

Wasis • Sugeng Yuli Irianto



# Ilmu Pengetahuan Alam

SMP dan MTs Kelas VIII



2



PUSAT PERBUKUAN  
Departemen Pendidikan Nasional

- Wasis
- Sugeng Yuli Irianto

# Ilmu Pengetahuan Alam

*SMP dan MTs Kelas VIII*



2



Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional  
Dilindungi Undang-undang

Hak Cipta Buku ini dibeli oleh Departemen Pendidikan Nasional dari Penerbit Sekawan Cipta Karya,PT

# Ilmu Pengetahuan Alam

**Jilid 2 untuk SMP dan MTs Kelas VIII**

Penulis : Wasis  
Sugeng Yuli Irianto  
Ilustrasi, Tata Letak : Tim Dept. Grafis  
Perancang Kulit : Alfianto Subandi

Ukuran Buku : 20,5 x 28 cm

500.7

WASIS WASIS

- i Ilmu Pengetahuan Alam 2: SMP/MTs Kelas VIII/oleh Wasis, Sugeng Yuli Irianto.  
— Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2008.  
viii, 274 hlm.: ilus.; 29 cm.  
Bibliografi : hlm. 271-272  
Indeks. hlm.273-274  
ISBN 979-462-968-5  
1. Sains-Studi dan Pengajaran I. Judul II. Irianto, Yuli

Diterbitkan oleh Pusat Perbukuan  
Departemen Pendidikan Nasional  
Tahun 2008

Diperbanyak oleh ...

# Kata Sambutan

*kata sambutan*

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Departemen Pendidikan Nasional, pada tahun 2008, telah membeli hak cipta buku teks pelajaran ini dari penulis/penerbit untuk disebarluaskan kepada masyarakat melalui website Jaringan Pendidikan Nasional.

Buku teks pelajaran ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan dan telah ditetapkan sebagai buku teks pelajaran yang memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 34 Tahun 2008.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para penulis/penerbit yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para siswa dan guru di seluruh Indonesia.

Buku-buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional tersebut, dapat diunduh (*down load*), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun, untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Diharapkan bahwa buku teks pelajaran ini akan lebih mudah diakses sehingga para siswa dan guru di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri dapat memanfaatkan sumber belajar ini.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Selanjutnya, kepada para siswa kami ucapan selamat belajar dan manfaatkanlah buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta, Juli 2008  
Kepala Pusat Perbukuan

# Kata Pengantar

*kata pengantar*

Puji syukur kami panjatkan pada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan buku Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) untuk SMP dan MTs ini.

Saat ini kita hidup dalam abad globalisasi dan teknologi informasi. Perubahan yang cepat dan dramatis dalam bidang ini merupakan fakta dalam kehidupan kita sehari-hari. Nah, bagaimanakah upayamu agar dapat berperan di era globalisasi dan teknologi ini? Salah satu yang harus kamu miliki adalah kemampuan di bidang Ilmu Pengetahuan Alam (Sains), karena IPA merupakan salah satu kunci dalam menyesuaikan diri dengan perubahan dan memasuki dunia teknologi, termasuk teknologi informasi.

Buku ini disajikan dengan bahasa yang sederhana untuk memudahkan kamu mempelajari konsep, prinsip, hukum dan teori IPA serta keterkaitannya dan penerapannya. Pada awal setiap bab diberikan peta konsep dan kata kunci untuk memudahkan kamu dalam memahami dan mengingat kata-kata penting dalam bab tersebut.

Buku ini juga dilengkapi dengan latihan soal untuk mereview pemahamanmu tentang materi yang telah dipelajari. Dalam kegiatan laboratorium kamu akan belajar mengembangkan kemampuan ilmiah. Kamu juga akan menemukan info-info sains untuk menunjang pengetahuanmu sehingga kamu dapat mengembangkan kemampuan intelektualmu.

Semoga kamu dapat memanfaatkan buku ini demi kemaslahatan dan kemajuan bersama serta memberikan sumbangan yang berarti bagi bangsa dan negara.

Surakarta, Maret 2008

Penyusun

# Sistematika Buku

Bab-bab dalam buku ini disusun dengan sistematika yang unik, sehingga mempermudah siswa dalam mempelajari materi yang disajikan. Sistematika buku ini adalah sebagai berikut.

## 1. Awal bab

Setiap bab diawali dengan ilustrasi baik gambar maupun aktivitas yang relevan dengan isi bab yang akan dipelajari. Selain ilustrasi, juga dipaparkan tujuan pembelajaran yang disesuaikan dengan Standar Kompetensi dan Kompetensi Dasar yang harus dicapai siswa.

## 2. Peta konsep

Berisi konsep-konsep dari materi yang akan dipelajari serta hubungan antarkonsep.

## 3. Kata kunci

Berisi kata-kata penting yang menjadi kunci pembahasan dalam bab tersebut.

## 4. Kegiatan

Berisi percobaan atau pengamatan untuk membuktikan kebenaran konsep atau menemukan konsep yang baru.

## 5. Tugas

Berisi kegiatan atau analisis yang harus dilakukan untuk memecahkan suatu masalah.

## 6. Latihan

Berisi soal-soal untuk menguji kemampuan siswa dalam memahami materi yang telah dipelajari.

## 7. Info sains

Berisi informasi yang berkaitan dengan materi yang dibahas. Informasi ini bermanfaat untuk menambah wawasan siswa.

## 8. Tokoh

Berisi riwayat hidup tokoh-tokoh yang berjasa mengembangkan ilmu pengetahuan. Diharapkan akan menambah motivasi siswa untuk berkarya seperti mereka.

## 9. Rangkuman

Berisi pokok-pokok pembicaraan di dalam bab yang telah selesai dipelajari.

## 10. Latih kemampuan

Berisi soal-soal untuk melatih kemampuan siswa dalam menguasai materi dalam bab yang telah dipelajari.

## 11. Wacana sains

Berisi pengetahuan tambahan yang relevan dengan materi yang telah dipelajari guna memperluas wawasan siswa.

## 12. Latihan semester

Berisi soal-soal pilihan ganda dan uraian untuk menguji pemahaman materi yang telah dipelajari siswa selama satu semester.

## 13. Glosarium

Berisi daftar kata-kata sulit yang dijumpai di dalam buku. Glosarium dapat kamu gunakan sebagai pegangan atau semacam kamus dalam mempelajari materi.

## 14. Indeks

Berisi kata-kata atau istilah penting yang disertai dengan nomor halaman tempat kata atau istilah tersebut muncul. Melalui indeks, kamu dapat dengan cepat menemukan hal-hal yang sedang dicari.

# Daftar Isi

|                        |     |
|------------------------|-----|
| Kata Sambutan .....    | iii |
| Kata Pengantar .....   | iv  |
| Sistematika Buku ..... | v   |
| Daftar Isi .....       | vi  |

## Semester I

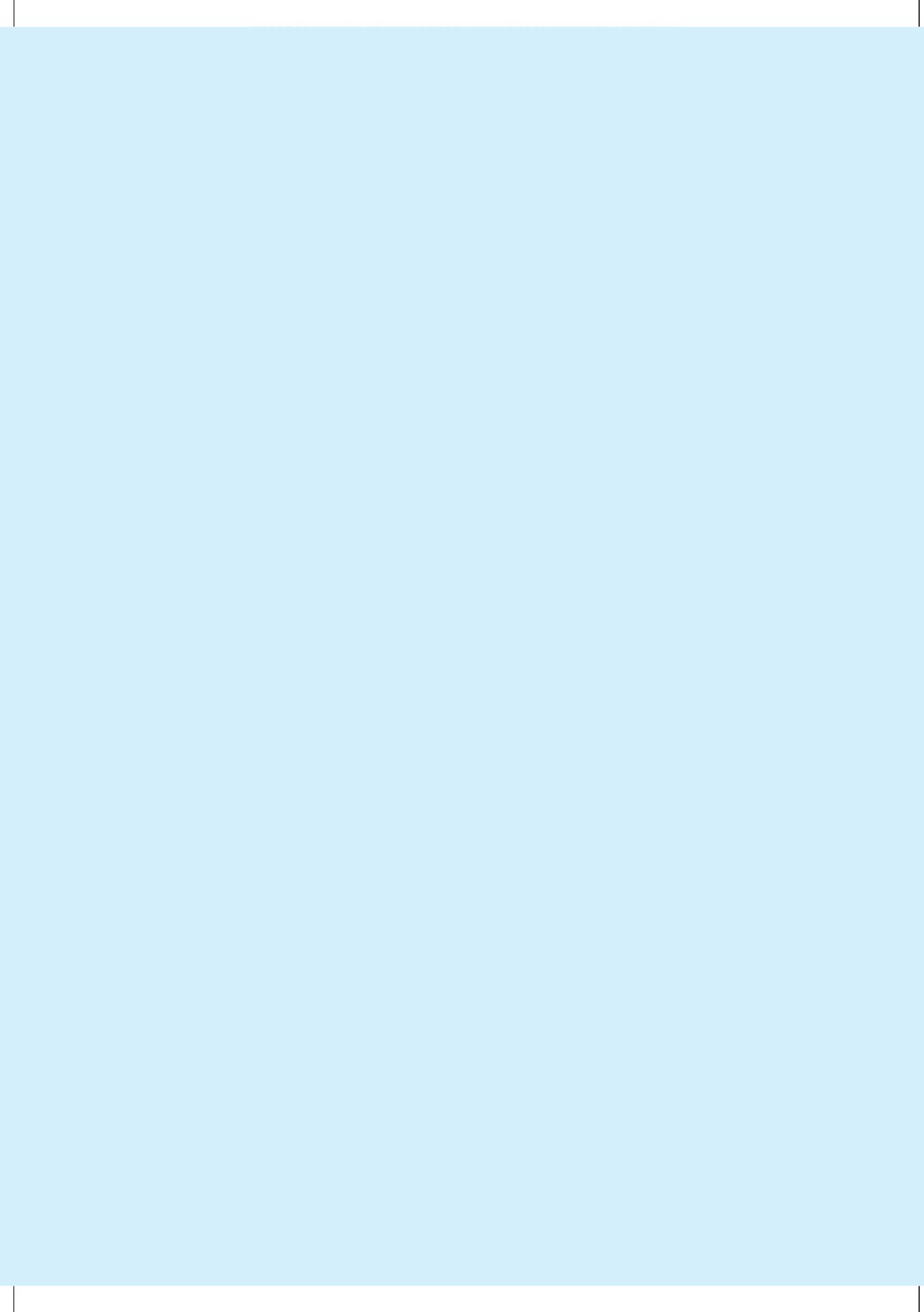
|  |           |
|--|-----------|
| <b>Bab I Pertumbuhan dan Perkembangan Makhluk Hidup .....</b>        | <b>3</b>  |
| A. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Pertumbuhan dan Perkembangan ..... | 5         |
| B. Pertumbuhan dan Perkembangan pada Tumbuhan .....                  | 10        |
| C. Pertumbuhan dan Perkembangan pada Hewan .....                     | 13        |
| D. Metamorfosis dan Metagenesis .....                                | 15        |
| E. Tahapan Pertumbuhan dan Perkembangan Manusia .....                | 18        |
| F. Pubertas pada Remaja .....  | 19        |
| Latih Kemampuan 1 .....  | 22        |
| Wacana Sains .....   | 24        |
| <b>Bab II Berbagai Sistem Organ pada Manusia .....</b>               | <b>25</b> |
| A. Sistem Gerak pada Manusia .....                                   | 27        |
| B. Sistem Pencernaan pada Manusia .....                              | 33        |
| C. Sistem Pernapasan pada Manusia .....                              | 42        |
| D. Sistem Peredaran Darah pada Manusia .....                         | 46        |
| Latih Kemampuan 2 .....  | 56        |
| Wacana Sains .....   | 57        |
| <b>Bab III Berbagai Sistem dalam Kehidupan Tumbuhan .....</b>        | <b>59</b> |
| A. Jaringan pada Tumbuhan .....                                      | 61        |
| B. Fotosintesis .....  | 65        |
| C. Gerak pada Tumbuhan .....   | 70        |
| D. Hama dan Penyakit pada Tumbuhan .....                             | 69        |
| Latih Kemampuan 3 .....  | 79        |
| Wacana Sains .....   | 80        |
| <b>Bab IV Partikel Materi .....</b>                                  | <b>81</b> |
| A. Atom .....  | 83        |
| B. Ion .....   | 86        |
| C. Molekul .....   | 87        |
| D. Konsep Atom, Ion, dan Molekul dalam Produk Kimia .....            | 89        |
| Latih Kemampuan 4 .....  | 92        |
| Wacana Sains .....   | 94        |
| <b>Bab V Bahan Kimia dalam Kehidupan .....</b>                       | <b>95</b> |
| A. Bahan Kimia Rumah Tangga .....                                    | 97        |
| B. Bahan Kimia di Bidang Industri, Pertanian, dan Kesehatan .....    | 107       |
| C. Bahan Kimia dalam Bahan Makanan .....                             | 114       |
| D. Zat Adiktif dan Psikotropika .....                                | 122       |
| Latih Kemampuan 5 .....  | 131       |
| Wacana Sains .....   | 132       |
| Latihan Semester I .....   | 133       |

## Semester II

|   |            |
|---|------------|
| <b>Bab VI Gaya .....</b>                      | <b>137</b> |
| A. Besaran Gaya .....                         | 139        |
| B. Hukum Newton tentang Gaya .....            | 144        |
| C. Analisis Gaya Gesekan dan Gaya Berat ..... | 147        |
| D. Pesawat Sederhana.....                     | 152        |
| <b>Latih Kemampuan 6 .....</b>                | <b>160</b> |
| <b>Wacana Sains .....</b>                     | <b>162</b> |
| <br>  |            |
| <b>Bab VII Energi dan Usaha .....</b>         | <b>163</b> |
| A. Energi .....                               | 165        |
| B. Usaha .....                                | 172        |
| C. Daya .....                                 | 175        |
| <b>Latih Kemampuan 7 .....</b>                | <b>178</b> |
| <b>Wacana Sains .....</b>                     | <b>179</b> |
| <br>  |            |
| <b>Bab VIII Tekanan .....</b>                 | <b>181</b> |
| A. Tekanan pada Zat Padat .....               | 183        |
| B. Tekanan Zat Cair .....                     | 187        |
| C. Tekanan Udara .....                        | 199        |
| <b>Latih Kemampuan 8 .....</b>                | <b>202</b> |
| <b>Wacana Sains .....</b>                     | <b>204</b> |
| <br>  |            |
| <b>Bab IX Getaran dan Gelombang .....</b>     | <b>205</b> |
| A. Getaran .....                              | 207        |
| B. Gelombang .....                            | 210        |
| C. Gelombang Bunyi .....                      | 219        |
| <b>Latih Kemampuan 9 .....</b>                | <b>232</b> |
| <b>Wacana Sains .....</b>                     | <b>234</b> |
| <br>  |            |
| <b>Bab X Optika .....</b>                     | <b>235</b> |
| A. Cahaya .....                               | 237        |
| B. Alat-Alat Optik .....                      | 252        |
| <b>Latih Kemampuan 10 .....</b>               | <b>260</b> |
| <b>Wacana Sains .....</b>                     | <b>262</b> |
| <br>  |            |
| <b>Latihan Semester II .....</b>              | <b>263</b> |
| <b>Glosarium .....</b>                        | <b>265</b> |
| <b>Kunci Jawaban .....</b>                    | <b>268</b> |
| <b>Daftar Pustaka .....</b>                   | <b>269</b> |
| <b>Indeks .....</b>                           | <b>271</b> |



