
2. Menjelaskan konsep tekanan dan tekanan hidrostatik
3. Menjelaskan hukum Pascal
4. Menjelaskan hukum Archimedes
5. Menjelaskan keadaan benda mengapung, melayang, dan tenggelam
6. Menjelaskan peristiwa kapilaritas
7. Menjelaskan asas kontinuitas
8. Menjelaskan prinsip Bernoulli.

Pembelajaran mengenai optika, khususnya cahaya di SD dipelajari di Kelas IV Semester 1 dengan Standar Kompetensi “Memahami beragam sifat dan perubahan wujud benda serta berbagai cara penggunaan benda berdasarkan sifatnya” dan Kompetensi Dasar:

- Mengidentifikasi wujud benda padat, cair, dan gas memiliki sifat tertentu.

Agar Anda memperoleh hasil yang maksimal dalam mempelajari BBM ini, ikuti petunjuk pembelajaran berikut ini.

1. Bacalah dengan cermat bagian Pendahuluan BBM ini, sampai Anda memahami betul apa, untuk apa, dan bagaimana mempelajari BBM ini.
2. Bacalah bagian demi bagian, temukan kata-kata kunci dan kata-kata yang Anda anggap baru. Carilah dan baca pengertian kata-kata tersebut dalam daftar kata-kata sulit dalam BBM ini atau dalam kamus yang ada.
3. Tangkaplah pengertian demi pengertian dari isi BBM ini melalui pemahaman sendiri, tukar pikiran dengan sesama mahasiswa, dan dosen Anda.
4. Mantapkan pemahanan Anda melalui diskusi dengan sesama teman mahasiswa.
5. Lakukan semua kegiatan yang diajarkan sesuai dengan petunjuk BBM. Karena di dalam pembelajaran BBM ini kita akan melakukan beberapa pengamatan percobaan.

# KEGIATAN BELAJAR 1

## FLUIDA STATIK

Fluida merupakan salah satu jenis zat yang dapat mengalir. Bentuk fluida cenderung tidak tetap, yakni bergantung pada wadah atau penampungan tempat zat itu berada. Karena sifatnya yang demikian, maka pemanfaatannya fluida dalam kehidupan sehari-hari cukup banyak. Bahkan sesungguhnya tubuh kita pun sebagian besar tersusun dari fluida. Pada Kegiatan Belajar ini kita akan batasi pembicaraan kita hanya mengenai fluida yang tidak mengalir (diam) atau fluida statik. Untuk jenis fluida lainnya yakni fluida dinamik akan dibahas pada Kegiatan Belajar berikutnya.

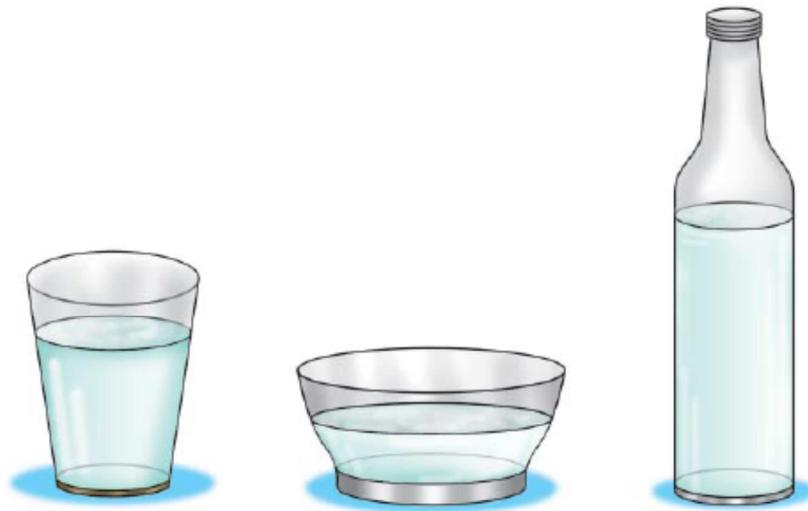
Air pada kolam renang, bak penampungan, gelas, dan botol merupakan beberapa contoh dari fluida statik. Zat cair yang disebutkan pada contoh-contoh di atas cenderung relatif diam sehingga dikategorikan kedalam fluida statik. Pada Kegiatan Belajar kali ini kita akan membahas beberapa sifat atau perilaku yang berkaitan dengan fluida statik, diantaranya tekanan hidrostatik, hukum Pascal, hukum Archimedes, dan Kapilaritas. Akan tetapi sebelum kita melangkah lebih jauh, ada baiknya kita mengingat sifat-sifat yang terkait dengan zat cair.

### A. Sifat-sifat Zat Cair

Berbeda halnya dengan zat padat atau benda padat yang cenderung bersifat kaku dan tegar, zat cair memiliki sifat-sifat yang tidak sekaku zat padat. Sifat-sifat zat cair (khususnya yang dicontohkan disini adalah air) yang umum diantaranya:

#### 1. Zat cair dapat berubah bentuk bergantung dari wadah penampungnya

Ketika kita menuangkan air ke dalam gelas, maka air tersebut akan berbentuk seperti gelas, ketika kita menuangkan air ke dalam mangkuk, maka air tersebut akan berbentuk seperti mangkuk, dan ketika kita menuangkan air ke dalam botol, maka air tersebut akan berbentuk seperti botol. Artinya adalah zat cair memiliki bentuk yang sesuai dengan wadah penampungnya, dan dapat berubah bentuk sesuai wadahnya itu. Bila kita memindahkan air yang berada dalam botol ke dalam gelas, maka bentuk air berubah dari berbentuk botol menjadi berbentuk gelas.



Gambar 9.1. Bentuk zat cair akan sesuai wadah penampungnya

Sumber: IPA untuk SD dan MI Kelas IV

## 2. Zat cair menempati ruang dan mempunyai massa

Bila kita menuangkan air pada sebuah wadah maka air akan menempati ruang dari tempat yang terendah. Ketika air dituangkan pada sebuah wadah yang bentuknya tidak beraturan, maka air akan menyesuaikan bentuk sesuai dengan wadah penampungan itu. Wadah yang kosong akan terasa lebih ringan dibandingkan dengan wadah yang terisi penuh air. Ini menunjukkan bahwa air juga memiliki massa



Gambar 9.2. Zat cair akan menempati ruang

Sumber: Physics for Scientists and Engineer with Modern Physics

## 3. Permukaan zat cair selalu mendatar

Mungkin Anda pernah memperhatikan seorang pekerja bangunan yang membawa selang kecil yang panjang dan berisi air untuk mengetahui kedataran pada saat memasang batu bata atau ubin. Pekerja tersebut memanfaatkan salah satu sifat zat cair yakni permukaannya selalu mendatar. Meskipun wadah penampungan air dibuat miring sekalipun, permukaan air akan selalu mendatar.

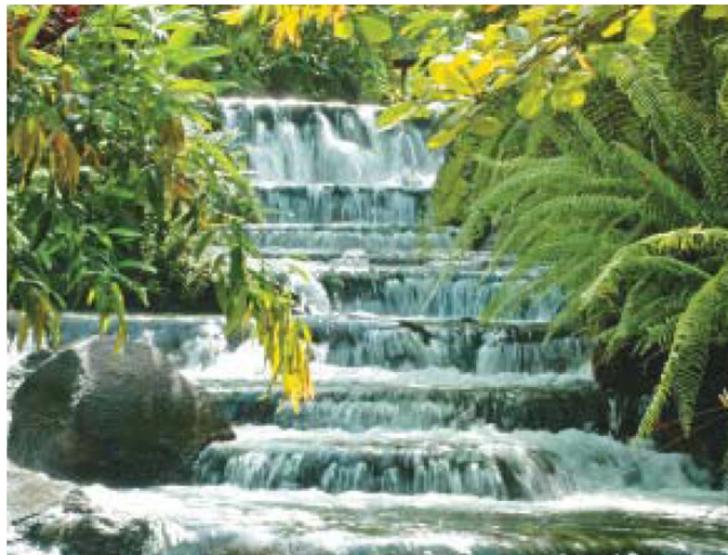


Gambar 9.3. Permukaan zat cair selalu mendatar

Sumber: IPA untuk SD dan MI Kelas IV

#### 4. Zat cair mengalir dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah

Ketika kita menuangkan air ke suatu wadah, kemanakah air itu mengalir? Air selalu mengalir ke tempat yang lebih rendah. Demikian pula halnya aliran air pada sungai selalu mengalir dari arah hulu menuju hilir. Artinya, zat cair mengalir dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah, atau zat cair mengalir di bawah pengaruh gravitasi hingga mencapai daerah terendah yang mungkin untuk menampungnya.



Gambar 9.4. Air mengalir menuju tempat yang terendah

Sumber: IPA untuk SD dan MI Kelas IV

Sebagaimana telah dikatakan sebelumnya bahwa disamping beberapa sifat-sifat yang telah disebutkan di atas, ada beberapa karakteristik yang dimiliki oleh fluida, khususnya zat cair, diantaranya pada zat cair terdapat tekanan hidrostatis zat cair, zat cair menekan ke segala arah dan sama besar serta perilaku benda yang dapat mengapung, melayang, atau tenggelam dalam zat cair.

Untuk lebih jelasnya dalam memahami konsep cahaya ini, marilah kita ikuti Kegiatan Percobaan berikut.