# Semester I



## Bab

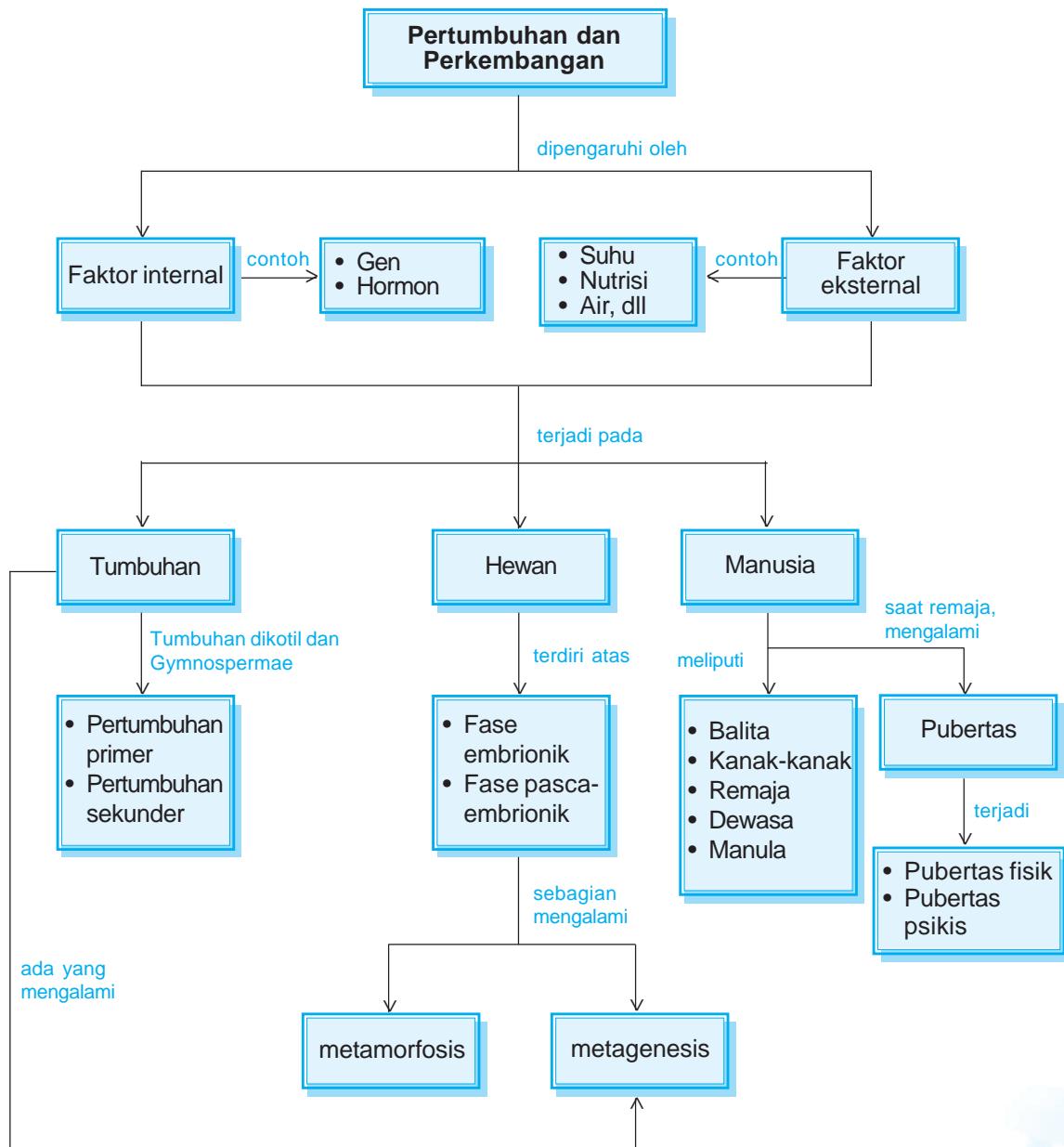
# Pertumbuhan dan Perkembangan Makhluk Hidup



Salah satu ciri makhluk hidup adalah tumbuh dan berkembang. Pernahkah kamu memperhatikan hewan dan tumbuhan yang ada di sekitarmu? Mula-mula hewan dan tumbuhan itu berukuran kecil, kemudian secara bertahap tumbuh menjadi besar. Manusia juga tumbuh dan berkembang, tetapi pertumbuhan pada manusia hanya terbatas sampai dengan usia tertentu. Bagaimanakah pertumbuhan pada makhluk hidup? Apakah ciri-ciri setiap tahap pertumbuhan manusia?

Pada bab ini kamu akan mempelajari pertumbuhan dan perkembangan pada makhluk hidup serta mendeskripsikan tahapan perkembangan pada manusia.

# Peta Konsep



## Kata Kunci

- meristem
- embrio
- metamorfosis
- metagenesis
- remaja
- pubertas

Lima tahun yang lalu tentunya kamu belum sebesar dan setinggi sekarang. Tubuhmu secara bertahap bertambah tinggi dan besar. Setelah mencapai ukuran seperti sekarang, tubuhmu tidak akan menjadi kecil seperti waktu kanak-kanak, meskipun mungkin kamu menginginkannya. Dikatakan bahwa perubahan ukuran tubuh bersifat *ireversibel* (tidak dapat kembali seperti semula). Bertambahnya ukuran tubuh inilah yang disebut dengan *pertumbuhan*. Ukuran tubuh meliputi tinggi, berat, dan volume. Pertumbuhan pada makhluk bersel satu ditandai dengan bertambahnya ukuran sel. Sedangkan pada makhluk bersel banyak, pertumbuhan ditandai dengan bertambahnya ukuran dan jumlah sel.

Pertumbuhan pada manusia dan hewan ada batasnya. Setelah mencapai usia tertentu, manusia dan hewan tidak tumbuh lagi. Sedangkan tumbuhan hampir selalu tumbuh sepanjang hidupnya. Pertumbuhan diikuti dengan proses perkembangan, yaitu proses biologis makhluk hidup menuju tingkat kedewasaan atau kesempurnaan. Contoh perkembangan adalah perubahan susunan dan fungsi organ-organ tubuh.



## A Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan dan Perkembangan

Pertumbuhan dan perkembangan merupakan dua proses yang berjalan sejajar dan berdampingan. Jadi proses pertumbuhan dan perkembangan tidak dapat dipisahkan satu dengan yang lain. Setiap makhluk hidup mengalami proses pertumbuhan dan perkembangan. Misalnya yang terjadi pada diri kita, kalau diamati keadaan ketika bayi sangat berbeda dengan keadaan saat ini.

Pertumbuhan adalah proses pertambahan ukuran yang tidak dapat kembali ke asal (*irreversible*), yang meliputi pertambahan volume dan pertambahan massa. Selain disebabkan pertambahan ukuran sel, pertumbuhan juga terjadi karena pertambahan jumlah sel. Contohnya bayi yang baru lahir ukurannya  $\pm 45$  cm dengan berat badan  $\pm 3$  kg. Setelah mengalami pertumbuhan, tinggi badan dapat mencapai lebih dari 150 cm dan berat badan lebih dari 30 kg.

Perkembangan adalah proses menuju tercapainya kedewasaan. Pada tingkat seluler, perkembangan dapat berupa diferensiasi sel-sel yang baru membelah membentuk jaringan yang menyusun organ tertentu. Pada tumbuhan perkembangan ditandai dengan munculnya bunga atau buah. Sedang pada hewan dan manusia ditandai dengan kematangan organ reproduksi sehingga siap untuk menghasilkan keturunan. Perkembangan juga menyebabkan perkembangan psikis dari usia bayi, anak-anak, dan menjadi dewasa.

Kalau kamu perhatikan, tinggi dan besar badanmu bisa jadi berbeda bila dibandingkan dengan teman-teman sekelasmu.



**Gambar 1.1** Munculnya bunga dipengaruhi oleh hormon auksin.

*Sumber:* Dokumen Penerbit, 2006

Padahal usia kalian hampir sama, dengan kata lain waktu tumbuh dan berkembangnya hampir sama. Mengapa bisa demikian? Hal ini disebabkan karena pertumbuhan dan perkembangan dipengaruhi oleh berbagai faktor. Karena ada perbedaan faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan, tinggi dan besar badan teman-teman sekelasmu bisa berbeda-beda.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan dapat dibedakan menjadi faktor dari dalam dan faktor dari luar tubuh. Faktor-faktor apa saja yang dapat mempengaruhinya? Untuk mengetahuinya, pelajari uraian berikut ini dengan baik.

## 1. Faktor Dalam (Internal)

Faktor dalam yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan berasal dari dalam tubuh makhluk hidup sendiri. Yang termasuk kategori ini adalah faktor gen dan keadaan hormonal.

### a. Gen

Gen adalah substansi/materi pembawa sifat yang diturunkan dari induk. Gen mempengaruhi ciri dan sifat makhluk hidup, misalnya bentuk tubuh, tinggi tubuh, warna kulit, warna bunga, warna bulu, rasa buah, dan sebagainya. Gen juga menentukan kemampuan metabolisme makhluk hidup, sehingga mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangannya. Hewan, tumbuhan, dan manusia yang memiliki gen tumbuh yang baik akan tumbuh dan berkembang dengan cepat sesuai dengan periode pertumbuhan dan perkembangannya.

Meskipun peranan gen sangat penting, faktor genetis bukan satu-satunya faktor yang menentukan pola pertumbuhan dan perkembangan, karena juga dipengaruhi oleh faktor lainnya. Misalnya tanaman yang mempunyai sifat unggul dalam pertumbuhan dan perkembangannya, hanya akan tumbuh dengan cepat, lekas berbuah, dan berbuah lebat jika ditanam di lahan subur dan kondisinya sesuai. Bila ditanam di lahan tandus dan kondisi lingkungannya tidak sesuai, pertumbuhan dan perkembangannya menjadi kurang baik. Demikian juga ternak unggul hanya akan berproduksi secara optimal bila diberi pakan yang baik dan dipelihara di lingkungan yang sesuai.

### b. Hormon

Hormon merupakan zat yang berfungsi untuk mengendalikan berbagai fungsi di dalam tubuh. Meskipun kadarnya sedikit, hormon memberikan pengaruh yang nyata dalam pengaturan berbagai proses dalam tubuh. Hormon yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan pada makhluk hidup beragam jenisnya.



**Gambar 1.2** Perbedaan fisik warna kulit manusia dipengaruhi oleh gen.

**Sumber:** Microsoft Encarta, 2006

1) Hormon pada tumbuhan

Hormon pada tumbuhan sering disebut *fitohormon* atau zat pengatur tubuh. Beberapa di antaranya adalah auksin, sitokinin, giberelin, etilen, dan asam absisat.

- a) Auksin, berfungsi untuk memacu perpanjangan sel, merangsang pembentukan bunga, buah, dan mengaktifkan kambium untuk membentuk sel-sel baru.
- b) Sitokinin, memacu pembelahan sel serta mempercepat pembentukan akar dan tunas.
- c) Giberelin, merangsang pembelahan dan pembesaran sel serta merangsang perkembangan biji. Pada tumbuhan tertentu, giberelin dapat menyebabkan munculnya bunga lebih cepat.
- d) Etilen, berperan untuk menghambat pemanjangan batang, mempercepat penuaan buah, dan menyebabkan penuaan daun.
- e) Asam absisat berperan dalam proses perontokan daun.

2) Hormon pada hewan

Beberapa hormon pertumbuhan pada hewan adalah sebagai berikut.

- a) Tiroksin, mengendalikan pertumbuhan hewan. Pada katak hormon ini merangsang dimulainya proses metamorfosis.
- b) Somatomedin, mempengaruhi pertumbuhan tulang.
- c) Ekdison dan juvenil, mempengaruhi perkembangan fase larva dan fase dewasa, khususnya pada hewan Invertebrata.

3) Hormon pada manusia

Hormon dihasilkan oleh kelenjar endokrin atau kelenjar buntu, yaitu suatu kelenjar yang tidak mempunyai saluran. Di kelas IX kamu akan mempelajari hormon sebagai bagian dari sistem koordinasi. Beberapa hormon pertumbuhan pada manusia antara lain sebagai berikut.

- a) Hormon tiroksin, dihasilkan oleh kelenjar gondok/tiroid. Hormon ini memengaruhi pertumbuhan, perkembangan, dan metabolisme karbohidrat dalam tubuh. Kekurangan hormon ini dapat mengakibatkan *mixoedema* yaitu kegemukan.

b) Hormon pertumbuhan (*Growth hormone - GH*)

Hormon ini dihasilkan oleh hipofisis bagian depan. Hormon ini disebut juga hormon somatotropin (STH). Peranannya adalah memengaruhi kecepatan pertumbuhan seseorang. Seorang anak tidak akan tumbuh dengan normal jika kekurangan hormon pertumbuhan. Pada masa pertumbuhan, kelebihan hormon ini akan mengakibatkan pertumbuhan raksasa (*gigantisme*), sebaliknya jika kekurangan akan

menyebabkan kerdil (*kretinisme*). Jika kelebihan hormon terjadi setelah dewasa, akan menyebabkan membesarnya bagian tubuh tertentu, seperti pada hidung atau telinga. Kelainan ini disebut *akromegali*.

- c) Hormon testosteron, mengatur perkembangan organ reproduksi dan munculnya tanda-tanda kelamin sekunder pada pria.
- d) Hormon estrogen/progesteron, mengatur perkembangan organ reproduksi dan munculnya tanda-tanda kelamin sekunder pada wanita.

## 2. Faktor Luar (Eksternal)

Faktor luar yang mempengaruhi proses pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup berasal dari faktor lingkungan. Beberapa faktor lingkungan yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup adalah sebagai berikut.

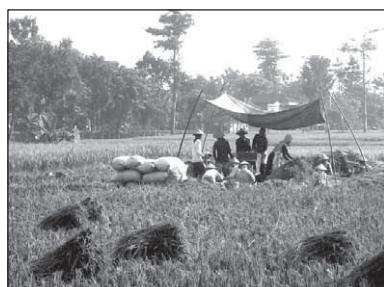
### a. Makanan atau Nutrisi

Makanan merupakan bahan baku dan sumber energi dalam proses metabolisme tubuh. Kualitas dan kuantitas makanan akan mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup. Karena sedang dalam masa pertumbuhan, kamu harus cukup makan makanan yang bergizi untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tubuhmu. Zat gizi yang diperlukan manusia dan hewan adalah karbohidrat, protein, lemak, vitamin, dan mineral. Semua zat ini diperoleh dari makanan.

Sedangkan bagi tumbuhan, nutrisi yang diperlukan berupa air dan zat hara yang terlarut dalam air. Melalui proses fotosintesis, air dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) diubah menjadi zat makanan dengan bantuan sinar matahari. Meskipun tidak berperan langsung dalam fotosintesis, zat hara diperlukan agar tumbuhan dapat tumbuh dan berkembang dengan baik. Coba kamu amati, tanaman padi yang terlambat dipupuk, daunnya akan berwarna kekuningan. Setelah dipupuk, daun tanaman padi itu akan kembali berwarna hijau dan tumbuh dengan baik. Mengapa demikian? Di dalam pupuk terkandung zat hara yang penting sebagai nutrisi tanaman.