## **Kegiatan Percobaan**

### **Kegiatan 1**

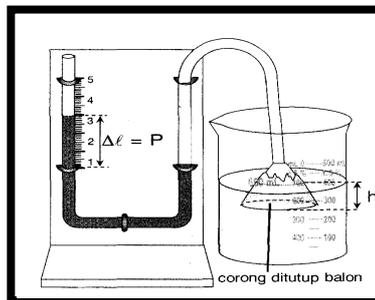
*Kegiatan ini bertujuan untuk memahami hubungan pengaruh kedalaman terhadap tekanan hidrostatik*

Alat dan bahan:

- Perangkat pipa U
- Wadah air
- Mistar
- Corong
- Balon
- Air bersih

Langkah kerja:

1. Siapkan perangkat pipa U (Gambar 1) dan isilah selang dengan air. Pastikan posisi air dalam pipa U sama tingginya.



Gambar 1

2. Pasangkan balon pada ujung corong.
3. Masukkan corong ke dalam air yang berada dalam wadah air seperti nampak pada Gambar 1 hingga kedalaman  $h$ .
4. Ukur (catat) kedalaman  $h$  tersebut.
5. Amati dan ukur (catat) jarak perbedaan ketinggian air pada pipa U
6. Ulangi langkah (2) hingga (4) dengan mengubah kedalaman corong.
7. Catat semua data dalam tabel.

No	$h$ (cm)	$P_h$ (cm air)
1		
2		
3		
4		
5		

8. Apa yang dapat Anda simpulkan

## Kegiatan 2

*Kegiatan ini bertujuan untuk memahami hukum Pascal melalui percobaan sederhana*

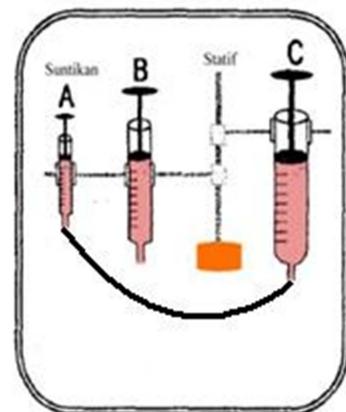
Alat dan bahan:

- Alat suntikan berbeda ukuran
- Selang penghubung
- Beban
- Statif
- Zat cair

Langkah kerja:

### Percobaan 1

1. Ambil satu set alat suntikan yang memiliki diameter sama.
2. Ukur diameter masing-masing alat suntikan, kemudian pasang pada statif.
3. Letakkan sebuah beban pada salah satu alat suntikan.
4. Tekan ujung alat suntikan yang lain. Apa yang Anda rasakan?



### Percobaan 2

1. Ambil satu set alat suntikan yang memiliki diameter yang berbeda.
2. Ukur diameter masing-masing alat suntikan, kemudian pasang pada statif.
3. Letakkan sebuah beban pada ujung suntikan yang memiliki diameter lebih besar.
4. Tekan ujung alat suntikan yang lain. Apa yang Anda rasakan?

### Kegiatan 3

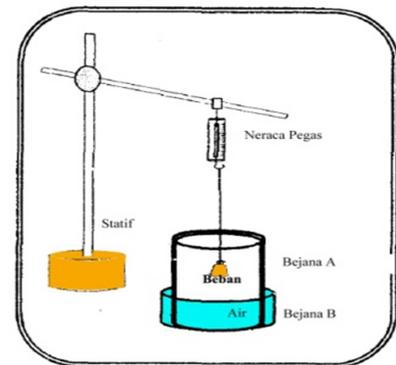
Kegiatan ini bertujuan untuk memahami hukum Archimedes melalui percobaan sederhana

Alat dan bahan:

- Neraca pegas
- Beban gantung
- Gelas ukur
- Statif
- Air

Langkah kerja:

1. Timbang berat benda di udara.
2. Masukkan air ke dalam gelas ukur kemudian ukur volumenya.
3. Celupkan benda ke dalam air kemudian timbang berat benda ketika tercelup dalam air.
4. Ukur volume air sekarang.
5. Amati fenomena dan perubahan yang terjadi.
6. Ulangi langkah di atas untuk memperoleh beberapa data. Catat dalam tabel.



No.	Berat benda di udara(W) (newton)	Volume benda tercelup (ml)	Berat benda ketika tercelup (W') (newton)	Gaya apung ( $F_A = W - W'$ ) (newton)
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

7. Apa yang dapat Anda simpulkan?

Setelah Anda mengikuti Kegiatan Percobaan tersebut, tentu Anda menjadi lebih memahami dan memperoleh dasar mengenai tekanan yang ada dalam zat cair, bagaimana zat cair atau fluida menekan ke segala arah, bagaimana suatu benda dapat mengapung, melayang, tenggelam. Agar lebih memantapkan pemahaman Anda mengenai konsep fluida statik, marilah kita lanjutkan pembahasan kita secara lebih mendalam.

### B. Massa Jenis

Pernahkah Anda memperhatikan mengapa ketika kita mencampurkan minyak dan air, minyak selalu berada di atas permukaan air? Mengapa ketika kita melemparkan batu ke sebuah kolam, seketika batu itu tenggelam, sedangkan ketika kita melemparkan gabus, gabus itu akan

mengapung? Semua ini terkait dengan massa jenis yang dimiliki oleh setiap benda. Semakin besar massa jenis sebuah benda, semakin besar peluang benda itu untuk mudah tenggelam. Mengapa minyak selalu berada di atas permukaan air karena minyak memiliki massa jenis yang lebih kecil daripada air. Batu memiliki massa jenis lebih besar dibandingkan dengan gabus sehingga ketika keduanya dilemparkan ke sebuah kolam, maka batu akan segera tenggelam sedangkan gabus akan terapung. Manakah yang memiliki massa jenis lebih besar: air atau es? Ketika memasukkan sejumlah es batu kedalam wadah air, maka es tersebut akan terapung dan tidak akan pernah tenggelam. Hal ini dikarenakan air memiliki massa jenis lebih besar dibandingkan dengan es.

Massa jenis suatu zat didefinisikan sebagai perbandingan antara massa zat itu terhadap volumenya. Massa jenis zat sering juga disebut *kerapatan*; merupakan salah satu sifat penting dari zat itu. Secara matematis, massa jenis zat dituliskan sebagai berikut.

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

dimana:  $\rho$  = massa jenis zat (kg/m<sup>3</sup>)  
 $m$  = massa zat (kg)  
 $V$  = volume zat (m<sup>3</sup>)

Di dalam fluida atau zat cair, sebuah benda yang memiliki massa jenis lebih besar dari air maka benda itu akan tenggelam, sebaliknya bila sebuah benda memiliki massa jenis lebih kecil dari air maka benda itu akan terapung. Pada kondisi tertentu, ketika massa jenis benda sama atau hampir sama dengan massa jenis air, maka benda itu akan melayang di dalam air. Barangkali Anda akan merasa bingung dengan konsep yang satu ini, namun pada pembahasan mengenai konsep berikutnya Anda akan memahami penerapan konsep massa jenis ini pada persoalan yang lain.

### C. Tekanan dan Tekanan Hidrostatik

Tekanan merupakan konsep yang tidak asing dalam kajian mekanika. Tekanan memang erat kaitannya dengan konsep gaya. Pada tinjauan mengenai zat padat, tekanan itu sendiri didefinisikan sebagai gaya yang bekerja pada suatu permukaan tiap satuan luas permukaan. Dengan kata lain, tekanan merupakan perbandingan antara gaya tekan (yang arahnya tegak lurus bidang tekan) dan luas bidang tekannya. Secara matematis tekanan dituliskan sebagai berikut.

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

dimana:  $P$  = tekanan pada suatu permukaan (N/m<sup>2</sup> atau pascal, Pa)  
 $F$  = gaya tekan (newton, N)  
 $A$  = luas bidang tekan (m<sup>2</sup>)

**Contoh Soal 1:**

Sebuah benda yang luas bidangnya  $2 \text{ m}^2$  mengalami tekanan sebesar  $100 \text{ N/m}^2$ . Berapakah gaya yang bekerja pada bidang tersebut?

**Penyelesaian:**

Diketahui:  $A = 2 \text{ m}^2$

$P = 100 \text{ N/m}^2$

Ditanya:  $F = ?$

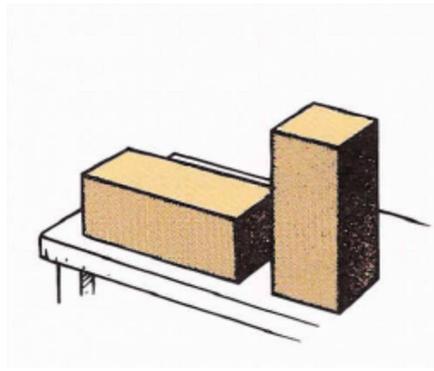
**Jawab:**

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

$$F = P \cdot A = (100 \text{ N/m}^2)(2 \text{ m}^2) = 200 \text{ N}$$

Jadi, gaya yang bekerja pada bidang tersebut adalah 200 newton.

Berdasarkan persamaan di atas, jelas bahwa tekanan yang ditimbulkan pada suatu permukaan hanya dipengaruhi oleh berapa besar gaya tekannya dan seberapa luas permukaan yang mengenai bidang tekan itu. Artinya, semakin besar gaya tekannya maka semakin besar pula tekanan yang ditimbulkannya. Sebaliknya, semakin besar luas permukaan yang mengenai bidang tekan, semakin kecil tekanannya. Perhatikan Gambar 9.5.



Gambar 9.5. Perbandingan tekanan oleh benda yang luas permukaan bidang tekannya berbeda

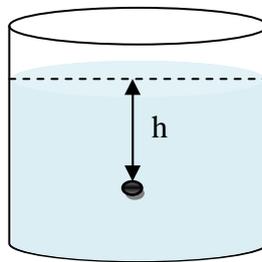
Sumber: Conceptual Physics

Kedua balok di atas memiliki ukuran dan berat yang sama. Akan tetapi balok yang diletakkan secara tegak (berdiri) memiliki luas permukaan kontak dengan meja yang lebih kecil dibandingkan balok yang diletakkan secara mendatar (berbaring). Oleh karena gaya beratnya sama maka gaya tekan yang ditimbulkan pada permukaan meja akan sama besarnya. Namun tekanan yang ditimbulkan pada meja tidak sama, dimana tekanan yang ditimbulkan oleh balok yang diletakkan secara tegak lebih besar dibandingkan tekanan yang ditimbulkan oleh balok yang diletakkan secara mendatar. Hal ini dikarenakan tekanan pada suatu permukaan berbanding terbalik

dengan luas permukaan bidang tekannya, dimana luas permukaan yang lebih kecil akan menimbulkan tekanan yang lebih besar.

Pada fluida diam, tekanan pada suatu titik dalam fluida disebabkan oleh gaya berat fluida yang berada di atas titik tersebut. Tekanan pada fluida dinamakan **tekanan hidrostatik**. Ketika Anda berenang, maka Anda akan merasakan adanya tekanan air pada gendang telinga Anda. Semakin dalam Anda menyelam, tekanan pada telinga akan semakin besar dan Anda akan merasakan sakit di telinga. Tekanan yang Anda rasakan itu berasal dari gaya berat air yang ada di atas Anda. Tekanan pada zat cair bertambah seiring dengan pertambahan kedalaman.

Tekanan pada fluida juga bergantung pada kerapatan atau massa jenis fluida atau zat cair itu sendiri. Jadi, ketika Anda menyelam pada zat cair yang kerapatannya lebih besar maka akan semakin besar tekanan hidrostatik yang Anda rasakan.



Gambar 9.6. Tekanan hidrostatik dalam fluida

Gambar 9.6 menunjukkan sebuah wadah atau bejana yang berisi zat cair. Tekanan hidrostatik di sebuah titik pada kedalaman  $h$  dinyatakan secara matematis dengan persamaan berikut.

$$P = \rho gh$$

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

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

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

Persamaan di atas berlaku bila kita tidak memperhitungkan adanya tekanan udara luar atau tekanan atmosfer yang pada keadaan tertentu dapat diabaikan. Namun demikian pada umumnya tekanan atmosfer juga mempengaruhi tekanan hidrostatik. Ingat bahwa tekanan hidrostatik pada suatu titik ditimbulkan oleh gaya berat fluida yang berada di atas titik itu, yang berarti juga dipengaruhi oleh tekanan atmosfer. Besar tekanan hidrostatik dengan memperhitungkan adanya tekanan atmosfer secara matematis dituliskan sebagai berikut.

$$P = P_0 + \rho gh$$

dimana:  $P_0$  = tekanan atmosfer atau tekanan udara luar

Pada permukaan air laut, tekanan atmosfer normal sebesar 1 atm (=  $1,01 \times 10^5$  Pa).

**Contoh Soal 2:**

Berapakah tekanan hidrostatik air ( $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ) di dasar kolam yang dalamnya 3 meter?  
(Gunakan  $g = 10 \text{ m/s}^2$  dan abaikan tekanan atmosfer)

Penyelesaian:

Diketahui:  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$   
 $h = 3 \text{ m}$

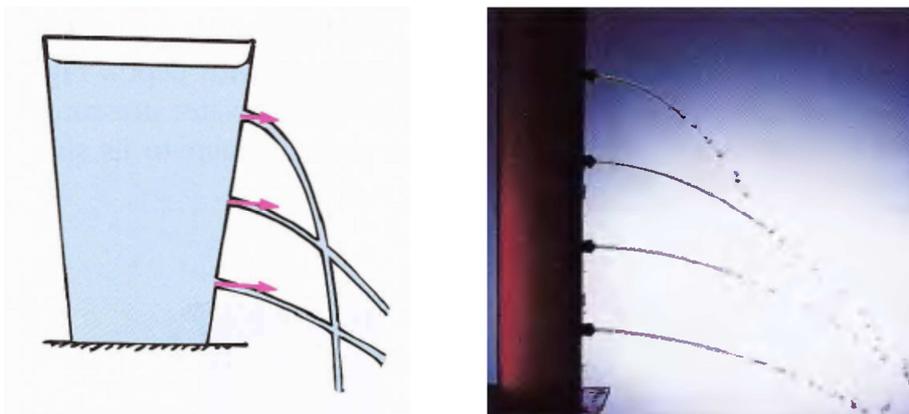
Ditanya:  $P = ?$

**Jawab:**

$$P = \rho gh = (1000 \text{ kg/m}^3)(10 \text{ m/s}^2)(3 \text{ m}) = 30000 \text{ N/m}^2$$

Jadi, tekanan hidrostatiknya adalah  $30.000 \text{ N/m}^2$ .

Untuk zat cair tertentu umumnya memiliki kerapatan tertentu, sehingga tekanan hidrostatik hanya dipengaruhi oleh kedalamannya. Tekanan hidrostatik semakin bertambah seiring pertambahan kedalamannya, sehingga desain sebuah dinding bendungan sengaja dibuat semakin ke dasar semakin tebal. Hal ini untuk mengatasi besarnya tekanan hidrostatik di dasar bendungan. Untuk menunjukkan keadaan tekanan hidrostatik pada zat cair dapat digunakan tabung atau gelas plastik yang dibuat beberapa lubang dengan ketinggian berbeda (Gambar 9.7). Berdasarkan gambar tersebut terlihat bahwa semakin ke dasar (ke dalam) posisi zat cair, maka semakin besar tekanan hidrostatik pada posisi tersebut. Hal ini terlihat dari pancaran air melalui lubang yang paling bawah menempuh lintasan yang paling jauh.



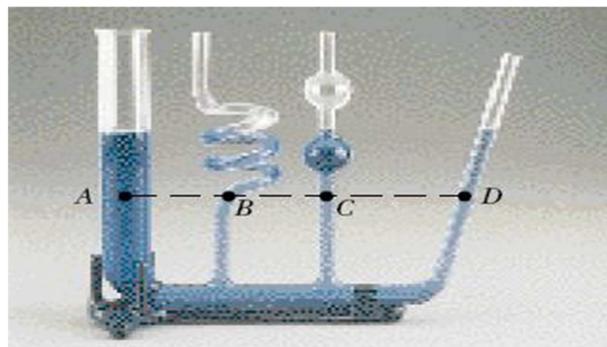
Gambar 9.7. Tekanan zat cair

Sumber: Conceptual Physic; Physics for Science and Engineers with Modern Physics

Tekanan hidrostatik zat cair pada kedalaman yang sama nilainya selalu sama, bagaimanapun bentuk wadahnya. Artinya tekanan hidrostatik dipengaruhi oleh kedalamannya saja, tidak

bergantung pada bentuk wadahnya. Pada Gambar 9.8 ditunjukkan zat cair dalam sebuah bejana berhubungan. Tekanan pada permukaan zat cair pada masing-masing kolom bejana berhubungan merupakan tekanan atmosfer sehingga nilainya akan selalu sama. Oleh karena itu tekanan hidrostatik di titik-titik A, B, C, dan D memiliki nilai yang sama karena hanya dipengaruhi oleh kedalaman yang sama, tidak bergantung pada volume atau bentuk setiap kolom bejana berhubungan.

Pada tinjauan mengenai gas (udara), hampir sama dengan zat cair, dimana semakin besar ketinggian lapisan udara (semakin tinggi posisinya), tekanan hidrostatiknya semakin rendah. Tekanan udara di daerah pegunungan cenderung lebih rendah dibandingkan tekanan udara di daerah pantai.



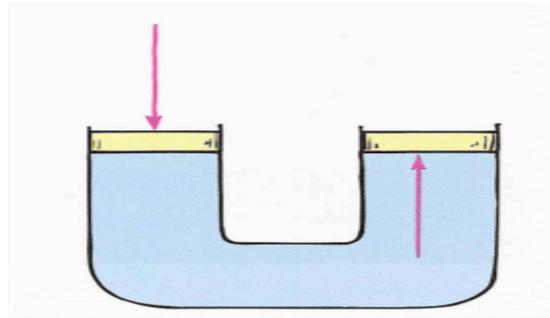
Gambar 9.8. Tekanan hidrostatik dalam bejana berhubungan pada kedalaman yang sama

Sumber: Physics for Scientists and Engineer

#### D. Hukum Pascal

Pada bagian sebelumnya telah kita bicarakan mengenai tekanan hidrostatik, dimana tekanan yang berpengaruh langsung pada tekanan hidrostatik adalah tekanan atmosfer (tekanan udara luar). Bagaimana apabila ada tekanan lain yang diberikan pada permukaan zat cair yang berada pada ruang tertutup?