### b. Suhu

Semua makhluk hidup membutuhkan suhu yang sesuai untuk menunjang pertumbuhan dan perkembangannya. Suhu ini disebut suhu optimum, misalnya suhu tubuh manusia yang normal adalah sekitar  $37^\circ\text{C}$ . Pada suhu optimum, semua makhluk hidup dapat tumbuh dan berkembang dengan baik. Hewan dan manusia memiliki kemampuan untuk bertahan hidup dalam kisaran suhu lingkungan tertentu. Tumbuhan menunjukkan pengaruh yang lebih nyata terhadap suhu. Padi yang ditanam pada awal musim kemarau (suhu udara rata-rata tinggi) lebih cepat



**Gambar 1.3** Padi yang ditanam pada musim kemarau lebih cepat dipanen karena pengaruh suhu.

*Sumber:* Dokumen Penerbit, 2006

dipanen daripada padi yang ditanam pada musim penghujan (suhu udara rata-rata rendah). Jenis bunga mawar yang tumbuh dan berbunga dengan baik di pegunungan yang sejuk, ketika ditanam di daerah pantai yang panas pertumbuhannya menjadi lambat dan tidak menghasilkan bunga yang seindah sebelumnya. Hal ini disebabkan karena semua proses dalam pertumbuhan dan perkembangan seperti penyerapan air, fotosintesis, penguapan, dan pernapasan pada tumbuhan dipengaruhi oleh suhu.

c. Cahaya

Cahaya berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup. Tumbuhan sangat membutuhkan cahaya matahari untuk fotosintesis. Namun keberadaan cahaya ternyata dapat menghambat pertumbuhan tumbuhan karena cahaya dapat merusak hormon auksin yang terdapat pada ujung batang. Bila kamu menyimpan kecambah di tempat gelap selama beberapa hari, kecambah itu akan tumbuh lebih cepat (lebih tinggi) dari seharusnya, namun tampak lemah dan pucat/kekuning-kuningan karena kekurangan klorofil. Selain tumbuhan, manusia juga membutuhkan cahaya matahari untuk membantu pembentukan vitamin D. Tahukah kamu, apakah fungsi vitamin D di dalam tubuh?

d. Air dan Kelembapan

Air dan kelembapan merupakan faktor penting untuk pertumbuhan dan perkembangan. Air sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup. Tanpa air, makhluk hidup tidak dapat bertahan hidup. Air merupakan tempat berlangsungnya reaksi-reaksi kimia di dalam tubuh. Tanpa air, reaksi kimia di dalam sel tidak dapat berlangsung, sehingga dapat mengakibatkan kematian.

Kelembapan adalah banyaknya kandungan uap air dalam udara atau tanah. Tanah yang lembab berpengaruh baik terhadap pertumbuhan tumbuhan. Kondisi yang lembab banyak air yang dapat diserap oleh tumbuhan dan lebih sedikit penguapan. Kondisi ini sangat mempengaruhi sekali terhadap pemanjangan sel. Kelembapan juga penting untuk mempertahankan stabilitas bentuk sel.

e. Tanah

Bagi tumbuhan, tanah berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangannya. Tumbuhan akan tumbuh dan berkembang dengan optimal bila kondisi tanah tempat hidupnya sesuai dengan kebutuhan nutrisi dan unsur hara. Kondisi tanah ditentukan oleh faktor lingkungan lain, misalnya suhu, kandungan mineral, dan air.

Untuk mengetahui komposisi bahan pembentuk tanah, lakukan **Kegiatan 1.1**.



**Gambar 1.4** Makhluk hidup sangat memerlukan cahaya matahari.

*Sumber:* Dokumen Penerbit

## Kegiatan 1.1

### Tanah sebagai Faktor Eksternal yang Mempengaruhi Pertumbuhan dan Perkembangan

#### Tujuan

Mengetahui komposisi bahan pembentuk tanah dan pengaruhnya pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

#### Alat dan Bahan

1. Air
2. Botol kaca dan penutupnya
3. Contoh tanah dari berbagai tempat

#### Langkah Kerja

1. Kumpulkan segenggam contoh tanah dari berbagai tempat dan letakkan masing-masing contoh pada botol kaca yang berbeda.
2. Berikan label tanda asal tanah pada tiap-tiap botol.
3. Tambahkan air pada masing-masing botol sehingga tinggi air hampir dua kali lipat tinggi permukaan contoh tanah.
4. Kocoklah botol selama satu menit untuk memisahkan zat padat yang mengendap dan terapung.
5. Diamkan botol selama beberapa menit. Perhatikan adanya partikel mineral yang biasanya mengendap dan bahan organik biasanya akan terapung. Buatlah tabel yang berisi perbedaan komposisi dari berbagai contoh tanah yang kamu ambil.

#### Pertanyaan

1. Bagaimanakah komposisi tanah yang diambil dari tempat yang berbeda-beda? Samakah komposisinya? Mengapa demikian?
2. Sebutkan ciri-ciri tanah yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman.

## Tugas 1.1

Kamu mungkin pernah menggunakan zat perangsang akar untuk mempercepat tumbuhnya akar pada stek. Zat perangsang itu berisi berbagai hormon pertumbuhan. Hormon tumbuh apakah yang terdapat pada zat perangsang akar?



### Pertumbuhan dan Perkembangan pada Tumbuhan

Pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan dimulai sejak perkecambahan biji. Kecambah kemudian berkembang menjadi tumbuhan kecil yang sempurna. Setelah tumbuh hingga mencapai ukuran dan usia tertentu, tumbuhan akan berkembang membentuk bunga dan buah atau biji sebagai alat perkembangbiakkannya.

Pertumbuhan pada tumbuhan terjadi di daerah meristematis (titik tumbuh), yaitu bagian yang mengandung jaringan meristem. Jaringan ini terletak di ujung batang, ujung akar, dan kambium. Aktivitas jaringan meristem yang terletak di ujung batang/akar menghasilkan pola pertumbuhan yang berbeda bila dibandingkan dengan jaringan meristem di kambium. Oleh karena itu pertumbuhan pada tumbuhan dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu pertumbuhan primer dan pertumbuhan sekunder.

## 1. Pertumbuhan Primer

Pertumbuhan primer adalah pertumbuhan yang terjadi akibat aktivitas jaringan meristem primer atau disebut juga *meristem apikal*. Titik tumbuh primer terbentuk sejak tumbuhan masih berupa embrio. Jaringan meristem ini terdapat di ujung batang dan ujung akar. Akibat pertumbuhan ini, akar dan batang tumbuhan bertambah panjang.

Pada titik tumbuh, pertumbuhan terjadi secara bertahap. Oleh karena itu daerah pertumbuhan dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu daerah pembelahan, daerah perpanjangan, dan daerah diferensiasi.

### a. Daerah pembelahan

Daerah pembelahan terletak di bagian paling ujung. Di daerah ini sel-sel baru terus-menerus dihasilkan melalui proses pembelahan sel. Daerah inilah yang disebut daerah meristematis.

### b. Daerah pemanjangan

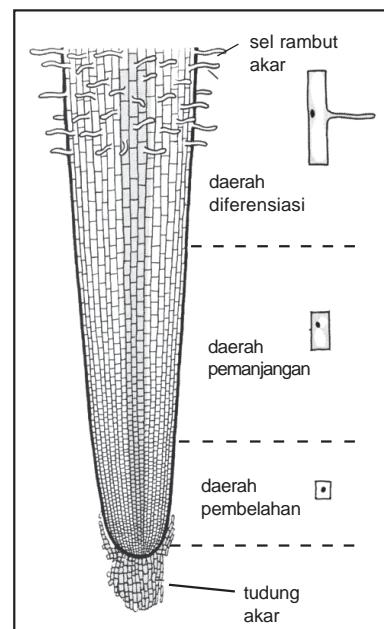
Daerah pemanjangan terletak di belakang daerah pembelahan. Di daerah ini sel-sel hasil pembelahan akan tumbuh sehingga ukuran sel bertambah besar. Akibatnya di daerah inilah yang mengalami pemanjangan.

### c. Daerah diferensiasi

Daerah diferensiasi terletak di belakang daerah pemanjangan. Sel-sel yang telah tumbuh mengalami perubahan bentuk dan fungsi. Sebagian sel mengalami diferensiasi menjadi epidermis, korteks, xilem, dan floem. Sebagian lagi membentuk parenkim, kolenkim, dan sklerenkim.

## 2. Pertumbuhan Sekunder

Pertumbuhan sekunder disebabkan oleh aktivitas jaringan *meristem sekunder*. Contoh jaringan meristem sekunder adalah jaringan kambium pada batang tumbuhan dikotil dan Gymnospermae. Sel-sel jaringan kambium senantiasa membelah. Pembelahan ke arah dalam membentuk xilem atau kayu sedangkan pembelahan ke luar membentuk floem atau kulit kayu. Akibat aktivitas jaringan meristem pada kambium, diameter batang dan akar bertambah besar. Tumbuhan monokotil tidak mempunyai kambium sehingga tidak mengalami pertumbuhan sekunder. Bila kamu perhatikan,



**Gambar 1.5** Daerah pertumbuhan pada akar.

Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer

diameter batang palem, bambu, tebu, dan kelapa hampir selalu sama dari kecil hingga dewasa. Berbeda dengan tumbuhan dikotil seperti mangga, jati, jambu, asam, cemara, dan pinus. Bila kamu menjumpainya, coba perhatikan dengan seksama!

Aktivitas pertumbuhan kambium tidak selalu sama antara musim penghujan dengan musim kemarau. Di musim penghujan, air dan zat hara terlarut tersedia dengan melimpah sehingga pembelahan sel lebih giat. Sebaliknya di musim kemarau, ketersediaan air berkurang sehingga aktivitas pembelahan sel berkurang. Aktivitas pembelahan yang berbeda ini tampak sebagai cincin-cincin konsentris pada batang yang disebut *lingkaran tahun*.

Untuk mengamati pertumbuhan pada tumbuhan, lakukan **Kegiatan 1.2** berikut ini.

## Kegiatan 1.2

### Pertumbuhan Akar

#### Tujuan:

Siswa dapat mengamati pertumbuhan akar

#### Alat dan bahan:

1. Kertas isap
2. Tinta cina
3. Botol bekas
4. Biji kacang tanah

#### Cara kerja:

1. Letakkan selembar kertas isap pada dinding bagian botol.
2. Isilah air tetinggi seperempat botol.
3. Letakkan 5 buah biji kacang tanah di antara kertas dan dinding botol pada ketinggian setengah tinggi botol.
4. Setelah biji berkecambah berilah tanda pada akar menggunakan tinta cina dengan jarak teratur.
5. Setiap hari selama 1 minggu ukurlah pertambahan panjang akar.

#### Pertanyaan:

1. Apakah terjadi pertambahan panjang akar? Mengapa?
2. Pada hari ke berapa pertambahan panjang yang paling besar?
3. Pada bagian akar manakan terjadi pertumbuhan yang paling besar?

Perkembangan pada tumbuhan merupakan diferensiasi atau spesialisasi sel atau bagian-bagian tumbuhan untuk melakukan fungsi khusus (menjadi dewasa). Perkembangan pada tingkat sel misalnya sel-sel hasil pembelahan jaringan meristem mengalami diferensiasi membentuk jaringan pengangkut. Contoh perkembangan pada tingkat organ misalnya terbentuknya organ generatif yaitu munculnya bunga.

Beberapa jenis tumbuhan memiliki umur yang berbeda-beda untuk berkembang menjadi dewasa. Masa dewasa ditandai dengan kemampuan berkembang biak secara generatif. Jadi ketika suatu tumbuhan telah membentuk bunga berarti tumbuhan itu telah dewasa dan dapat bereproduksi secara generatif (menghasilkan biji). Biji merupakan calon individu yang dapat tumbuh dan berkembang jika menemukan kondisi lingkungan yang sesuai.



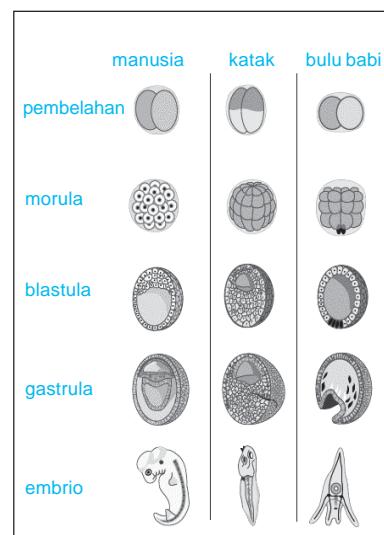
## C Pertumbuhan dan Perkembangan pada Hewan

Pertumbuhan dan perkembangan pada hewan terjadi di seluruh bagian tubuh, berbeda dengan tumbuhan yang terjadi hanya pada bagian tertentu saja, yaitu di daerah meristem. Pertumbuhan dan perkembangan pada hewan diawali sejak terbentuknya zigot dari proses pembuahan dan terus terjadi hingga hewan mencapai usia dewasa. Dengan demikian pertumbuhan dan perkembangan pada hewan dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu fase embrionik dan fase pascaembrionik. *Fase embrionik* adalah pertumbuhan dan perkembangan yang dimulai dari zigot sampai terbentuknya embrio sebelum lahir atau menetas. Sedangkan *fase pasca-embri* merupakan pertumbuhan dan perkembangan yang dimulai sejak lahir atau menetas hingga hewan itu dewasa.

### 1. Fase Embrionik

Zigot terbentuk dari hasil pertemuan ovum dengan sperma (terjadi pembuahan/fertilisasi). Kemudian zigot mengalami pertumbuhan dan perkembangan dalam beberapa tahap, yaitu pembelahan zigot, tahap morula, blastula, gastrula, dan organogenesis.

- Pembelahan zigot terjadi secara mitosis, yaitu dari satu sel menjadi dua sel, dua sel menjadi empat sel, empat sel menjadi delapan sel, delapan sel menjadi enam belas sel, dan seterusnya hingga tiga puluh dua sel. Sekumpulan sel yang terbentuk tersusun seperti buah anggur dan disebut sebagai *morula*. Pembelahan terus berlanjut sehingga terbentuk rongga di bagian dalam yang disebut *blastosol*. Fase ini disebut fase *blastula*.
- Gastrula, merupakan hasil pertumbuhan dan perkembangan blastula yang ditandai dengan terbentuknya 3 lapisan embrionik, yaitu lapisan bagian luar (*ektoderm*), lapisan bagian tengah (*mesoderm*), dan lapisan bagian dalam (*endoderm*). Ketiga lapisan ini nantinya akan berkembang menjadi berbagai organ. Proses pembentukan gastrula ini disebut gastrulasi.
- Organogenesis, merupakan proses pembentukan berbagai organ tubuh yang berkembang dari tiga lapisan saat proses gastrulasi.



Gambar 1.6 Pertumbuhan embrionik pada beberapa hewan.

Sumber: Ensiklopedia Umum

Organ yang terbentuk dari ketiga lapisan ini adalah sebagai berikut.

- 1) Lapisan ektoderm, berkembang menjadi rambut, kulit, sistem saraf, dan indra.
- 2) Lapisan mesoderm, berkembang menjadi otot, rangka, alat reproduksi, alat peredaran darah, dan alat ekskresi.
- 3) Lapisan endoderm, berkembang menjadi alat pencernaan dan alat pernafasan.