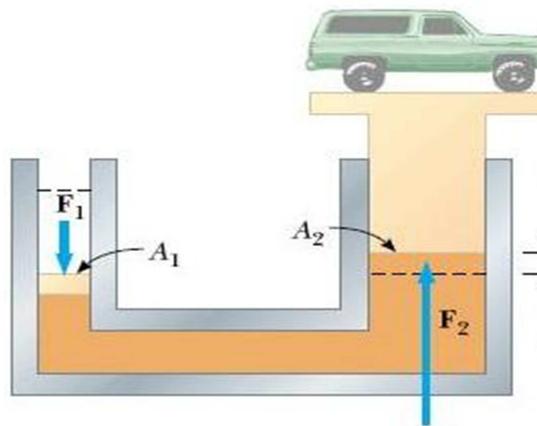
Apabila pada permukaan zat cair diberikan tekanan (sehingga terjadi perubahan tekanan), maka tekanan ini akan diteruskan ke setiap titik dalam zat cair itu. Hal ini pertama kali diungkapkan oleh seorang ilmuwan Perancis, Blaise Pascal (1623 – 1662) dan dinamakan **hukum Pascal**, yang berbunyi “perubahan tekanan yang diberikan pada fluida akan ditransmisikan seluruhnya terhadap setiap titik dalam fluida dan terhadap dinding wadah”. Artinya, tekanan yang diberikan pada fluida dalam suatu ruang tertutup akan diteruskan oleh fluida tersebut ke segala arah dan sama besar. Pada Gambar 9.9 terlihat bahwa tekanan yang diberikan pada piston bejana sebelah kiri akan menyebabkan tekanan diteruskan oleh zat cair ke segala arah, termasuk ke dinding bejana dan piston sebelah kanan. Oleh karena dinding bejana cenderung kaku, maka akibatnya piston sebelah kanan mendapatkan tambahan tekanan yang ditimbulkan oleh piston sebelah kiri. Tekanan pada penampang piston sebelah kiri nilainya sama dengan tekanan pada penampang piston sebelah kanan



Gambar 9.9. Tekanan pada penampang bejana

Sumber: Conceptual physics

Contoh peralatan yang memanfaatkan hukum Pascal diantaranya pengangkat hidrolik atau dongkrak hidrolik. Penggunaan pengangkat hidrolik bertujuan untuk memperoleh gaya yang besar dengan memberikan sedikit gaya dan umumnya digunakan untuk mengangkat benda-benda yang berat (misalnya mobil). Prinsip kerja sebuah pengangkat hidrolik ditunjukkan pada Gambar 9.10.



Gambar 9.10. Pengangkat hidrolik

Sumber: Physics for Scientist and Engineers

Jika pada penampang (penghisap) 1 yang mempunyai luas  $A_1$  diberikan gaya  $F_1$ , maka tekanan dari gaya ini akan diteruskan oleh zat cair dalam tabung pengangkat hidrolik ke penghisap 2 yang memiliki luas permukaan  $A_2$  sehingga mengalami gaya  $F_2$ . Menurut hukum Pascal, tekanan yang diberikan pada penampang  $A_1$  akan sama besarnya dengan tekanan yang dialami oleh penampang  $A_2$ . Secara matematis dituliskan sebagai berikut.

$$P_1 = P_2$$

Kita ketahui berdasarkan definisi dimana tekanan merupakan perbandingan antara gaya tekan terhadap luas bidang tekannya ( $P = \frac{F}{A}$ ), sehingga persamaan di atas dapat dituliskan sebagai berikut.

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

atau

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

dimana:  $F_1$  = gaya yang diberikan pada penampang  $A_1$

$F_2$  = gaya yang dihasilkan pada penampang  $A_2$

Berdasarkan Gambar 9.10 terlihat bahwa  $A_2 > A_1$  sehingga gaya  $F_1$  yang diberikan pada penampang 1 akan menghasilkan gaya  $F_2$  yang besarnya adalah  $\frac{A_2}{A_1}$  kali dari  $F_1$ , sehingga berdasarkan prinsip inilah pengangkat hidrolik bekerja, yaitu dengan memberikan gaya  $F_1$  yang relatif kecil akan menghasilkan gaya  $F_2$  yang besar sehingga mampu mengangkat beban yang berat.

### **Contoh Soal 3:**

Sebuah pompa hidrolik mempunyai penampang berbentuk silinder. Diameter silinder kecilnya adalah 8 cm sedangkan diameter silinder besarnya adalah 320 cm. Jika pada penghisap kecil diberikan gaya 500 N, hitung gaya pada penghisap besar?

Penyelesaian:

Diketahui:  $D_1 = 0,08$  m

$D_2 = 0,32$  m

$F_1 = 500$  N

Ditanya:  $F_2 = ?$

**Jawab:**

$$\begin{aligned} F_2 &= \frac{A_2}{A_1} \times F_1 \\ &= \frac{\frac{\pi(D_2)^2}{4}}{\frac{\pi(D_1)^2}{4}} \times F_1 \\ &= \frac{(D_2)^2}{(D_1)^2} \times F_1 = \frac{(0,32)^2}{(0,08)^2} \times 500 \text{ N} = 8000 \text{ N} \end{aligned}$$

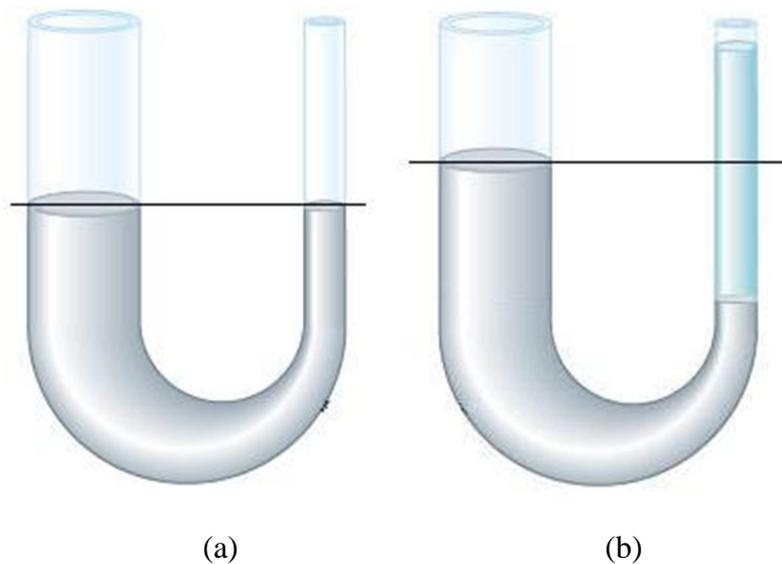
Jadi, gaya yang dihasilkan pada penghisap besar adalah 8.000 N.

### **E. Hukum Pokok Hidrostatik**

Salah satu sifat pokok zat cair adalah permukaannya selalu mendatar di manapun zat cair itu berada. Hal ini tentu terjadi ketika zat cair itu tidak mengalami gangguan. Dalam hal ini permukaan

zat cair dapat dikatakan terletak pada satu bidang datar. Karena tekanan hidrostatik zat cair hanya dipengaruhi oleh massa jenis zat cair, percepatan gravitasi, dan kedalaman zat cair, maka “semua titik yang terletak pada satu bidang datar di dalam satu jenis zat cair mempunyai tekanan hidrostatik yang sama”. Pernyataan ini dikenal dengan hukum pokok hidrostatik.

Prinsip hukum pokok hidrostatik ini dapat dipahami dengan mudah ketika kita dihadapkan pada kasus bejana berhubungan. Jika dua buah bejana berhubungan (misalnya tabung U) diisi dengan zat cair yang serba sama, maka tinggi permukaan zat cair pada kedua kolom tabung adalah sama, tetapi jika ada dua zat cair berbeda yang dimasukkan dalam bejana atau tabung tersebut, maka tinggi permukaan zat cair pada kedua kolom tabung akan berbeda. Perhatikan Gambar 9.11.



Gambar 9.11. Perbedaan massa jenis zat terhadap ketinggian permukaan zat cair

Sumber: Physics for Scientist and Engineers

Berdasarkan hukum pokok hidrostatik, pada tabung Gambar 9.11 (a) dan (b), tekanan hidrostatik pada ketinggian yang sama adalah sama (ditunjukkan oleh garis). Pada tabung Gambar 9.11 (a) yang terdiri dari satu jenis zat, tinggi permukaan pada masing-masing kolom tabung sama. Akan tetapi ketika dalam tabung tersebut diisi oleh zat lain, seperti pada tabung Gambar 9.11 (b) ketinggian permukaan masing-masing zat menjadi berbeda, sehingga tekanan pada masing-masing permukaan zat menjadi berbeda, tetapi tekanan pada ketinggian yang sama (yang terletak pada garis) adalah sama. Secara matematis dituliskan sebagai berikut.

$$P_1 = P_2$$

atau

$$\rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2$$

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

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

$h$  = tinggi permukaan zat cair (m)

**Contoh Soal 4:**

Sebuah pipa U seperti pada Gambar 9.11 (b) berisi air dan minyak. Jika tinggi kolom minyak adalah 15 cm, selisih tinggi kolom minyak dengan air pada kedua kolom adalah 3 cm, dan massa jenis air adalah  $1000 \text{ kg/m}^3$ , maka berapakah massa jenis minyak?

Penyelesaian:

Diketahui:  $\rho_a = 1000 \text{ kg/m}^3$

$h_m = 15 \text{ cm}$

$h_a = h_m - 3 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$

Ditanya:  $\rho_m = ?$

**Jawab:**

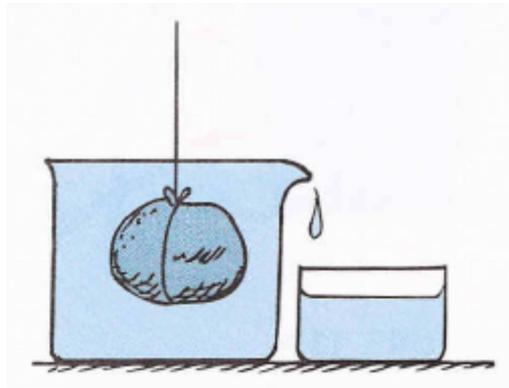
$$\rho_m h_m = \rho_a h_a$$
$$\rho_m = \frac{h_a}{h_m} \cdot \rho_a = \frac{12 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 = 800 \text{ kg/m}^3$$

Jadi, massa jenis minyak tersebut adalah  $800 \text{ kg/m}^3$ .

**F. Hukum Archimedes**

Pernahkah Anda memikirkan mengapa kapal-kapal pesiar yang terbuat dari logam berat dapat terapung di perairan? Pertanyaan ini merupakan salah satu pertanyaan yang dapat Anda jawab setelah mempelajari hukum Archimedes.

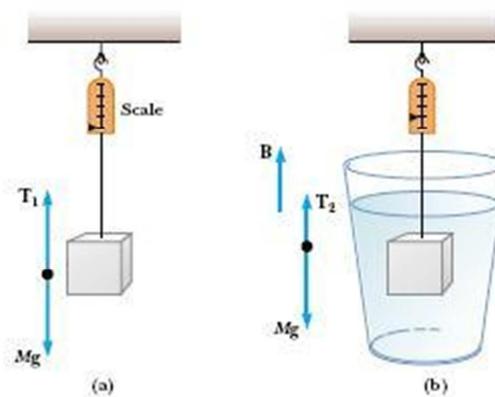
Seorang ilmuwan Yunani yang bernama Archimedes (287 – 212 SM) menemukan bahwa benda-benda yang tercelup dalam air seolah-olah kehilangan beratnya. Hal ini karena air memberikan gaya ke atas yang menopang benda secara keseluruhan. Akan tetapi kejadian tersebut tidak hanya terjadi pada zat cair saja, melainkan pada seluruh fluida. Berkaitan dengan gaya ke atas yang dialami benda dalam fluida ini, Archimedes mengemukakan sebuah prinsip yang dikenal dengan **hukum Archimedes**, yaitu “apabila suatu benda dicelupkan sebagian atau seluruhnya ke dalam fluida, maka benda tersebut mendapatkan gaya ke atas yang besarnya sama dengan berat fluida yang dipindahkan atau di desak oleh benda tersebut. Perhatikan ilustrasi pada Gambar 9.12.



Gambar 9.12. Volume fluida yang dipindahkan oleh benda

Sumber: Conceptual physics

Sekarang marilah kita tinjau secara lebih mendalam. Misalkan kita memiliki sebuah balok kayu yang digantungkan pada seutas tali (Gambar 9.13). Pada saat balok kayu tersebut tergantung di udara (Gambar 9.13(a)) terlihat bahwa balok kayu tersebut memiliki berat tertentu yang terukur pada sebuah neraca. Ketika balok kayu tersebut dicelupkan pada suatu zat cair (Gambar 9.13(b)) terlihat bahwa berat balok kayu yang terukur menjadi berkurang. Hal ini disebabkan zat cair memberikan gaya ke atas yang sebagian mengimbangi gaya berat benda. Hal inilah yang dinamakan gaya apung (*buoyancy*) atau lebih dikenal dengan nama gaya Archimedes.



Gambar 9.13. Perbedaan gaya berat benda yang tercelup dan tidak tercelup

Sumber: Physics for Scientists and Engineers

Untuk kasus benda yang tercelup dalam zat cair, maka berat benda yang hilang sama dengan gaya ke atas yang dialami oleh benda dan nilainya sama dengan selisih berat benda di udara dengan berat benda dalam zat cair. Secara matematis besarnya gaya ke atas (gaya apung) yang dialami benda ketika tercelup dalam zat cair dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$F_A = \rho gV$$

dimana:  $F_A$  = gaya ke atas (N)

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

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

$V =$  volume benda yang tercelup dalam zat cair ( $m^3$ )

sehingga untuk kasus pada Gambar 9.13(b), besarnya gaya angkat ( $T_2$ ) yang diperlukan untuk mengangkat benda yang tercelup dalam air dapat dituliskan sebagai berikut.

$$Mg = T_2 + B$$

karena:  $Mg$  merupakan gaya berat benda =  $W$

$B$  merupakan gaya ke atas (gaya apung) =  $F_A$  ; dan

$T_2$  merupakan gaya angkat.

maka persamaan tersebut dapat ditulis ulang menjadi:

$$W = \text{gaya angkat} + F_A$$

**Contoh Soal 5:**

Sebongkah batu 50 kg mempunyai volume  $0,03 \text{ m}^3$  berada di dasar kolam yang berisi air dengan massa jenis  $1000 \text{ kg/m}^3$ . Hitung gaya yang diperlukan untuk mengangkat batu tersebut?

(Gunakan  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ).

Penyelesaian:

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

$V = 0,03 \text{ m}^3$

$\rho_{\text{air}} = 1000 \text{ kg/m}^3$

Ditanya: gaya angkat = ?

**Jawab:**

$$\begin{aligned} \text{gaya angkat} &= W - F_A \\ &= mg - \rho gV \\ &= (50 \text{ kg})(10 \text{ m/s}^2) - (1000 \text{ kg/m}^3)(10 \text{ m/s}^2)(0,03 \text{ m}^3) \\ &= 500 \text{ N} - 300 \text{ N} \\ &= 200 \text{ N} \end{aligned}$$

Jadi, gaya angkat yang diperlukan adalah 200 N.

## Mengapung, Melayang, dan Akan Tenggelam

Keadaan benda mengapung, melayang, dan akan tenggelam suatu benda dalam zat cair bergantung pada massa jenis benda itu.

- Benda-benda yang mempunyai massa jenis lebih besar dari massa jenis zat cair akan tenggelam dalam zat cair, karena benda yang tenggelam mempunyai gaya berat yang lebih besar daripada gaya ke atasnya ( $W > F_A$ ) dan seluruh volume benda tercelup ke dalam zat cair.
- Benda-benda yang mempunyai massa jenis yang relatif sama dengan massa jenis zat cair akan melayang dalam zat cair, dan benda yang melayang dalam zat cair mempunyai berat yang sama dengan gaya ke atasnya ( $W = F_A$ ) dan seluruh volume benda tercelup ke dalam zat cair.
- Benda-benda yang mempunyai massa jenis yang lebih kecil dari massa jenis zat cair akan mengapung dalam zat cair, dan benda yang mengapung dalam zat cair mempunyai gaya berat yang sama dengan gaya ke atasnya, dan tidak seluruh volume benda tercelup dalam zat cair.

Hukum Archimedes ini banyak diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari, misalnya dalam pembuatan kapal-kapal. Berikut dipaparkan beberapa contoh pemanfaatan hukum Archimedes.

### 1. Hidrometer

Hidrometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur massa jenis berbagai zat cair. Nilai massa jenis zat cair dapat diketahui dengan membaca skala yang terdapat pada tabung hidrometer. Ketika digunakan untuk mengukur massa jenis zat cair, hidrometer dicelupkan ke dalam zat cair dan nilai massa jenis zat cair tersebut dapat ditentukan berdasarkan nilai skala yang berhimpit dengan permukaan zat cair. Biasanya hidrometer ini digunakan untuk mengukur massa jenis cairan asam pengisi akumulator untuk mengetahui kepekatan asam dan menentukan pemuatan ulang akumulator, massa jenis susu untuk mengetahui kandungan lemak di dalamnya, dan massa jenis minuman anggur untuk mengetahui kandungan alkohol di dalamnya.

### 2. Kapal Laut dan Kapal Selam

Pada dasarnya kapal laut yang terbuat dari bahan-bahan berat dapat mengapung di laut atau perairan karena kapal didesain sedemikian rupa sehingga mempunyai rongga. Dengan demikian, volume air yang dipindahkan oleh kapal sangat banyak dan hal ini menyebabkan gaya ke atas yang dialami oleh kapal sangat besar sehingga kapal tidak tenggelam.

Sedangkan untuk kapal selam dilengkapi dengan tangki khusus yang dapat diisi oleh udara dan air. Ketika tangki ini diisi penuh dengan air, maka berat keseluruhan kapal ini tidak dapat

diimbangi oleh gaya ke atas yang dialami oleh kapal selam, sehingga kapal selam tenggelam. Tetapi ketika sebagian air dalam tangki dikeluarkan, maka kapal selam akan mengalami gaya ke atas yang lebih besar, sehingga kapal selam dapat melayang dalam air dan ketika tangki dikosongkan, maka gaya ke atas yang dialami kapal selam semakin besar, sehingga kapal selam dapat mengapung.

### 3. Galangan Kapal

Galangan kapal merupakan alat yang didesain untuk mengangkat kapal-kapal laut ke daratan. Galangan kapal akan tenggelam di laut karena air laut memasuki galangan kapal. Ketika kapal akan diangkat dengan galangan tersebut, maka kapal laut ditempatkan pada penopang dalam galangan kapal dan air laut dikeluarkan secara perlahan, sehingga galangan kapal akan terangkat ke atas dan kapal pada penopang galangan tersebut segera terangkat ke atas.

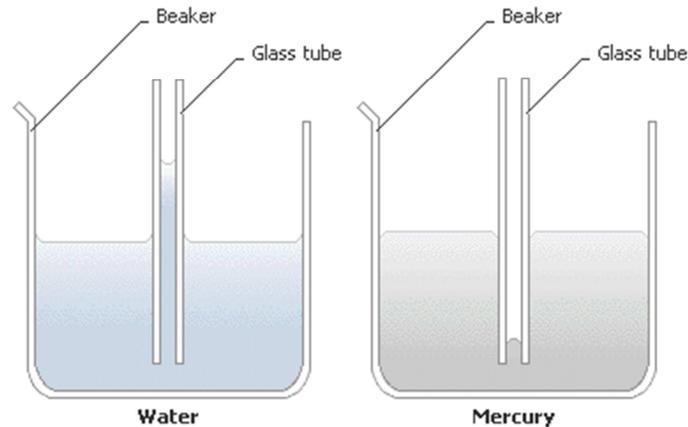
### G. Kapilaritas

Barangkali Anda pernah berpikir bagaimana cairan minyak dapat naik melalui sumbu-sumbu kompor? Atau mungkin air dari tanah dapat naik ke batang, daun, dan buah pada suatu pohon? Pada dasarnya peristiwa tersebut terjadi karena adanya gejala kapilaritas. Apa yang dimaksud dengan kapilaritas?