## 2. Fase Pascaembrionik

Pertumbuhan pascaembrionik dimulai ketika hewan lahir atau menetas. Semua anggota tubuh mengalami pertumbuhan dan perkembangan. Namun demikian kecepatan pertumbuhan dan perkembangan antara bagian tubuh yang satu dengan bagian tubuh yang lain tidak sama. Pertumbuhan ini tidak berlangsung terus-menerus, melainkan berhenti setelah mencapai usia tertentu. Perkembangan dimulai ketika alat kelamin telah mampu memproduksi sel-sel gamet. Pada manusia perkembangan ini ditandai dengan munculnya sifat-sifat kelamin sekunder. Tanda kelamin sekunder pada pria berupa tumbuhnya rambut pada bagian tubuh tertentu, suara besar, tumbuhnya jakun, dan otot-otot tubuh lebih kekar. Tanda kelamin sekunder pada wanita ditandai dengan membesarnya payudara, tumbuhnya rambut pada bagian tubuh tertentu, dan membesarnya pinggul.

Untuk mengamati pertumbuhan dan perkembangan pada hewan, lakukan **Kegiatan 1.3** berikut ini.

### Kegiatan 1.3

#### Pertumbuhan dan Perkembangan pada Hewan

##### Tujuan:

Mengamati proses pertumbuhan dan perkembangan pada jangkrik.

##### Alat dan bahan:

1. Jangkrik jantan dan betina dari berbagai umur/ukuran
2. Penggaris

##### Langkah kerja:

1. Pisahkanlah jangkrik jantan dan betina dengan melihat bentuk sayapnya. Sayap jangkrik jantan mempunyai pola/corak seperti ukiran, sedang corak sayap jangkrik betina kelihatan lebih halus.
2. Ukurlah panjang tubuh, panjang sayap, panjang tungkai depan dan tungkai belakang. Lakukan pengukuran pada semua jangkrik dari yang berumur paling muda hingga yang telah dewasa, baik jangkrik jantan maupun betina.
3. Susunlah hasil pengukurannya pada tabel sehingga mudah diamati.

##### Pertanyaan:

1. Bagaimanakah pola pertumbuhan hewan jangkrik? Apakah pertumbuhan terus terjadi sepanjang hidupnya?
2. Apakah terdapat perbedaan antara pertumbuhan perkembangan jangkrik jantan dan betina? Mengapa demikian?

## Latihan 1.1

1. Sebutkan daerah-daerah pertumbuhan pada ujung akar dan ujung batang. Daerah manakah yang mengalami penambahan panjang dengan cepat?
2. Apakah yang dimaksud pertumbuhan sekunder pada tumbuhan? Berilah contoh tumbuhan yang mengalami pertumbuhan sekunder!
3. Jelaskan pertumbuhan dan perkembangan hewan pada fase embrionik!
4. Sebutkan ciri perkembangan kelamin sekunder pada laki-laki dan perempuan!
5. Carilah informasi, mengapa rambut yang tumbuh di alis tidak tumbuh panjang seperti rambut yang tumbuh di kepala!

**D**

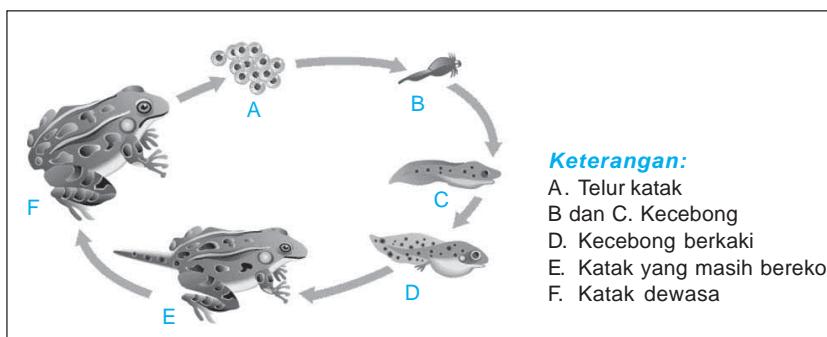
## Metamorfosis dan Metagenesis

Beberapa jenis hewan mengalami metamorfosis dalam pertumbuhan dan perkembangannya. Beberapa jenis hewan yang lain mengalami metagenesis. Selain pada hewan, metagenesis juga terjadi pada tumbuhan.

### 1. Metamorfosis

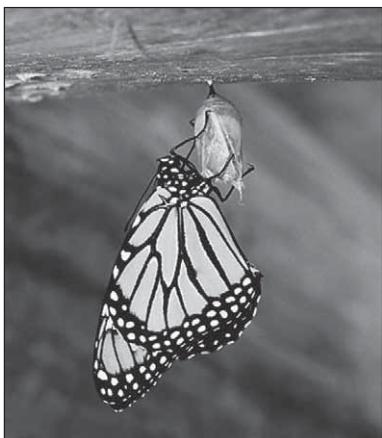
Pada beberapa jenis hewan, dalam pertumbuhan dan perkembangannya mengalami proses metamorfosis. Metamorfosis adalah peristiwa perubahan bentuk tubuh secara bertahap yang dimulai dari larva sampai dewasa. Metamorfosis terjadi pada serangga dan amfibi.

Contoh hewan amfibi yang mengalami metamorfosis adalah katak. Pertumbuhan dan perkembangan katak diawali sejak terbentuk zigot. Zigot kemudian berkembang menjadi embrio. Satu minggu kemudian, terbentuklah larva yang sering kamu sebut kecebong/berudu. Awalnya kecebong bernapas dengan tiga insang luar, tetapi kemudian berganti menjadi insang dalam. Beberapa waktu kemudian terbentuk tutup insang dan kaki belakang. Setelah berumur tiga bulan, berudu mengalami metamorfosis yang ditandai terbentuknya paru-paru dan empat kaki, hilangnya insang dan ekor, lalu menjadi bentuk katak. Sifat berudu berbeda dengan sifat katak. Berudu hidup di air sebagai herbivora, sedangkan katak hidup di darat bersifat karnivora.



Gambar 1.7 Metamorfosis pada katak.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006



Gambar 1.8 Kupu-kupu mengalami metamorfosis sempurna.

Sumber: Ensiklopedia Umum

Serangga yang baru menetas berwujud *larva*. Beberapa jenis serangga seperti kupu-kupu dan capung, bentuk larva jauh berbeda dengan bentuk dewasa. Larva kupu-kupu yang disebut ulat memiliki mulut tipe pengunyah, sedangkan kupu-kupu memiliki mulut tipe penghisap. Larva capung hidup di air, sedangkan capung dewasa hidup di darat dan dapat terbang. Namun demikian beberapa jenis serangga memiliki bentuk yang hampir sama saat baru menetas dengan saat dewasa. Contohnya adalah belalang, kecoa, dan jangkrik.

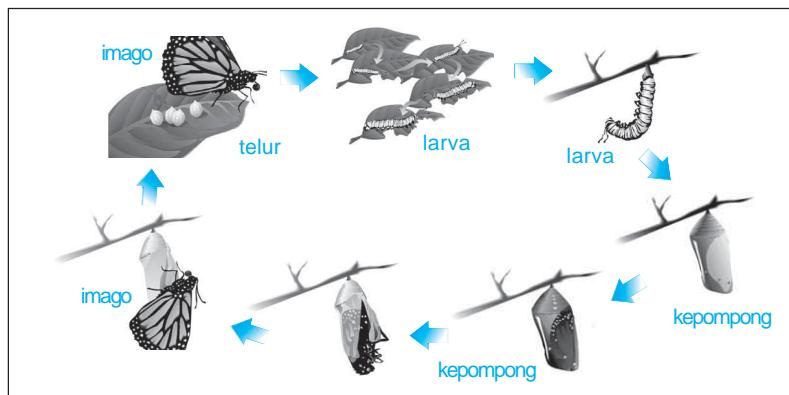
Berdasarkan prosesnya, metamorfosis serangga dapat dibedakan menjadi dua, yaitu metamorfosis sempurna dan metamorfosis tidak sempurna.

#### a. Metamorfosis Sempurna

Metamorfosis sempurna ditandai dengan adanya fase yang disebut pupa atau kepompong. Bentuk larva dengan serangga dewasa jauh berbeda. Tahapan dalam metamorfosis sempurna adalah sebagai berikut.

telur → larva → pupa (kepompong) → dewasa (imago)

Telur menetas menjadi larva. Larva tidak memiliki sayap dan tanda-tanda sayap juga belum ada. Ketika berupa larva, serangga sangat aktif makan. Larva kemudian mengalami perubahan bentuk menjadi kepompong. Larva ada yang langsung membuat pupa, tetapi ada juga yang lebih dulu membuat pelindung dari daun yang dilipat, tanah atau pasir yang halus, sayatan kayu yang halus, dan bahan lainnya. Tempat perlindungan di sekeliling pupa disebut *kepompong* atau *kokon*. Pada tahap pupa, serangga tidak aktif makan, walaupun proses metabolisme tetap berlangsung. Setelah melewati tahap pupa, serangga akan menjadi dewasa (*imago*).



Gambar 1.9 Urutan metamorfosis sempurna pada kupu-kupu.

Sumber: Microsoft Student, 2006

#### b. Metamorfosis Tidak Sempurna (Hemimetabola)

Serangga yang mengalami metamorfosis tidak sempurna, bentuk serangga yang baru menetas (nimfa) tidak jauh berbeda dengan bentuk serangga dewasa (*imago*). Perbedaan yang mencolok adalah nimfa tidak memiliki sayap. Sayap akan tumbuh secara bertahap sehingga menyerupai bentuk

dewasa. Secara umum nimfa dan serangga dewasa memiliki sifat yang sama. Contohnya pada jangkrik dan belalang. Urutan daur hidup serangga yang mengalami metamorfosis tidak sempurna adalah sebagai berikut.

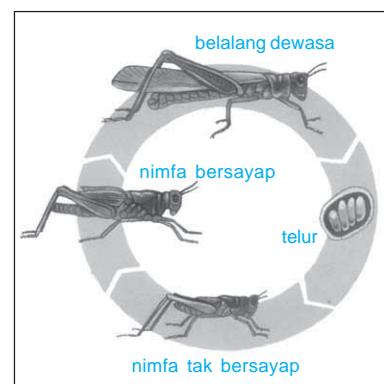
telur → nimfa → dewasa (imago)

## 2. Metagenesis

Beberapa jenis hewan dan tumbuhan ada yang mengalami proses metagenesis. *Metagenesis* adalah proses pergiliran hidup yaitu antara fase seksual dan aseksual. Hewan dan tumbuhan yang mengalami metagenesis akan mengalami dua fase kehidupan, yaitu fase kehidupan yang bereproduksi secara seksual dan fase kehidupan yang bereproduksi secara aseksual.

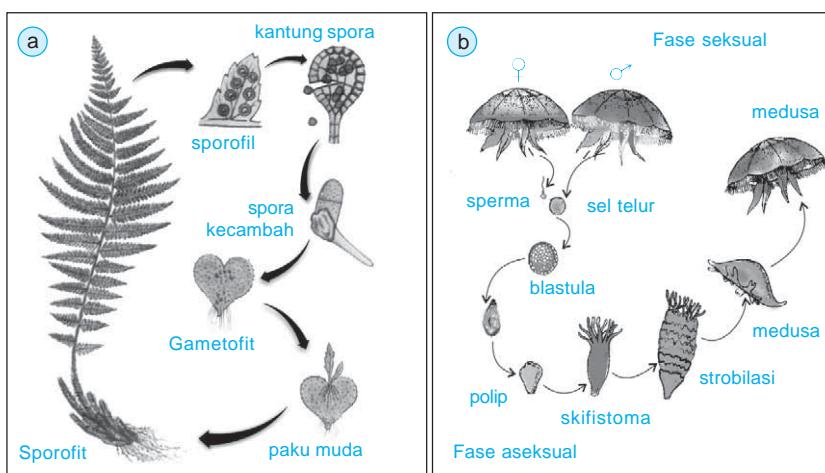
Metagenesis pada tumbuhan dapat diamati dengan jelas pada tumbuhan tak berbiji (paku dan lumut). Pada tumbuhan tersebut, pembentukan gamet jantan berlangsung di dalam antheridium dan gamet betina di dalam arkegonium. Jika gamet jantan membuahi gamet betina, maka akan terbentuk zigot. Zigot tumbuh menjadi individu yang menghasilkan spora. Generasi ini disebut fase vegetatif (aseksual) atau sporofit. Spora yang jatuh di tempat yang sesuai akan tumbuh menjadi individu baru yang menghasilkan gamet. Karena menghasilkan gamet, maka generasi ini disebut fase generatif (seksual) atau gametofit. Demikian seterusnya terjadi pergiliran keturunan antara fase gametofit dan sporofit. Tumbuhan lumut yang sering kamu jumpai merupakan fase gametofit. Sedangkan tumbuhan paku yang kamu lihat sehari-hari merupakan fase sporofit. Pergiliran keturunan antara fase sporofit dan gametofit itulah yang disebut metagenesis. Perhatikan **Gambar 1.11(a)**.

Beberapa hewan tingkat rendah juga mengalami *metagenesis*, contohnya *Obelia* dan *Aurelia*. Perhatikan metagenesis ubur-ubur (*Aurelia*) pada **Gambar 1.11(b)**. Dari gambar itu tampak jelas bahwa ubur-ubur (*Aurelia*) memiliki dua jenis kehidupan yaitu kehidupan saat menempel (*polip*) dan kehidupan bergerak bebas (*medusa*).



**Gambar 1.10** Metamorfosis tidak sempurna pada belalang.

Sumber: Ensiklopedia IPTEK



**Gambar 1.11** (a) Siklus hidup paku. (b) Siklus hidup ubur-ubur.

## Tugas 1.2

1. Jelaskan proses metamorfosis pada kumbang badak.
2. Pada ubur-ubur, mengapa medusa disebut fase seksual sedangkan polip disebut fase aseksual?
3. Carilah daur hidup paku heterospor, kemudian tentukan manakah fase gametofit dan manakah fase sporofitnya.



## Tahapan Pertumbuhan dan Perkembangan Manusia



**Gambar 1.12** Pertumbuhan dan perkembangan manusia dari tahap balita, remaja, dewasa, dan manula.

**Sumber:** Dokumen Penerbit

Manusia juga mengalami pertumbuhan dan perkembangan. Tahukah kamu perubahan apa yang terjadi dalam dirimu dari sejak bayi hingga sekarang? Tentu saja terjadi perubahan berat dan tinggi badan (tumbuh). Misalnya ketika baru lahir beratmu sekitar 3 kg, pada umur 6 bulan beratnya menjadi 8 – 9 kg dan sekarang mungkin beratmu sekitar 35 kg. Selain tumbuh, kamu juga mengalami perubahan menuju kedewasaan (berkembang). Perkembangan berhubungan dengan tingkah laku (sikap) atau kejiwaan. Misalnya terjadi perkembangan/perubahan sikap dan kebiasaan dari balita, remaja, dewasa, sampai lanjut usia. Setiap tahap perkembangan memiliki ciri yang berbeda. Walaupun pertumbuhan dan perkembangan berbeda, tetapi kedua proses ini berlangsung bersamaan atau tidak dapat dipisahkan.

Perhatikan tahap-tahap perkembangan manusia dari balita, kanak-kanak, remaja, dewasa, hingga lanjut usia pada **Tabel 1.1** berikut ini.