Kapilaritas merupakan naik atau turunnya permukaan zat cair dalam pipa atau celah sempit yang dinamakan pipa kapiler. Pada kasus minyak tanah pada sumbu kompor, terjadi peristiwa kapilaritas dimana sumbu kompor berfungsi sebagai pipa kapiler, sedangkan pada kasus penyerapan air oleh tumbuhan atau pohon, pembuluh kayu atau pembuluh *xylem* pada tumbuhan berfungsi sebagai pipa kapiler yang menyebabkan air dari tanah meresap ke bagian-bagian pohon.

Pada kasus kapilaritas ini tinjau dua jenis cairan, yaitu air (*water*) dan raksa (*mercury*). Ketika dalam bak berisi air ditempatkan pipa kapiler yang terbuat dari kaca, maka permukaan air dalam pipa kaca lebih tinggi dari permukaan air dalam bak. Hal ini karena adhesi (gaya tarik-menarik antara partikel air dengan partikel kaca) lebih besar dari kohesi (gaya tarik-menarik antar partikel-partikel air). Kenaikan air pada pipa kapiler tersebut akan berhenti ketika berat air yang naik seimbang dengan gaya adhesinya dan permukaan air pada tabung kaca akan cekung ke bawah.

Sedangkan ketika bak berisi raksa ditempatkan pipa kapiler yang terbuat dari kaca, maka permukaan raksa dalam pipa kaca lebih rendah dari permukaan raksa dalam bak. Hal ini karena adhesi (gaya tarik-menarik antara partikel raksa dengan partikel kaca) lebih kecil dari kohesi (gaya tarik-menarik antar partikel-partikel raksa). Penurunan permukaan raksa pada pipa kapiler tersebut akan berhenti ketika berat raksa yang turun seimbang dengan gaya adhesinya dan permukaan raksa pada tabung kaca akan cembung ke atas Perhatikan Gambar 9.14.



Encarta Encyclopedia, © Microsoft Corporation. All Rights Reserved.

Gambar 9.14. Gejala kapilaritas pada air dan raksa

Sumber: Microsoft Encarta Premium 2009

Dari gambar di atas kita dapat melihat bahwa permukaan air dalam tabung kaca cekung ke bawah dan air membasahi dinding tabung, sedangkan permukaan raksa dalam tabung kaca cembung dan raksa tidak membasahi dinding tabung. Hal ini karena pada kasus air, adhesi partikel air dengan partikel kaca lebih besar daripada kohesi antar partikel air, sehingga partikel-partikel air lebih kuat tertarik ke dinding kaca, sedangkan pada raksa terjadi hal yang sebaliknya sehingga partikel-partikel raksa di permukaan dekat tabung lebih kuat tertarik ke bagian raksa daripada ke bagian tabung kaca.

## LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

1. Tentukan tekanan hidrostatis air ( $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ) pada kedalaman 5 meter!
2. Sebuah dongkrak hidrolik akan digunakan untuk mengangkat sebuah mobil seberat 11000 newton. Bila diameter penghisap besarnya adalah 15 cm dan diameter penghisap kecilnya adalah 2 cm, berapakah gaya minimal yang diperlukan untuk mengangkat mobil tersebut?
3. Berapakah volume sebuah batu yang massanya 20 kg bila diperlukan gaya 250 N untuk mengangkatnya dari dasar kolam yang berisi air. Massa jenis air adalah  $1000 \text{ kg/m}^3$

## RANGKUMAN

Tekanan didefinisikan sebagai gaya yang bekerja pada suatu permukaan tiap satuan luas permukaan. Tekanan juga didefinisikan sebagai perbandingan gaya tekan (yang arahnya tegak lurus bidang tekan) dan luas bidang tekannya. Pada fluida, tekanan disebabkan oleh berat fluida itu



4. Manfaat penerapan hukum Pascal adalah ...
- dengan gaya besar diperoleh tekanan yang besar
  - dengan gaya kecil diperoleh gaya yang besar
  - dengan gaya kecil diperoleh tekanan yang besar
  - dengan gaya kecil diperoleh gaya yang kecil.
5. Berikut ini merupakan alat-alat yang memanfaatkan prinsip hukum Pascal, kecuali ...
- dongkrak
  - mesin pengepres
  - rem piringan
  - galangan kapal
6. Suatu pompa hidrolik mempunyai luas penampang kecil  $25 \text{ cm}^2$  dan luas penampang besarnya  $7500 \text{ cm}^2$ . Jika pada penampang besar dihasilkan gaya sebesar  $90.000 \text{ newton}$ , maka besarnya gaya yang harus diberikan pada penampang kecil adalah ...
- $300 \text{ N}$
  - $100 \text{ N}$
  - $30 \text{ N}$
  - $10 \text{ N}$
7. Di dalam sebuah bejana berhubungan salah satu kolomnya berisi air dengan massa jenis  $1 \text{ g/cm}^3$  dan kolom lainnya berisi minyak dengan massa jenis  $0,8 \text{ g/cm}^3$ . Diukur dari bidang batas air-minyak, tinggi minyak adalah  $25 \text{ cm}$ , maka perbedaan tinggi minyak dengan air adalah ...
- $4 \text{ cm}$
  - $5 \text{ cm}$
  - $6 \text{ cm}$
  - $7 \text{ cm}$
8. Sesuai dengan hukum Archimedes, maka benda yang melayang dalam zat cair mempunyai ...
- berat yang sama dengan gaya ke atas
  - massa yang sama dengan gaya ke atas
  - berat yang lebih besar dari gaya ke atas
  - massa jenis yang lebih besar dari massa jenis zat cair
9. Sebuah balok kayu massa jenisnya  $0,6 \text{ g/cm}^3$  dicelupkan ke dalam air yang mempunyai massa jenis  $1 \text{ g/cm}^3$ . Tentukan volume balok kayu yang ada di atas permukaan air, jika volume benda  $10 \text{ cm}^3$ .
- $1 \text{ cm}^3$
  - $2 \text{ cm}^3$
  - $3 \text{ cm}^3$
  - $4 \text{ cm}^3$

10. Sebuah balok kayu dengan panjang 40 meter dan lebar 15 meter bagian bawahnya tenggelam sedalam 50 cm di dalam permukaan air laut yang massa jenisnya  $1030 \text{ kg/m}^3$ . Jika  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ , maka berat balok kayu seluruhnya adalah ...
- A. 3.028.200 N  
B. 1.514.100 N  
C. 151.410 N  
D. 30.282 N
11. Balon udara bekerja berdasarkan prinsip dari ...
- A. hukum Pascal  
B. hukum Archimedes  
C. hukum pokok hidrostatis  
D. hukum Boyle
12. Alat hidrometer merupakan sebuah alat yang bekerja berdasarkan hukum Archimedes. Berikut ini pernyataan yang benar tentang hidrometer adalah ...
- A. digunakan untuk mengukur massa jenis zat cair  
B. dibuat oleh Archimedes  
C. dibuat dengan menggunakan campuran gas  
D. digunakan untuk mengukur kandungan bensin dalam minyak mentah (*crude oil*)
13. Gaya tarik menarik antar partikel sejenis dan suatu zat dinamakan ...
- A. adhesi  
B. kohesi  
C. elektrostatis  
D. kapilaritas
14. Permukaan raksa dalam tabung kapiler lebih rendah dari permukaan raksa dalam bak. Hal ini disebabkan ...
- A. adhesi raksa dengan pipa lebih besar dari kohesi antar partikel raksa  
B. adhesi raksa dengan pipa sama dengan kohesi antar partikel raksa  
C. adhesi raksa dengan pipa lebih kecil dari kohesi antar partikel raksa  
D. partikel raksa di permukaan mengalami tekanan udara yang sangat besar dari bagian atas pipa
15. Berikut ini yang bukan merupakan gejala kapilaritas dalam kehidupan sehari-hari adalah ...
- A. naiknya air dari tanah ke bagian tubuh tumbuhan  
B. naiknya minyak pada sumbu kompor  
C. meresapnya air melalui permukaan dinding luar rumah ketika hujan  
D. naiknya air melalui pipa pada sumur pompa.

## BALIKAN DAN TINDAK LANJUT

Cocokkan hasil jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 1 yang terdapat di bagian akhir bahan belajar mandiri ini. Hitunglah jawaban Anda yang benar, kemudian gunakan rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

$$\text{Tingkat Penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100 \%$$

Arti Tingkat Penguasaan :

90% - 100% = Baik Sekali

80% - 89% = Baik

70% - 79% = Cukup

< 70% = Kurang

Apabila Anda mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda telah berhasil menyelesaikan bahan belajar mandiri Kegiatan Belajar 1 ini. **Bagus!** Akan tetapi apabila tingkat penguasaan Anda masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi Kegiatan Belajar 1, terutama bagian yang belum Anda kuasai.

## KEGIATAN BELAJAR 2

# FLUIDA DINAMIK

Pada Kegiatan Belajar sebelumnya kita telah mempelajari berbagai perilaku fluida statik atau fluida yang diam, meliputi tekanan hidrostatik, hukum Pascal, hukum Archimedes serta fenomena kapilaritas. Anda yang memiliki hobi berkebun mungkin tidak asing dengan kegiatan menyiram tanaman. Mungkin Anda pernah memperhatikan bagaimana perilaku pancaran air yang keluar dari selang. Bagaimana pula perbedaan kekuatan pancara air ketika lubang selang kita tutup setengahnya. Pada Kegiatan Belajar ini kita akan membahas beberapa perilaku fluida yang sedang bergerak, atau fluida dinamik. Fluida dinamik merupakan salah satu kajian mengenai fluida yang bergerak.

### A. Fluida ideal

Sebelumnya kita telah membicarakan fluida yang diam atau fluida statik. Kini kita akan melanjutkan pembahasan kita mengenai fluida, yaitu fluida yang bergerak atau fluida dinamik. Aliran fluida dinamik dapat kita bedakan menjadi dua jenis, yaitu aliran yang bersifat tunak atau laminar (*steady*) dan aliran turbulen (*turbulent*). Aliran tunak merupakan salah satu jenis aliran dimana masing-masing partikel fluida mengalir secara teratur dan tidak saling memotong, atau dengan kata lain laju masing-masing partikel dalam aliran tunak cenderung konstan. Berbeda halnya dengan aliran turbulen, dimana alirannya tidak teratur dengan laju partikel yang beragam. Meninjau aliran yang turbulen sangatlah sulit, sehingga dalam pembahasan ini hanya dibatasi pada aliran yang sifatnya tunak, atau yang akan kita sebut fluida ideal. Sedikitnya ada empat sifat-sifat yang dimiliki fluida ideal, diantaranya:

1. Fluida bersifat non viskos. Pada fluida yang sifatnya non viskos, gesekan internal antar partikel fluida diabaikan, sehingga kita menganggap tidak ada gaya gesekan pada aliran yang sifatnya non viskos.
2. Aliran fluida bersifat tunak. Pada fluida yang sifatnya tunak, kecepatan masing-masing partikel fluida pada setiap titik cenderung konstan.
3. Fluida bersifat inkompresibel. Fluida yang bersifat inkompresibel dianggap memiliki kerapatan yang cenderung konstan.
4. Aliran fluida bersifat irrotasional. Partikel fluida ideal dianggap tidak berotasi (tidak memiliki momentum sudut).

Aliran partikel fluida yang bersifat tunak biasanya dinamakan aliran *streamline*.

## B. Persamaan Kontinuitas

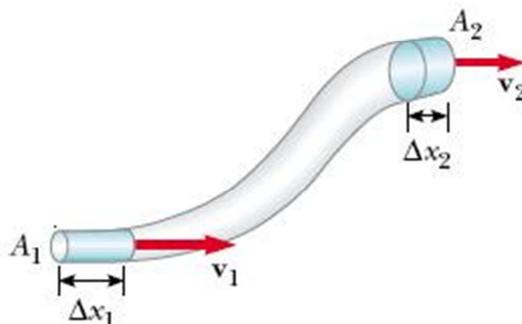
Suatu saat mungkin Anda pernah menyiram tanaman dengan air yang berasal dari keran dengan menggunakan selang. Pada saat Anda menutup sebagian mulut selang tersebut dengan jari, aliran air menjadi semakin deras (Gambar 9.15). Bagaimana hal ini bisa terjadi?



Gambar 9.15. Peningkatan kelajuan pancaran air pada selang

Sumber: Physics for Scientists and Engineers

Mari kita meninjau aliran fluida yang melalui sebuah penampang yang tidak seragam. Misalkan kita mempunyai sebuah selang air yang ukuran diameter pangkal dan ujungnya berbeda (sebagai analogi selang air yang ujungnya kita tutup dengan jari), seperti ditunjukkan pada Gambar 9.16.



Gambar 9.16. Aliran fluida pada pipa tak seragam

Sumber: Physics for Scientists and Engineers

Berdasarkan gambar di atas, sejumlah fluida mengalir melalui sebuah penampang seluas  $A_1$  dengan kelajuan  $v_1$ . Ketika melalui penampang seluas  $A_2$ , kelajuannya berubah menjadi  $v_2$ .

Persamaan yang menyatakan hubungan antara luas penampang dengan kelajuan fluida dinamakan persamaan kontinuitas, dan secara matematis dituliskan sebagai berikut.

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

dimana:  $A_1$  = luas penampang 1  
 $v_1$  = kelajuan fluida ketika melalui penampang 1  
 $A_2$  = luas penampang 2  
 $v_2$  = kelajuan fluida ketika melalui penampang 2

Persamaan di atas menunjukkan bahwa jika penampang pipa lebih besar, maka kelajuan fluida ketika melalui penampang tersebut lebih kecil, atau sebaliknya ketika penampang pipa lebih kecil, maka kelajuan fluida ketika melalui penampang tersebut menjadi lebih besar. Dari persamaan tersebut terlihat bahwa hasil kali laju alir ( $v$ ) dengan luas penampang ( $A$ ) selalu memiliki nilai yang tetap. Hasil kali laju alir dan luas penampang ini dinamakan debit aliran ( $Q$ ), dan secara matematis dituliskan sebagai berikut.

$$Q = Av$$

Sehingga persamaan kontinuitas dapat pula dituliskan:

$$Q_1 = Q_2$$

Satuan untuk debit adalah volume per satuan waktu atau  $m^3/s$ .

### **Contoh Soal 6:**

Berapakah kelajuan aliran fluida yang mula-mula kelajuannya 25 m/s bila luas penampang alirnya berkurang dari  $5 \text{ cm}^2$  menjadi  $1 \text{ cm}^2$ ?

Penyelesaian:

Diketahui:  $A_1 = 5 \text{ cm}^2$   
 $A_2 = 1 \text{ cm}^2$   
 $v_1 = 25 \text{ m/s}$

Ditanya:  $v_2 = ?$

**Jawab:**

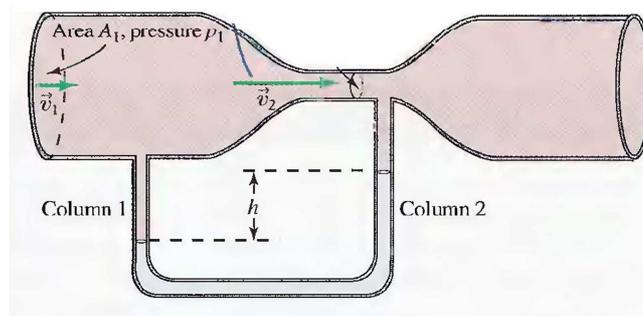
$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$v_2 = \frac{A_1}{A_2} \cdot v_1 = \frac{5 \text{ cm}^2}{1 \text{ cm}^2} \cdot 25 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 125 \text{ m/s}$$

Jadi, kecepatan alir fluida menjadi 125 m/s

### C. Persamaan Bernoulli

Misalkan kita memiliki sebuah pipa kaca yang memiliki penampang yang berbeda, yaitu penampang besar dan penampang kecil. Pada setiap penampang yang berbeda itu terdapat kolom-kolom vertikal yang terhubung pada bagian dasarnya dan berisi zat cair. Ketika tidak ada aliran fluida (misalnya udara) melalui pipa horisontal, maka ketinggian zat cair dalam kolom vertikal akan sama. Akan tetapi ketika terdapat aliran fluida melalui pipa horisontal, ternyata ketinggian zat cair dalam kolom vertikal menjadi tidak sama, dimana tinggi zat cair dalam kolom pada pipa yang luas penampangnya lebih kecil menjadi lebih tinggi (Gambar 9.17). Hal ini menunjukkan bahwa tekanan fluida dalam pipa yang luas penampangnya lebih kecil adalah lebih rendah dibandingkan tekanan fluida dalam pipa yang luas penampangnya lebih besar.

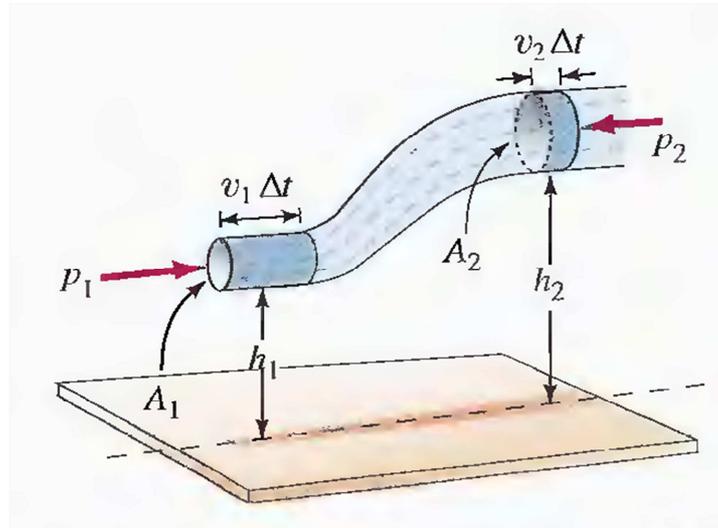


Gambar 9.17. Ketinggian zat cair pada masing-masing kolom ketika ada aliran fluida.

Sumber: Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics

Menurut asas kontinuitas, dikatakan bahwa pada saat aliran fluida melewati sebuah penampang yang luasnya lebih kecil akan memiliki kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan ketika melewati luas penampang yang lebih besar. Daniel Bernoulli (1700 – 1782), seorang fisikawan dari Swiss memberikan kesimpulan bahwa “pada fluida yang mengalir dengan kecepatan lebih tinggi akan diperoleh tekanan yang lebih kecil”. Asas Bernoulli membicarakan pengaruh kecepatan fluida terhadap tekanan di dalam fluida tersebut.