**Tabel 1.1** Tahap-tahap perkembangan manusia.

| No. | Tahap Perkembangan | Ciri-Ciri   |
|-----|--------------------|---|
| 1.  | Balita             | <ul style="list-style-type: none"><li>- Mulai mengenal lingkungan.</li><li>- Membutuhkan perhatian khusus dari orang tua.</li><li>- Senang bermain.</li><li>- Bersifat kekanak-kanakan (manja).</li><li>- Cenderung keras kepala.</li><li>- Suka menolak perintah.</li><li>- Membutuhkan zat gizi yang banyak.</li><li>- Hormon pertumbuhan dihasilkan secara meningkat.</li></ul>                        |
| 2.  | Kanak-kanak        | <ul style="list-style-type: none"><li>- Gigi susu mulai tanggal dan gigi permanen mulai tumbuh.</li><li>- Pertumbuhan jiwanya relatif stabil.</li><li>- Daya ingat kuat, mematuhi segala perintah gurunya.</li><li>- Mudah menghafal tetapi juga mudah melupakan.</li><li>- Sifat keras kepala mulai berkurang dan lebih dapat menerima pengertian karena kemampuan logikanya mulai berkembang.</li></ul> |

|    |                         |  |
|----|-------------------------|--|
| 3. | Remaja                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mulai memperhatikan penampilan.</li> <li>- Mudah cemas dan bingung bila adanya perubahan psikis.</li> <li>- Tidak mau dibatasi aktivitasnya.</li> <li>- Mulai memilih teman yang cocok.</li> <li>- Tidak mau diperlakukan seperti anak kecil.</li> <li>- Selalu ingin mencoba hal-hal baru.</li> <li>- Senang meniru idola atau berkhayal.</li> <li>- Mulai bersikap kritis.</li> <li>- Mulai ada perubahan bentuk fisik.</li> <li>- Mulai menghasilkan hormon reproduksi.</li> <li>- Alat kelamin mulai berkembang.</li> <li>- Hormon pertumbuhan masih terus dihasilkan.</li> </ul> |
| 4. | Dewasa<br>(18–60 tahun) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Daya pikir cepat.</li> <li>- Bersikap kritis.</li> <li>- Sudah memiliki pendirian yang tetap.</li> <li>- Sudah menetapkan lingkungan yang dianggap cocok.</li> <li>- Sudah dapat memilih pasangan hidup yang dianggap cocok.</li> <li>- Organ reproduksi sudah matang dan sempurna.</li> <li>- Hormon pertumbuhan sudah tidak dihasilkan lagi.</li> </ul>   |
| 5. | Manula                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Daya pikir lambat.</li> <li>- Terkadang mudah tersinggung.</li> <li>- Pendirian dan pemikirannya sudah tetap.</li> <li>- Terkadang bersifat kekanak-kanakan.</li> <li>- Rambut putih.</li> <li>- Kulit keriput.</li> <li>- Gigi mulai tanggal dan menjadi ompong.</li> <li>- Mata mulai rabun.</li> <li>- Wanita mengalami masa <i>menopause</i>.</li> </ul>  |



## Pubertas pada Remaja

Berdasarkan usiamu, sekarang kamu telah memasuki tahap remaja. Kamu tentu dapat merasakan adanya perubahan fisik dan tingkah laku yang pasti berbeda dibandingkan sewaktu duduk di sekolah dasar. Semua remaja mengalami pubertas. *Pubertas* adalah perubahan menjadi dewasa yang ditandai adanya perubahan fisik dan emosional (*psikis*). Masa pubertas disebut juga *akil balig*. Pada masa ini telah tercapai kematangan seksual yaitu sistem reproduksi telah mampu membuat sel-sel kelamin (gamet). Hal ini dipengaruhi oleh produksi *hormon kelamin* dan *kelenjar hipofisis*. Secara biologis, kamu telah siap untuk bereproduksi, namun belum tentu demikian bila ditinjau secara segi psikis, sosial, ekonomi, dan lain-lain. Tingkat perkembangan pada setiap orang berbeda-beda, yang dipengaruhi oleh faktor keturunan, produksi hormon, konsumsi makanan, dan penyakit. Gejala pubertas dapat ditinjau secara fisik dan psikis (kejiwaan/emosional).

### Tips Masa Pubertas

Hal-hal yang harus diperhatikan untuk remaja pada masa pubertas:

- Pilih pergaulan yang benar.
- Bisa membatasi diri dalam pergaulan dengan lawan jenis.
- Cari pengetahuan yang berhubungan dengan masa remaja.
- Jangan terbawa arus, hindari menonton film dan gambar-gambar porno.
- Pertebal keimanan.

## 1. Pubertas Secara Fisik

Pubertas secara fisik dapat dilihat dari perubahan tubuh, meliputi perubahan tanda kelamin primer dan sekunder. Perkembangan tubuh remaja laki-laki dan perempuan berbeda karena pengaruh hormon yang dihasilkan. Laki-laki menghasilkan hormon androgen, sedangkan perempuan menghasilkan hormon estrogen. Ciri-ciri pubertas secara fisik dapat diuraikan sebagai berikut.

### a. Ciri kelamin primer

- 1) Organ kelamin telah mampu memproduksi sel-sel kelamin. Laki-laki mulai menghasilkan sperma di dalam testis, sedangkan perempuan mulai menghasilkan sel telur di dalam indung telur (*ovarium*).
- 2) Organ kelamin mulai berfungsi. Pada remaja laki-laki ditandai dengan pertama kali mengalami "mimpi basah" yang mengeluarkan sperma atau air mani. Pada perempuan ditandai dengan mengalami menstruasi yang pertama kali.

### b. Ciri kelamin sekunder

Pada remaja laki-laki, pubertas ditandai dengan ciri-ciri kelamin sekunder sebagai berikut.

- 1) Mulai tumbuh jakun.
- 2) Perubahan suara menjadi lebih besar dan berat.
- 3) Tumbuh kumis atau jenggot.
- 4) Tumbuh rambut di dada, kaki, ketiak, dan sekitar organ kelamin.
- 5) Mulai tampak otot-otot yang berkembang lebih besar dan menonjol.
- 6) Bahu melebar melebihi bagian pinggul.
- 7) Perubahan jaringan kulit menjadi lebih kasar dan pori-pori tampak membesar.
- 8) Kadang-kadang diikuti dengan munculnya jerawat di daerah muka.

Pada remaja perempuan, pubertas juga ditandai dengan ciri kelamin sekunder sebagai berikut.

- 1) Membesarnya payudara dan puting susu mulai timbul.
  - 2) Pinggul melebar.
  - 3) Tumbuh rambut di ketiak dan sekitar organ kelamin.
  - 4) Suara lebih nyaring.
  - 5) Kadang-kadang diikuti munculnya jerawat di daerah muka.
- c. Perubahan proporsi tubuh, tampak dari bertambahnya tinggi badan, berat badan, panjang kaki, dan tangan, sehingga ukuran seluruh badan bertambah.

## 2. Pubertas Secara Psikis

Selain terjadi perubahan secara fisik, pada masa pubertas juga terjadi perubahan hormonal yang memengaruhi kondisi psikologis dan tingkah lakunya. Ciri-ciri pubertas secara psikis dapat diuraikan sebagai berikut.

### a. Mencari identitas diri

Dalam usaha mencari identitas diri, remaja sering menentang kemapanan karena dirasa membenggu kebebasannya. Meskipun cara berpikirnya belum dewasa namun remaja tidak mau dikatakan sebagai anak-anak. Remaja sering melakukan hal coba-coba karena rasa ingin tahu yang sangat besar.

### b. Mulai tertarik kepada lawan jenis

Masa remaja adalah masa persiapan menuju dewasa. Wajar bila remaja mempunyai ketertarikan dengan lawan jenis. Namun demikian pernikahan pada usia remaja belum diperbolehkan karena secara mental belum siap. Kehamilan pada usia remaja dapat berpengaruh negatif baik pada diri remaja maupun bayi yang dikandungnya.



**Gambar 1.13** Salah satu perkembangan psikologis remaja adalah mulai tertarik pada lawan jenisnya.

**Sumber:** Dokumen Penerbit

### Tugas 1.3

Apa yang menyebabkan pertumbuhan dan perkembangan manusia satu dengan yang lain berbeda? Carilah informasi yang berkaitan dengan hal ini, kemudian diskusikan dengan teman sekelasmu untuk merumuskan hal-hal penting yang perlu dilakukan di masa pertumbuhan.

### Rangkuman

- Semua makhluk hidup mengalami pertumbuhan dan perkembangan. Pertumbuhan adalah bertambahnya ukuran tubuh yang bersifat ireversibel. Sedangkan perkembangan adalah proses menuju kedewasaan atau kesempurnaan.
- Pertumbuhan dan perkembangan dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal. Faktor internal berupa gen dan hormon, sedangkan faktor eksternal dapat berupa nutrisi, suhu, cahaya, tanah, air, dan kelembapan.
- Pertumbuhan pada tumbuhan terjadi karena aktivitas pembelahan sel di daerah meristem. Tumbuhan dapat mengalami pertumbuhan primer dan sekunder. Perkembangan pada tingkat seluler misalnya diferensiasi sel hasil pembelahan membentuk jaringan. Perkembangan tingkat organ ditandai dengan terbentuknya organ vegetatif, yaitu bunga, buah, dan biji. Pertumbuhan pada tumbuhan dapat berlangsung hampir seumur hidupnya.

- Pertumbuhan dan perkembangan pada hewan dapat dibedakan antara perkembangan fase embrionik dan fase pascaembrionik. Fase embrionik dimulai ketika terbentuk zigot hingga menjadi embrio. Fase pascaembrionik terjadi sejak hewan lahir atau menetas hingga menjadi dewasa. Pertumbuhan pada hewan hanya berlangsung sampai dengan usia tertentu.
- Beberapa jenis hewan dalam pertumbuhan dan perkembangannya mengalami metamorfosis dan metagenesis. Metamorfosis merupakan perubahan bentuk tubuh yang bertahap dari larva menjadi dewasa, di mana bentuk larva sering berbeda dengan bentuk dewasanya. Metagenesis merupakan pergantian hidup antara fase seksual dan aseksual. Bentuk makhluk hidup antara fase seksual dan fase aseksualnya berbeda.
- Pertumbuhan dan perkembangan manusia mengalami beberapa tahap, yaitu balita, anak-anak, remaja, dewasa, dan lanjut usia. Pada usia remaja terjadi pubertas, yaitu perubahan menjadi dewasa. Pubertas ditandai dengan perubahan fisik dan psikis.

### Refleksi

Kamu telah selesai mempelajari materi dalam bab ini. Sebelum melanjutkan pelajaran di bab berikutnya, lakukan evaluasi diri dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan di bawah ini. Jika semua pertanyaan dapat kamu jawab dengan ‘ya’, artinya kamu telah menguasai materi dalam bab ini dan silakan melanjutkan mempelajari di bab berikutnya. Namun jika ada pertanyaan yang dijawab dengan ‘tidak’, maka kamu perlu mengulangi materi yang berkaitan dengan pertanyaan itu. Jika ada kesulitan atau ada hal yang sukar dimengerti, bertanyalah kepada Bapak/Ibu Guru.

1. Dapatkah kamu menjelaskan pengertian pertumbuhan dan perkembangan pada makhluk hidup dan faktor-faktor yang mempengaruhinya?
2. Apakah kamu sudah memahami proses pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan dan hewan?
3. Apakah kamu dapat menjelaskan pengertian metamorfosis dan metagenesis serta memberikan contohnya?
4. Dapatkah kamu menunjukkan tahapan-tahapan dalam perkembangan manusia?
5. Apakah kamu sudah memahami bahwa saat ini dirimu sedang memasuki tahap pubertas? Bagaimana ciri fisik dan psikis masa pubertas?

### Latih Kemampuan

1

#### I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Faktor internal yang mempengaruhi pertumbuhan pada tumbuhan adalah ....
  - a. suhu dan oksigen
  - b. kelembapan dan karbon dioksida
  - c. lingkungan dan makhluk hidup lain
  - d. gen dan hormon
2. Pertumbuhan pada makhluk hidup adalah ....
  - a. proses perubahan bentuk tubuh
  - b. pertambahan ukuran tubuh
3. proses menuju kedewasaan
4. penyebaran spesies yang meluas
5. Urutan perkembangan hewan pada masa embrionik adalah ....
  - a. zigot, morula, gastrula, blastula
  - b. zigot, blastula, morula, gastrula
  - c. zigot, morula, blastula, gastrula
  - d. zigot, blastula, gastrula, morula

4. Proses diferensiasi menjadi 3 lapisan terjadi pada stadium ....
- gastrula
  - morula
  - zigot
  - blastula
5. Perkembangan pada makhluk hidup adalah ....
- proses menuju kedewasaan
  - penambahan ukuran tubuh
  - perubahan bentuk tubuh terus-menerus
  - penyebaran spesies yang meluas
6. Berikut ini organisme yang mengalami metagenesis, *kecuali* ....
- lumut
  - ubur-ubur
  - paku
  - serangga
7. Pergiliran keturunan seksual dan aseksual yang bergantian disebut ....
- metagenesis
  - holometabola
  - heterometabola
  - metamorfosis
8. Proses yang *tidak* dialami serangga yang mengalami metamorfosis tidak sempurna adalah ....
- nimfa
  - telur
  - imago
  - pupa
9. Ulat merupakan salah satu tahap dari metamorfosis kupu-kupu yaitu tahap ....
- pupa
  - larva
  - telur
  - nimfa
10. Tumbuhan paku yang kamu temui sehari-hari merupakan fase ....
- sporofit
  - gametofit
  - protonema
  - spora
11. Salah satu ciri laki-laki yang mengalami masa pubertas adalah ....
- mengalami menstruasi
  - daya pikir melemah
  - membutuhkan perhatian
  - mengalami "mimpi basah"
12. Berikut ciri-ciri tahap perkembangan pada manula ialah ....
- perubahan suara
  - tumbuhnya rambut di dada
  - pertambahan berat badan
  - rambut menjadi putih
13. Berikut adalah salah satu ciri perubahan fisik wanita pada masa puber, *kecuali* ....
- membesarnya payudara
  - melebarnya bagian pinggul
  - tumbuhnya rambut di ketiak
  - perubahan warna rambut
14. Yang menyebabkan terjadinya menstruasi pada wanita adalah ....
- peluruhan sel sperma
  - perubahan dinding rahim
  - sel telur tidak dibuahi sperma
  - sel sperma tidak dibuahi sel telur
15. Apabila seorang telah berpikir kritis dan menetapkan pendirian dalam mengambil keputusan, dia berada dalam tahap perkembangan ....
- dewasa
  - manula
  - balita
  - remaja

## B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

- Apa perbedaan pertumbuhan dan perkembangan?
- Apa perbedaan metagenesis dan metamorfosis?
- Jelaskan proses metagenesis tumbuhan lumut dan lengkapi dengan bagannya.
- Jelaskan proses pertumbuhan dan perkembangan pasca embrionik pada hewan tinggi.
- Sebutkan ciri-ciri pubertas pada remaja laki-laki dan perempuan.