Selanjutnya kita tinjau aliran fluida ketika melewati suatu ketinggian yang berbeda serta luas penampang yang berbeda pada Gambar 9.18.



Gambar 9.18. Aliran fluida melalui suatu penampang dan ketinggian yang berbeda

Sumber: Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics

Menurut tinjauan secara mekanika, energi potensial yang dimiliki fluida ketika berada di ketinggian  $h_2$  lebih besar daripada berada di ketinggian  $h_1$ . Selanjutnya Bernoulli menyatakan bahwa tekanan fluida berkurang seiring dengan penambahan ketinggian, sehingga dari Gambar 9.18 dapat disimpulkan bahwa tekanan fluida pada ketinggian  $h_2$  lebih rendah dibandingkan tekanan fluida pada ketinggian  $h_1$ .

Dari tinjauan-tinjauan di atas, Bernoulli memberikan sebuah perumusan matematis yang menyatakan hubungan antara tekanan dalam fluida, kecepatan aliran fluida dan perbedaan ketinggian penampang adalah tetap. Perumusan matematis ini dinamakan **persamaan Bernoulli** dan dituliskan sebagai berikut.

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

- Dengan:
- P = tekanan fluida
  - v = kecepatan aliran fluida
  - h = selisih ketinggian penampang

Persamaan di atas dapat juga dituliskan sebagai berikut.

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2$$

**Contoh Soal 7:**

Sebuah bejana yang luas permukaannya cukup besar dan berisi air memiliki ketinggian permukaan air 60 cm dari dasar bejana. Bila terdapat lubang pada dasar bejana, berapakah kelajuan pancaran air pada lubang di dasar bejana?

**Penyelesaian:**

Diketahui:  $h_1 = 60 \text{ cm}$

$$P_1 = P_2$$

$$v_1 = 0$$

Ditanya:  $v_2 = ?$

**Jawab:**

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2$$

$$v_2 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \text{ ms}^{-2} \cdot 0,6 \text{ m}} = 12 \text{ m/s}$$

Jadi, kecepatan alir fluida adalah 12 m/s

Contoh penerapan persamaan Bernoulli dalam kehidupan sehari-hari adalah:

1. Gaya angkat pada sayap pesawat terbang.
2. Alat karburasi kendaraan bermotor.
3. Alat penyemprot nyamuk.
4. Tabung venturi.
5. Tabung pitot

**LATIHAN**

1. Berapakah luas penampang akhir sebuah pipa bila luas penampang mula-mula adalah  $10 \text{ cm}^2$  dan kelajuan aliran fluida bertambah dari 20 m/s menjadi 50 m/s?
2. Sebuah bak penampungan air yang cukup besar memiliki sebuah lubang di dindingnya. Bila air memancar dari lubang tersebut dengan kelajuan 15 m/s, berapakah posisi kedalaman lubang tersebut diukur dari permukaan air?

**RANGKUMAN**

Fluida dinamik merupakan salah satu kajian mengenai fluida yang bergerak. Dalam tinjauan fluida dinamik, fluida dianggap bersifat ideal. Ada empat sifat-sifat yang dimiliki fluida ideal, diantaranya: (1) fluida bersifat non viskos; (2) aliran fluida bersifat tunak; (3) fluida bersifat inkompresibel; dan (4) aliran fluida bersifat irrotasional.

Dalam fluida dinamik berlaku asas kontinuitas. Menurut asas kontinuitas, debit air yang mengalir melalui suatu penampang bergantung pada luas penampang dan kecepatan aliran fluida dan nilainya konstan. Artinya, ketika aliran fluida melalui sebuah penampang yang lebih besar, kecepatan alirannya menjadi lebih rendah, atau sebaliknya ketika aliran fluida melalui melalui suatu penampang yang lebih kecil, kecepatan alirannya menjadi lebih tinggi.

Persamaan Bernoulli menyatakan hubungan antara tekanan fluida, kecepatan aliran fluida, dan perbedaan ketinggian penampang adalah tetap. Bernoulli menyatakan bahwa pada fluida yang mengalir dengan kecepatan tinggi akan diperoleh tekanan yang lebih kecil. Selanjutnya Bernoulli juga mengungkapkan bahwa tekanan fluida berkurang seiring dengan penambahan ketinggian.

## TES FORMATIF 2

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Berikut ini yang tidak merupakan sifat-sifat dari fluida ideal adalah ...
  - A. Fluida bersifat non viskos
  - B. Alirannya bersifat turbulen
  - C. Fluida bersifat inkompresibel
  - D. Aliran fluida bersifat irrotasional.
2. Aliran fluida ketika melalui suatu penampang menurut asas kontinuitas akan berperilaku sebagai berikut:
  - A. Ketika melalui penampang yang lebih besar maka kelajuannya akan menjadi lebih besar
  - B. Ketika melalui penampang yang lebih besar maka kelajuannya akan tetap
  - C. Ketika melalui penampang yang lebih kecil maka kelajuannya akan menjadi lebih besar
  - D. Ketika melalui penampang yang lebih kecil maka kelajuannya akan menjadi lebih kecil
3. Aliran air pada saat melalui pipa dengan luas permukaan penampang  $2 \text{ cm}^2$  adalah  $30 \text{ m/s}$ . Berapakah kelajuan aliran air pada saat melalui pipa dengan luas penampang  $6 \text{ cm}^2$ ?

A. $10 \text{ m/s}$	C. $30 \text{ m/s}$
B. $20 \text{ m/s}$	D. $40 \text{ m/s}$

4. Menurut Bernoulli, tekanan fluida ketika mengalir melalui sebuah penampang yang luasnya lebih kecil daripada luas penampang sebelumnya adalah ...
- A. Lebih tinggi  
B. Lebih rendah  
C. Tetap  
D. Tidak beraturan
5. Salah satu contoh pemanfaatan persamaan Bernoulli adalah, kecuali ...
- A. Alat penyemprot nyamuk  
B. Karburator mobil  
C. Tabung venturi  
D. Tabung pipa U

### BALIKAN DAN TINDAK LANJUT

Cocokkan hasil jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 2 yang terdapat di bagian akhir bahan belajar mandiri ini. Hitunglah jawaban Anda yang benar, kemudian gunakan rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 2.

$$\text{Tingkat Penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti Tingkat Penguasaan :

- 90% - 100% = Baik Sekali  
80% - 89% = Baik  
70% - 79% = Cukup  
< 70% = Kurang

Apabila Anda mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda telah berhasil menyelesaikan bahan belajar mandiri Kegiatan Belajar 2 ini. **Bagus!** Akan tetapi apabila tingkat penguasaan Anda masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum Anda kuasai.

# KUNCI JAWABAN TES FORMATIF

## *Tes Formatif 1*

1. D
2. D
3. A
4. B
5. D
6. A
7. B
8. A
9. D
10. A
11. B
12. A
13. B
14. C
15. D

## *Tes Formatif 2*

1. B
2. C
3. A
4. B
5. D

# GLOSARIUM

Adhesi	: gaya tarik-menarik antar partikel-partikel tidak sejenis
Buoyancy	: gaya apung; gaya ke atas yang ditimbulkan oleh fluida untuk mengimbangi gaya berat benda yang tercelup dalam fluida.
Fluida statik	: tinjauan mengenai karakteristik fluida yang diam.
Fluida dinamik	: tinjauan mengenai karakteristik fluida yang bergerak atau mengalir.
Inkompresibel	: aliran fluida dimana fluida dianggap memiliki kerapatan yang cenderung konstan.
Irrotasional	: aliran fluida dimana partikel fluida dianggap tidak berotasi (tidak memiliki momentum sudut).
Kapilaritas	: peristiwa naik turunnya permukaan zat cair dalam pipa atau celah sempit (pipa kapiler).
Kohesi	: gaya tarik-menarik antar partikel-partikel sejenis.
Non viskos	: aliran fluida dimana gesekan internal antar partikel fluida diabaikan, sehingga dianggap tidak ada gesekan pada aliran fluida.
Tekanan hidrostatik	: tekanan pada satu titik dalam fluida yang disebabkan gaya berat fluida di atas titik tersebut.
Tunak	: aliran fluida dimana kecepatan masing-masing partikel fluida di setiap titik cenderung konstan.
Turbulen	: aliran fluida dimana alirannya tidak teratur dengan laju partikel yang beragam

## DAFTAR PUSTAKA

- Devi, P.K. & Sri Anggraeni. (2008). *IPA SD dan MI Kelas IV*. Jakarta: Pusat Perbukuan Depdiknas.
- Fishbane, Paul M, et.al. (2005). *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*. New Jersey: Pearson Educational Inc.
- Halliday, D., Resnick, R. (1997). *Physics* , terjemahan: Patur Silaban dan Erwin Sucipto. Jakarta: Erlangga.
- Hewitt, P.G. (2006). *Conceptual Physics 10<sup>th</sup> ed*. St. Petersburg: Pearson Educational Edition Microsoft Encarta Premium 2009
- Muslim, dkk. (2006). *Konsep Dasar Fisika*. Bandung. UPI Press
- Serway, R.A & John W. Jewett. (2004). *Physics for Scientists and Engineers*. Thomson Brooks/Cole.
- Sulistiyanto, H & Edy Wiyono. (2008). *Ilmu Pengetahuan Alam untuk SD/MI Kelas IV*. Jakarta: Pusat Perbukuan Depdiknas.
- Tipler, P.A. (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Winarsih, A, dkk. (2008). *IPA Terpadu untuk SMP/MTs Kelas VII*. Jakarta: Pusat Perbukuan Depdiknas.