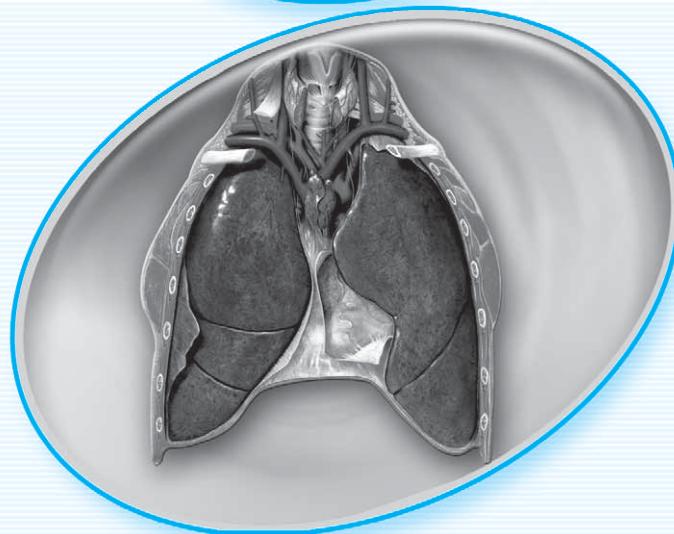
### Menentukan Usia Tumbuhan Berkayu

Tumbuhan dikotil mengalami pertumbuhan primer dan pertumbuhan sekunder. Pertumbuhan primer ditunjukkan oleh batang yang bertambah tinggi dan akar yang bertambah panjang. Sedangkan pertumbuhan sekunder dapat kamu amati pada batang yang bertambah besar atau ruas batang yang bertambah panjang.

Pertumbuhan sekunder pada tanaman dikotil berkayu dapat kamu lihat pada penampang melintang pada batangnya. Cobalah untuk menemukan batang kayu besar yang masih utuh atau pangkal batang kayu yang sudah ditebang. Kamu dapat menemukan di tempat penggergajian kayu, tempat penimbunan kayu, atau di tempat lain. Jika kamu amati, kamu akan menemukan garis-garis lingkaran konsentris yang disebut *lingkaran tahun*. Lingkaran tahun terbentuk karena aktivitas pembelahan sel-sel kambium dipengaruhi oleh musim. Kamu tentu tahu bahwa musim berkaitan dengan ketersediaan air dan unsur hara. Pada musim penghujan, air cukup banyak tersedia sehingga aktivitas sel-sel kambium meningkat. Pada musim kemarau air yang tersedia sedikit sehingga aktivitas sel-sel kambium berkurang. Jadi pertumbuhan di musim penghujan lebih cepat dibandingkan pada musim kemarau. Perbedaan aktivitas kambium di musim penghujan dan kemarau inilah yang menyebabkan terbentuknya lingkaran tahun. Oleh karena itu kamu dapat menentukan usia tumbuhan berkayu dengan menghitung jumlah lingkaran tahun yang kamu temukan pada potongan melintang batang berkayu.

## Bab II

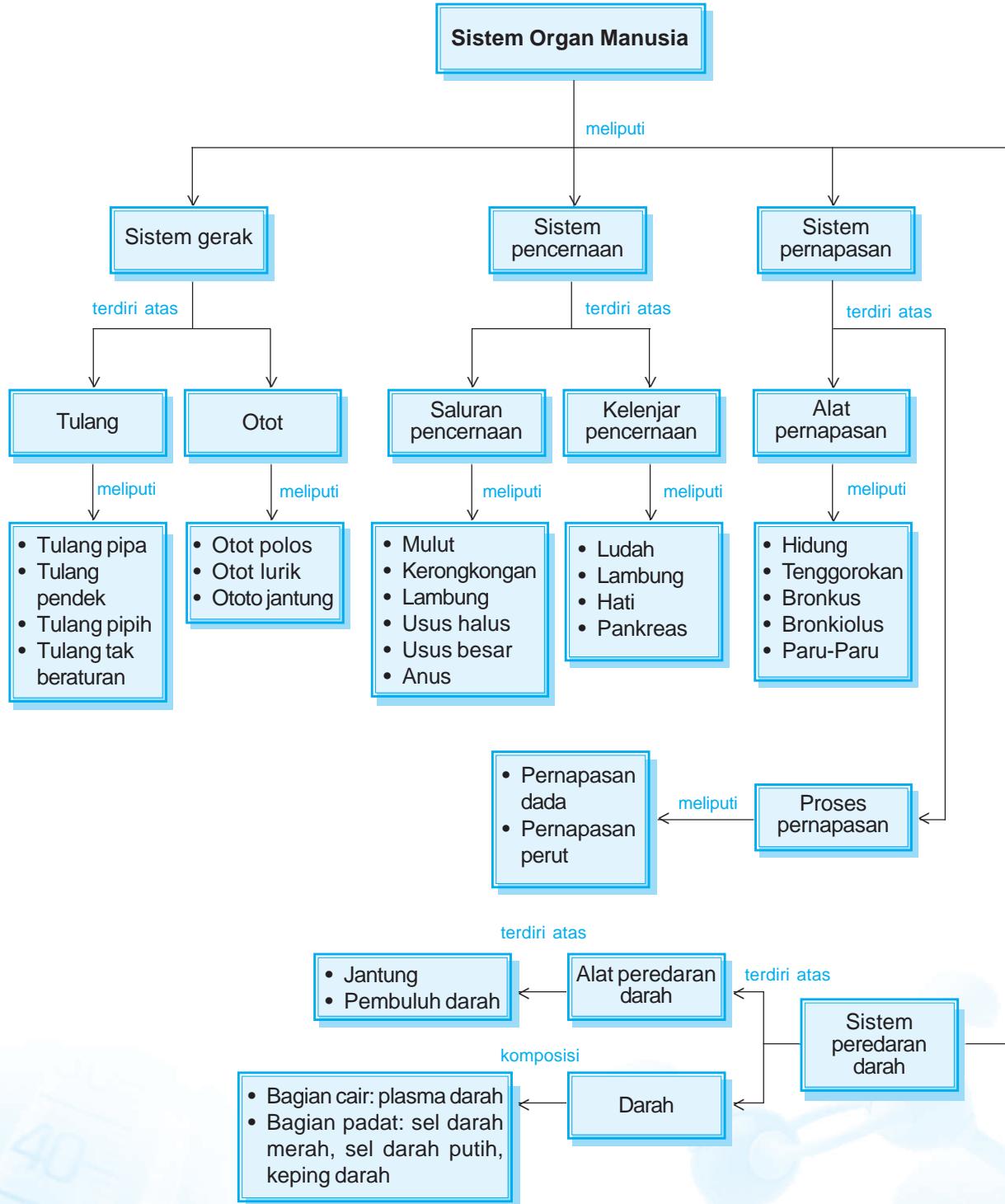
# Berbagai Sistem Organ pada Manusia



Kamu telah mengetahui bahwa sel-sel dengan bentuk dan fungsi yang sama akan membentuk jaringan. Beberapa jaringan bekerjasama membentuk organ dan beberapa organ menyusun sistem organ. Tubuh manusia dilengkapi dengan berbagai sistem organ untuk melaksanakan fungsi-fungsi kehidupan. Kelainan pada salah satu sistem organ atau bagiannya dapat menyebabkan gangguan pada sistem yang lain. Apa sajakah sistem organ pada manusia? Bagaimana hubungannya dengan kesehatan?

Pada bab ini kamu akan mempelajari berbagai sistem dalam kehidupan manusia, yaitu sistem gerak, pencernaan, pernapasan, dan sistem peredaran darah beserta hubungannya dengan kesehatan.

# Peta Konsep



## Kata Kunci

- |          |              |                  |
|----------|--------------|------------------|
| • tulang | • pencernaan | • darah          |
| • otot   | • energi     | • transportasi   |
| • gizi   | • bernapas   | • golongan darah |

Di kelas VII kamu telah mempelajari organisasi kehidupan. Tubuh makhluk hidup tersusun atas sel. Sel-sel yang mempunyai bentuk dan fungsi yang sama membentuk jaringan. Beberapa jaringan menyusun organ. Organ-organ saling bekerjasama membentuk sistem organ. Di dalam tubuh manusia terdapat berbagai sistem organ, antara lain sistem gerak, pencernaan, pernapasan, sistem peredaran darah, sistem ekskresi, dan sistem reproduksi. Penyakit atau kelainan pada sistem organ dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan.



## A Sistem Gerak pada Manusia

Gerak merupakan salah satu ciri dari makhluk hidup. Tubuhmu akan bergerak apabila menerima rangsangan dari luar. Misalnya bila tiba-tiba kakimu terkena benda panas. Apa yang kamu lakukan? Pasti segera menarik kaki menjauhi benda panas itu. Jadi gerak merupakan suatu tanggapan makhluk hidup terhadap rangsangan dari lingkungan.

Sistem gerak pada manusia tersusun dari rangka dan otot. Rangka disebut alat gerak pasif sedangkan otot disebut alat gerak aktif. Dapat disebut demikian karena rangka hanya dapat digerakkan oleh otot.

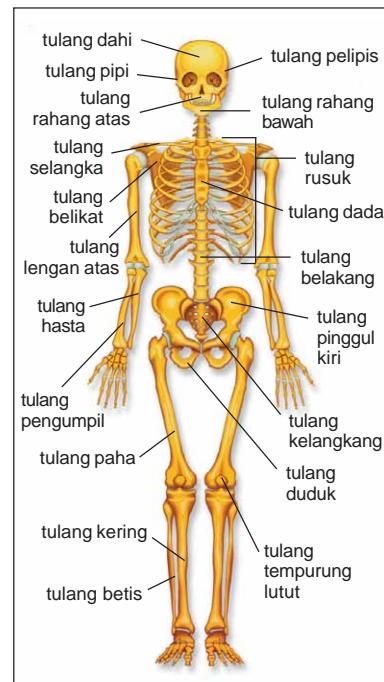
### 1. Rangka

Rangka (*skelet*) merupakan rangkaian tulang yang mendukung dan melindungi organ tubuh yang lunak. Tulang satu dengan tulang yang lain dihubungkan oleh persendian (*artikulasі*). Sistem rangka yang terletak di dalam tubuh dan dilindungi oleh kulit dan otot disebut *endoskeleton*. Fungsi rangka antara lain sebagai berikut.

- Memberikan bentuk tubuh dan menegakkan berdirinya tubuh.
- Melindungi organ yang rusak.
- Alat gerak pasif.
- Tempat melekatnya otot.
- Tempat pembentukan sumsum.

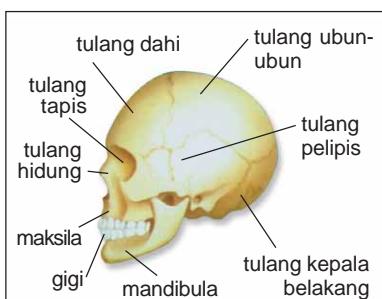
Rangka tubuh manusia tersusun oleh berbagai macam tulang. Tulang dapat dikelompokkan sebagai berikut.

- Berdasarkan bentuknya, tulang dibedakan menjadi tulang panjang (pipa), tulang pendek, tulang pipih, dan tulang yang berbentuk tidak beraturan.
  - Tulang panjang (pipa), terdapat pada lengan atas, tulang paha, tulang betis dan ruas tulang jari. Di dalam rongga tulang pipa berisi sumsum merah.
  - Tulang pendek, terdapat pada ruas-ruas tulang belakang, pergelangan tangan dan pergelangan kaki. Di dalamnya terdapat sumsum merah yang berfungsi sebagai tempat pembuatan sel darah merah dan sel darah putih.



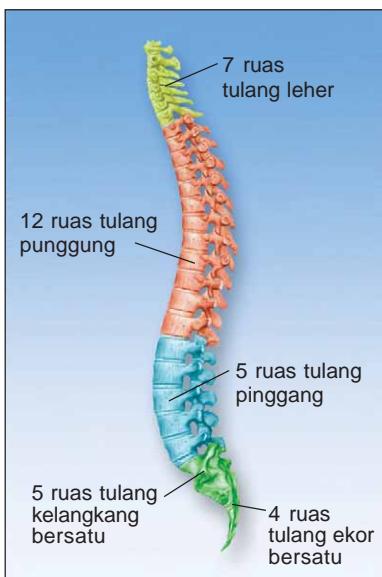
Gambar 2.1 Susunan rangka pada manusia.

Sumber: Kamus Visual



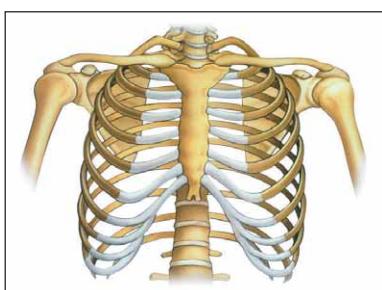
**Gambar 2.2** Tulang kepala manusia.

Sumber: *The Human Body Atlas*



**Gambar 2.3** Tulang belakang manusia.

Sumber: *The Human Body Atlas*



**Gambar 2.4** Tulang dada dan tulang rusuk manusia.

Sumber: *The Human Body Atlas*

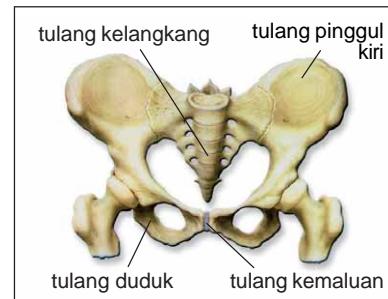
- 3) Tulang pipih, terdapat pada tulang rusuk, tulang dada, tulang tempurung kepala, tulang belikat, dan tulang panggul.
  - 4) Tulang yang bentuknya tidak beraturan, terdapat pada tulang wajah dan ruas-ruas tulang belakang.
- b. Berdasarkan komponen penyusunnya tulang dibedakan menjadi tulang rawan dan tulang keras.
- 1) Tulang rawan (*kartilago*), ciri-cirinya yaitu terdiri atas sel-sel tulang rawan, bersifat lentur dan elastis, banyak mengandung zat perekat atau kondroblast, dan sedikit zat kapur. Contoh pada tulang hidung, ujung tulang pipa, daun telinga, antarruas tulang belakang, trachea, dan ujung tulang rusuk.
  - 2) Tulang keras, ciri-cirinya yaitu mengandung osteoblas yang menghasilkan zat pengikat di sekitar sel-sel tulang. Osteoblas juga membentuk sel tulang (*osteosit*). Selain osteoblas juga terdapat osteoklas yang merombak tulang dalam proses pembentukan rongga sumsum tulang. Sel-sel tulang keras menghasilkan suatu senyawa protein yang akan menjadi matriks tulang. Ke dalam matriks tulang itu akan diendapkan zat kapur berupa kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dan kalsium fosfat ( $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$ ). Oleh karena itu matriks tulang menjadi keras. Proses pengerasannya disebut penulangan (*osifikasi*). Pada struktur tulang keras terdapat sistem havers yaitu suatu kesatuan antara sel-sel tulang dan matriks yang mengelilingi suatu pembuluh darah dan saraf.

Rangka manusia terdiri dari rangka *aksial* dan rangka *appendikular*. Rangka aksial (rangka poros), terdiri dari 80 rangka tubuh yaitu tulang belakang, kepala, rusuk dan dada. Sedangkan rangka appendikular (rangka tambahan), terdiri dari 126 tulang yaitu gelang bahu, kaki depan, gelang panggul, dan kaki belakang.

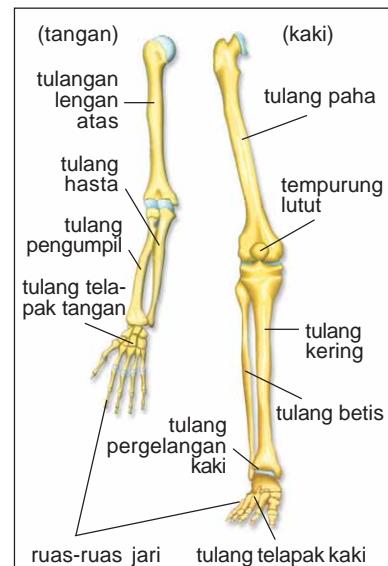
- a. Rangka aksial, terdiri atas tulang-tulang sebagai berikut.
  - 1) Tulang penyusun kepala (tengkorak) terdiri dari tulang tempurung kepala (10 tulang) dan tulang-tulang wajah (13 tulang).
  - 2) Tulang belakang, tersusun atas ruas-ruas yang kuat dan fleksibel untuk menyangga kepala. Terdiri dari 33 ruas tulang, yaitu 7 ruas tulang leher, 12 ruas tulang punggung, 5 ruas tulang pinggang, 5 ruas tulang kelangkang, dan 4 ruas tulang ekor.
  - 3) Tulang rusuk atau tulang iga, tersusun dari 12 pasang tulang iga yang semuanya berpangkal pada tulang punggung dan dapat dikelompokkan sebagai berikut.
    - a) 7 pasang tulang rusuk sejati, tulang ini menempel pada tulang dada, sedangkan bagian belakang menempel pada tulang punggung.
    - b) 3 pasang tulang rusuk palsu, pada bagian belakang menempel pada tulang punggung, sedangkan bagian depan menempel pada tulang rusuk di atasnya.

- c) 2 pasang tulang rusuk melayang, berada pada bagian belakang tulang rusuk menempel pada bagian tulang punggung dan bagian depan melayang karena tidak menempel pada tulang dada.
- 4) Tulang dada, merupakan sebuah tulang pipih yang terletak di tengah dada. Tulang dada dibedakan menjadi tiga yaitu:
  - a) bagian atas (hulu), sepotong tulang berbentuk segitiga, yang berhubungan dengan selangka,
  - b) bagian badan, yang berhubungan dengan tujuh pasang tulang rusuk sejati, serta
  - c) tulang pedang-pedangan (bagian taju pedang), yang tersusun atas tulang rawan.
- b. Rangka apendikular, tersusun atas tulang-tulang sebagai berikut.
  - 1) Gelang bahu, berjumlah dua yaitu di kanan dan kiri, masing-masing terdiri dari tulang selangka dan belikat. Tulang belikat melekat pada otot-otot punggung, ujung lateralnya bersendi dengan selangka dan tulang lengan atas. Gelang bahu tidak terlalu stabil tetapi memungkinkan alat gerak bagian atas bergerak bebas.
  - 2) Alat gerak bagian atas, tersusun atas 60 tulang yang terdiri dari, 2 tulang lengan atas, 2 tulang hasta (letaknya searah dengan jari kelingking, 2 tulang pengumpil (letaknya searah dengan ibu jari), 16 ( $2 \times 8$ ) tulang pergelangan tangan, 10 ( $2 \times 5$ ) tulang telapak tangan, 28 ( $2 \times 14$ ) jari-jari tangan.
  - 3) Gelang panggul, terdiri dari 2 tulang pinggul kanan dan kiri, 2 tulang duduk dan 2 tulang kemaluan. Gelang panggul sangat stabil karena berfungsi sebagai penahan berat tubuh. Gelang panggul berhubungan dengan alat gerak bagian bawah. Perhatikan **Gambar 2.5**.
  - 4) Alat gerak bagian bawah, tersusun atas 60 tulang yaitu 2 tulang paha, 2 tulang tempurung kaki, 2 tulang kering, 2 tulang betis, 14 tulang pergelangan kaki, 10 tulang telapak kaki, dan 28 tulang jari kaki. Lihat **Gambar 2.6**.

Untuk mengamati rangka tubuh manusia, lakukan **Kegiatan 2.1** berikut ini.



**Gambar 2.5** Gelang panggul.  
Sumber: *The Human Body Atlas*



**Gambar 2.6** Alat gerak bagian atas dan bawah.  
Sumber: *Kamus Visual*

## Kegiatan 2.1

### Rangka Tubuh Manusia

#### Tujuan:

Mengamati tulang tengkorak dan anggota gerak manusia.

#### Alat dan bahan:

Model tulang tengkorak dan tulang anggota gerak pada manusia.

### Langkah kerja:

1. Amati model tengkorak dan tulang anggota gerak pada manusia.
2. Buatlah gambar beserta nama tulang-tulang penyusun tengkorak dan anggota gerak.

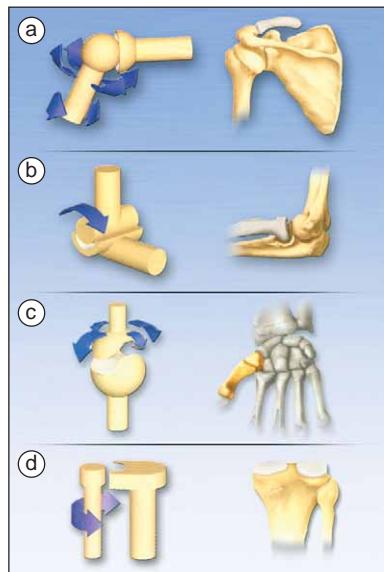
### Pertanyaan:

1. Apa fungsi dari tulang tengkorak?
2. Berapa jumlah tulang penyusun tengkorak? Sebutkan.
3. Apa fungsi tulang lengan dan tulang kaki manusia?
4. Tuliskan nama tulang yang menyusun gelang panggul dan gelang bahu.
5. Berapa jumlah tulang yang menyusun anggota gerak bawah (kaki)?

## 2. Hubungan Antartulang (Persendian/Artikulas)

Persendian ialah tempat perhubungan antara tulang-tulang penyusun rangka tubuh. Tulang hanya dapat dibengkokkan atau diputar di daerah sendi saja karena tulang sendiri terlalu keras untuk dibengkokkan tanpa patah. Secara fungsional sendi dapat dibedakan sebagai berikut.

- a. Sendi mati (*sinartrosis*), yaitu sendi yang tidak memungkinkan adanya gerak. Contohnya sendi antartulang penyusun tengkorak.
- b. Sendi kaku (*amphiarthrosis*), yaitu sendi yang pergerakannya sedikit. Contohnya pada persendian tulang rusuk dan tulang dada.
- c. Sendi gerak (*diartrosis*), yaitu sendi yang pergerakannya bebas. Sendi ini dibedakan menjadi empat macam sebagai berikut.
  - 1) Sendi peluru, merupakan hubungan antara dua tulang yang memungkinkan terjadinya gerakan ke segala arah. Ujung tulang yang satu berbentuk bonggol, sedangkan yang lainnya berbentuk mangkuk sendi. Mangkuk sendi dibalut oleh jaringan ikat sendi dan memiliki cairan sinovial yang berfungsi sebagai pelumas. Misalnya antara gelang panggul dengan tulang paha, antara gelang bahu dengan tulang lengan atas.
  - 2) Sendi engsel, memungkinkan pergerakan ke satu arah seperti gerakan pintu dan jendela. Misalnya sendi pada siku dan lutut.
  - 3) Sendi pelana, yaitu persendian di mana tulang yang satu dapat bergerak kedua arah, misalnya ke depan ke belakang atau ke kiri kanan. Misalnya antara tulang ibu jari dan tulang telapak tangan.
  - 4) Sendi putar, yaitu persendian di mana tulang yang satu berputar mengitari tulang lainnya. Misalnya antara tulang pengumpil dan tulang hasta, antara tulang betis dan tulang kering.



Gambar 2.7 Berbagai macam persendian (a) sendi peluru, (b) sendi engsel, (c) sendi pelana, (d) sendi putar.

Sumber: Kamus Visual

Untuk mengamati persendian pada sistem gerak manusia, lakukan Kegiatan 2.2 berikut ini.

## Kegiatan 2.2

### Persendian pada Sistem Gerak Manusia

#### Tujuan:

Mengidentifikasi jenis-jenis sendi gerak.

#### Alat dan bahan:

Anggota tubuh manusia.

#### Langkah kerja:

1. Amati gerak pada tubuhmu dan tentukan jenis persendiannya.
2. Lengkapi tabel pengamatan di bawah ini pada buku kerjamu. Gunakan referensi dari berbagai sumber untuk mengisi kolom nama sendi yang berperan.

| No. | Bagian Tubuh       | Arah Gerak |       |          |          | Nama Sendi |
|-----|--------------------|------------|-------|----------|----------|------------|
|     |                    | Samping    | Depan | Belakang | Berputar |            |
| 1.  | Bahu               |            |       |          |          |            |
| 2.  | Lengan             |            |       |          |          |            |
| 3.  | Pergelangan tangan |            |       |          |          |            |
| 4.  | Jari telunjuk      |            |       |          |          |            |
| 5.  | Ibu jari tangan    |            |       |          |          |            |
| 6.  | Panggul            |            |       |          |          |            |
| 7.  | Tungkai kaki       |            |       |          |          |            |
| 8.  | Lutut              |            |       |          |          |            |
| 9.  | Pergelangan kaki   |            |       |          |          |            |
| 10. | Ibu jari kaki      |            |       |          |          |            |

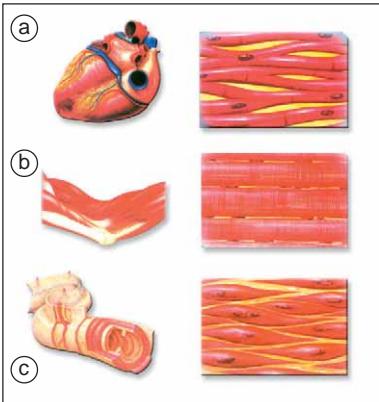
**Keterangan:** berilah tanda ✓ bila terjadi gerakan

#### Pertanyaan:

1. Ada berapa macam persendian pada alat gerakmu?
2. Kelompokkan bagian tubuh di atas berdasarkan jenis persendiannya!
3. Apa perbedaan sendi pelana dan sendi putar?
4. Apakah kesimpulan yang dapat kamu ambil?

### 3. Otot Tubuh Manusia

Otot manusia meliputi 40 – 50% dari berat tubuh. Otot bersifat elastis, dapat diregangkan, dapat dirangsang, dan berkontraksi. Tulang-tulang tidak dapat bergerak tanpa adanya



**Gambar 2.8** Struktur otot (a) otot jantung, (b) otot lurik, (c) otot polos.

Sumber: *The Human Body Atlas*

otot, sehingga otot sering disebut alat gerak aktif. Berdasarkan lokasi, struktur otot, dan kontrol dari saraf, otot dibagi menjadi tiga, yaitu otot polos, otot lurik, dan otot jantung.

- Otot polos, terletak pada organ-organ dalam, geraknya lamban, dan bekerja tidak dipengaruhi sistem otak sadar. Maka otot polos sering disebut otot tidak sadar. Geraknya teratur dan tidak cepat lelah. Berbentuk kumparan (gelendong atau *spindel*) dan kedua ujungnya meruncing. Setiap sel mempunyai satu inti yang terletak di tengah.
- Otot lurik, disebut juga otot rangka karena melekat pada rangka. Selnya berbentuk silinder dan memiliki banyak inti. Sel-sel otot membentuk serabut otot. Kumpulan serabut otot membentuk berkas otot. Dan kumpulan berkas otot membentuk otot atau kamu sering menyebutnya daging. Bagian tengah otot menggembung dan kedua ujungnya yang keras mengecil disebut urat atau *tendon*. Tendon inilah yang melekat pada tulang. Otot lurik bekerja secara sadar atau di bawah perintah otak dan kontraksi yang terus-menerus menimbulkan kelelahan.
- Otot jantung, memiliki sifat seperti otot polos, terletak pada jantung, dan strukturnya menyerupai otot lurik. Namun otot jantung berbeda dengan otot lurik karena memiliki sel bercabang dan satu inti yang berada di tengah. Otot jantung termasuk otot tidak sadar dan dapat bekerja terus-menerus.

Otot akan berkontraksi jika mendapat rangsangan dari saraf. Kontraksi menyebabkan otot menarik tulang yang dilekatinya sehingga menyebabkan gerakan pada sendi. Kontraksi otot akan menggerakkan tulang ke suatu arah. Untuk mengembalikan tulang seperti semula, diperlukan otot lain yang menggerakkan tulang ke arah berlawanan. Dua otot yang bekerjanya saling berlawanan seperti ini disebut otot antagonis. Misalnya pada otot bisep dan trisep, yang menyebabkan lengan dapat dibengkokkan dan diluruskan. Bentuk gerakan yang bersifat antagonis dapat berupa gerakan *ekstensor* yaitu otot yang berperan meluruskan sendi dan *fleksor* yaitu otot yang berperan membengkokkan sendi.

Gerakan otot yang lain bekerja secara sinergis, yaitu otot yang bekerja secara bersamaan. Misalnya telapak tangan yang menengadah atau menelungkup oleh otot *pronator* yang terletak di lengan bawah.

#### 4. Kelainan pada Tulang dan Otot

Sistem gerak dapat mengalami gangguan atau kelainan. Berikut ini beberapa kelainan-kelainan pada otot dan tulang.

- Osteoporosis, merupakan suatu penyakit penurunan massa tulang (pengurangan jaringan tulang). Pada osteoporosis, proses penghancuran komponen tulang melebihi proses pembentukan komponen tulang. Faktor penyebabnya adalah gangguan absorpsi vitamin D dan kalsium pada usus, menurunnya kadar estrogen setelah menopause, dan kurangnya olahraga.

#### Info Sains

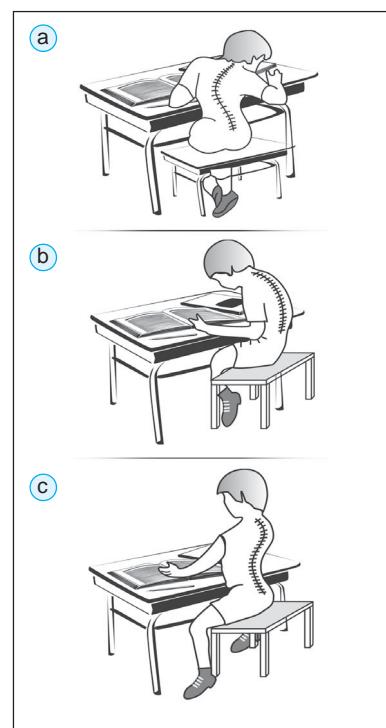
##### Kelelahan pada Otot

Otot yang berkontraksi secara terus menerus akan mengalami kelelahan. Hal ini disebabkan oleh penimbunan asam laktat yang diperoleh dari hasil metabolisme anaerob.

- b. Patah tulang, terdapat dua jenis yaitu patah tulang tertutup bila tulang tidak mencuat keluar menembus kulit dan patah tulang terbuka bila patahan tulang mencuat keluar dari kulit. Patah tulang dapat disebabkan benturan kuat. Garis patah tulang dapat berupa retakan saja, tetapi bila parah, tulangnya dapat hancur.
- c. Lordosis, adalah kelainan tulang belakang yang terlalu bengkok ke depan.
- d. Kifosis, adalah kelainan tulang belakang yang terlalu bengkok ke belakang atau bongkok.
- e. Skoliosis, adalah kelainan tulang belakang bengkok ke kiri atau ke kanan.
- f. Reumatik, adalah segala sesuatu yang berhubungan dengan rasa sakit dari alat gerak yaitu otot dan tulang. Hal ini sering berkaitan dengan sendi.
- g. Atrofi otot, adalah penurunan fungsi otot karena otot mengecil atau kehilangan kemampuan berkontraksi. Kebalikannya hipertrofi yaitu otot menjadi lebih besar dan lebih kuat.

### Tugas 2.1

1. Mengapa rangka disebut alat gerak aktif?
2. Jelaskan perbedaan otot polos, otot rangka, dan otot jantung.
3. Apakah usahamu untuk menghindari osteoporosis?



**Gambar 2.9** Kelainan pada tulang belakang (a) skoliosis, (b) kifosis, (c) lordosis.

Sumber: Dokumen Penerbit



B

## Sistem Pencernaan pada Manusia

Kamu telah mengetahui bahwa makhluk hidup memerlukan makanan untuk bertahan hidup. Makanan merupakan sumber energi dan sumber bahan baku untuk membangun tubuh. Sebelum dapat digunakan tubuh, makanan dicerna dalam sistem pencernaan. Sistem pencernaan manusia terdiri atas saluran pencernaan dan kelenjar pencernaan. Sedangkan kelenjar pencernaan meliputi kelenjar ludah, hati, kelenjar dinding lambung, dan pankreas.

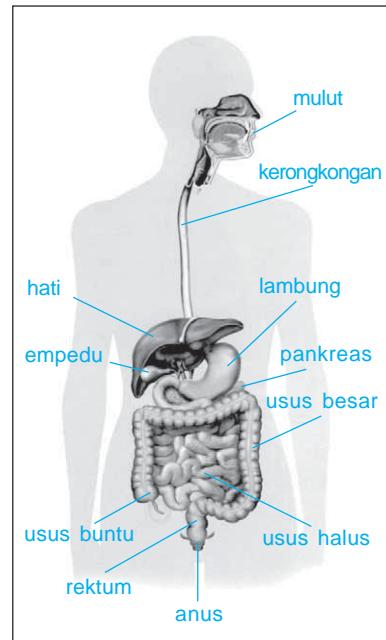
### 1. Alat Pencernaan

Saluran pencernaan tersusun dari mulut, kerongkongan, lambung, usus halus, usus besar, dan anus.

#### a. Rongga Mulut (*Cavum Oris*)

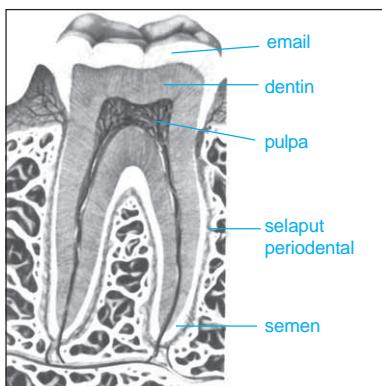
Rongga mulut dikelilingi oleh pipi kiri dan pipi kanan dan langit-langit mulut. Dalam rongga mulut terdapat organ pencernaan lidah, gigi, dan kelenjar ludah.

- 1) Lidah, berfungsi untuk memindahkan makanan, mendorong makanan ke kerongkongan, membantu mengunyah makanan, berbicara, mengenal bentuk



**Gambar 2.10** Sistem pencernaan pada manusia.

Sumber: Kamus Visual



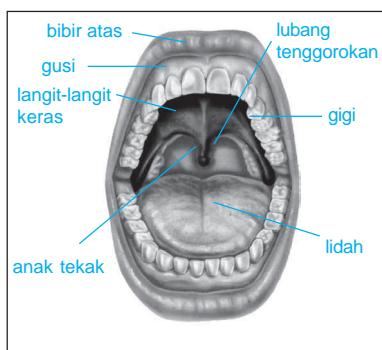
Gambar 2.11 Struktur gigi.

Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer

|                     |                |                |
|---------------------|----------------|----------------|
| 1. Rumus gigi susu  | $M_0P_2C_1I_2$ | $I_2C_1P_2M_0$ |
|                     | $M_0P_2C_1I_2$ | $I_2C_1P_2M_0$ |
| 2. Rumus gigi tetap |                |                |
|                     | $M_3P_2C_1I_2$ | $I_2C_1P_2M_3$ |
|                     | $M_3P_2C_1I_2$ | $I_2C_1P_2M_3$ |

#### Keterangan:

- M = molar (gigi geraham besar)
- P = premolar (gigi geraham kecil)
- C = caninus (gigi taring)
- I = insisivus (gigi seri)



Gambar 2.12 Rongga mulut dari arah depan.

Sumber: The Human Body Atlas

makanan, dan mengecap makanan. Pada lidah terdapat daerah-daerah yang lebih peka terhadap rasa tertentu, seperti asin, manis, asam, dan pahit.

- 2) Gigi, berfungsi untuk mencerna makanan secara mekanis. Makanan dihancurkan menjadi partikel yang lebih kecil agar mudah dicerna secara kimiawi dan mudah ditelan. Berdasarkan bentuk dan fungsinya, gigi manusia dibedakan menjadi empat yaitu gigi seri (*insisivus*), gigi taring (*caninus*), gigi geraham muka (*premolar*) dan geraham belakang (*molar*). Gigi seri berbentuk pahat, berfungsi untuk menggigit atau memotong makanan. Gigi taring berbentuk runcing, berfungsi untuk merobek dan mengoyak makanan. Gigi geraham muka dan geraham belakang bentuk permukaan rata. Akar gigi yang bercabang tertanam dengan kuat pada gusi.

Struktur gigi berlapis-lapis, yaitu terdiri dari email, tulang gigi, dan rongga gigi. Email, merupakan lapisan pelindung yang keras pada mahkota gigi. Tulang gigi terbuat dari *dentin* yang tersusun dari kalsium karbonat. Semen gigi berfungsi sebagai pelekat gigi dengan tulang rahang. Rongga gigi berisi saraf dan pembuluh darah. Lubang yang dalam pada gigi dapat mencapai rongga gigi dan mengenai saraf sehingga terasa nyeri.

Manusia memiliki dua jenis pertumbuhan gigi. Pada usia balita, tumbuh gigi susu berjumlah 20. Gigi susu akan tanggal pada usia 6-12 tahun, kemudian diganti dengan gigi tetap yang berjumlah 32. Perhatikan rumus susunan dan jumlah gigi susu dan gigi tetap di samping.

- 3) Air ludah, berfungsi untuk membasahi rongga mulut dan membasahi makanan. Setiap hari kelenjar ludah menghasilkan sekitar 1.600 cc air ludah yang terdiri dari air, garam-garam, urea, lendir, penghancur bakteri (*lisosim*), amilase (*ptialin*), dan lain-lain. Air ludah yang sudah tertelan akan dihasilkan lagi. Jika tubuh kekurangan cairan, pengeluaran air ludah akan berkurang sehingga mulut terasa kering dan haus.

Di dalam mulut terjadi proses pencernaan secara mekanik, yaitu proses pengunyahan makanan dengan gigi, pergerakan oleh lidah, dan pencampuran dengan air ludah. Pencernaan secara kimiawi pada mulut terjadi dengan bantuan enzim ptialin yang mengubah amilum menjadi maltosa. Sehingga jika kamu mengunyah nasi dalam waktu yang agak lama, akan terasa manis.

#### b. Kerongkongan (*Esofagus*)

Fungsi kerongkongan adalah sebagai saluran untuk memindahkan makanan dari mulut ke lambung. Kerongkongan dapat melakukan gerak *peristaltik*, yaitu gerakan melebar dan menyempit, bergelombang, dan meremas-remas untuk mendorong makanan sedikit demi sedikit ke dalam lambung. Dinding kerongkongan menghasilkan lendir sehingga makanan mudah melaluinya.

### c. Lambung (*Ventrikulus*)

Lambung merupakan tempat penampungan makanan untuk dicerna secara mekanik dan kimiawi. Lambung terdiri dari tiga bagian, yaitu *kardiak* (dekat esofagus), *fundus* (bagian tengah), dan *pilorus* (dekat duodenum). Perhatikan Gambar 2.13. Sedangkan fungsi lambung adalah sebagai berikut.

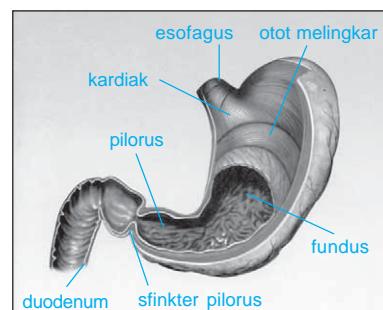
- 1) Menghasilkan pepsinogen. Pepsinogen merupakan bentuk yang belum aktif (*prekursor*) dari pepsin, yaitu enzim untuk mencerna protein.
- 2) Dinding lambung menghasilkan asam klorida (HCl) yang berfungsi untuk membunuh mikroorganisme dalam makanan, menciptakan suasana asam dalam lambung, dan mengaktifkan pepsinogen menjadi pepsin. Enzim pepsin berfungsi mengubah molekul protein menjadi potongan-potongan protein (*peptone*).
- 3) Permukaan lambung mengeluarkan lendir yang berfungsi untuk melindungi dinding lambung dari HCl.
- 4) Pada bayi, lambungnya menghasilkan dua enzim, yaitu renin, berfungsi untuk menggumpalkan protein susu/kasein dengan bantuan kalsium dan lipase untuk memecah lemak dalam susu.

Pencernaan di lambung berlangsung antara 2 – 6 jam, bergantung pada jenis makanannya. Umumnya lemak dicerna lebih lama di dalam lambung dibandingkan protein. Karbohidrat dan makanan yang bersifat cair umumnya lebih cepat meninggalkan lambung.

### d. Usus Halus (*Intestinum*)

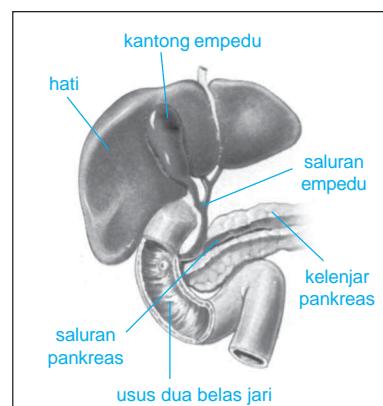
Panjang usus halus orang dewasa mencapai 6,3 meter dengan diameter 2,5 cm. Usus halus terbagi menjadi 3 bagian yaitu usus dua belas jari (*duodenum*), usus kosong (*jejunum*), dan usus penyerapan (*ileum*).

- 1) Usus dua belas jari, pada bagian ini bermuara saluran dari kantong empedu dan pankreas.
  - a) Kantong empedu berupa suatu kantong yang panjangnya 7 – 10 cm terletak di bawah hati. Kantong empedu berfungsi untuk menyimpan cairan empedu yang dihasilkan hati. Cairan empedu mengandung garam empedu dan zat warna empedu. Garam empedu berfungsi untuk mengemulsi lemak, sedangkan zat warna empedu (*bilirubin* dan *biliverdin*) berfungsi memberikan warna kuning pada tinja dan urin.
  - b) Pankreas, merupakan organ agak pipih yang terletak di bawah lambung. Pankreas menghasilkan getah pankreas yang mengandung enzim amilase, tripsin, dan lipase. Amilase berfungsi untuk menguraikan zat tepung (amilum) menjadi gula. Tripsin menguraikan protein menjadi asam amino. Lipase mengubah lemak menjadi asam lemak dan gliserol.



Gambar 2.13 Struktur lambung pada manusia.

Sumber: *The Human Body Atlas*



Gambar 2.14 Pada usus dua belas jari bermuara saluran dari empedu dan pankreas.

Sumber: *Ilmu Pengetahuan Populer*

- 2) Usus kosong, dindingnya menghasilkan berbagai enzim untuk mencerna makanan secara kimiawi. Usus kosong merupakan tempat pencernaan terakhir sebelum sari makanan diserap.
- 3) Usus penyerapan, permukaannya dipenuhi jonjot-jonjot usus atau vili yang berfungsi untuk memperluas bidang penyerapan sehingga kemampuan menyerap makanan lebih besar.

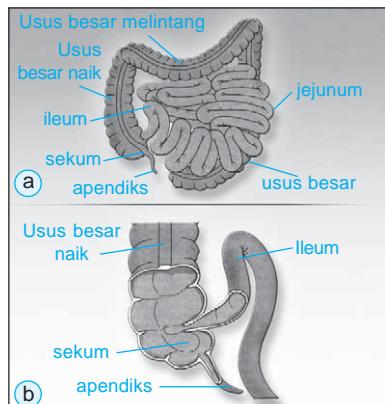
#### e. Usus Besar (*Intestinum Crasum*)

Usus besar terletak di antara ileum dan anus. Perhatikan **Gambar 2.15(a)**. Fungsinya untuk mengabsorpsi air dan mineral, tempat pembentukan vitamin K (dengan bantuan bakteri *Escherichia coli*), serta melakukan gerak peristaltik untuk mendorong tinja menuju anus.

Bakteri *Escherichia coli* yang terdapat dalam usus besar juga berperan dalam proses pembusukan sisa makanan menjadi kotoran. Oleh karena itu kotoran menjadi lunak dan mudah dikeluarkan. Namun jika terjadi gangguan dalam usus besar (misalnya makanan yang terlalu masam atau pedas) dapat mengakibatkan penyerapan air terganggu. Hal ini menyebabkan tinja yang keluar menjadi cair yang disebut diare.

Perhatikan **Gambar 2.15(b)**. Pada pangkal usus besar terdapat usus buntu (*sekum*) dan umbai cacing (*apendiks*). Sedangkan bagian akhir usus besar adalah poros usus (*rektum*). Rektum bermuara di dubur (*anus*).

Untuk memahami beberapa proses dalam pencernaan makanan, lakukan **Kegiatan 2.3** berikut ini.



**Gambar 2.15** (a) Usus halus dan usus besar manusia, (b) usus buntu dan apendiks.

Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer

### Kegiatan 2.3

#### Pencernaan Makanan

##### Tujuan:

Mengetahui proses pencernaan makanan di dalam mulut.

##### Alat dan bahan:

- |                         |                              |
|-------------------------|------------------------------|
| 1. Tabung reaksi 3 buah | 6. Kaki tiga dan kasa 1 buah |
| 2. Pipet tetes 2 buah   | 7. Termometer 1 buah         |
| 3. Mortar               | 8. Nasi                      |
| 4. Gelas beker 1 buah   | 9. Reagen benedict           |
| 5. Pembakar spiritus    | 10. Air                      |

##### Informasi:

Reagen benedict berfungsi untuk menyelidiki kandungan karbohidrat sederhana (misal glukosa) di dalam suatu bahan. Bila bahan tersebut mengandung karbohidrat sederhana, akan terbentuk larutan berwarna merah bata yang mengendap. Reagen benedict ini tidak bereaksi dengan karbohidrat kompleks seperti amilum atau pati.

##### Langkah kerja:

1. Siapkan tiga tabung reaksi dalam rak. Berilah label pada tabung reaksi A, B, dan C.

2. Haluskan nasi dengan mortar dan masukkan ke dalam tabung A, kemudian tambahkan sedikit air setinggi 2 cm.
3. Kunyahlah nasi selama beberapa saat, kemudian masukkan ke tabung B, dan tambahkan air setinggi 2 cm.
4. Isikan tabung C dengan air luhur setinggi 2 cm.
5. Isikan tabung A, B, dan C dengan reagen benedict masing-masing 5 tetes.
6. Isi gelas beker dengan air hingga setengahnya, kemudian masukkan tabung A, B, dan C ke dalam gelas beker dan panaskan hingga suhu 38°C.
7. Amati perubahan yang terjadi dan catatlah hasil pengamatannya.

**Pertanyaan:**

1. Bagaimana perbedaan warna yang terjadi pada masing-masing tabung setelah ditetes Benedict? Bandingkan dengan warna setelah dipanaskan.
2. Kesimpulan apa yang dapat kamu ambil dari kegiatan ini?

## 2. Makanan dan Kesehatan

Makanan yang kamu butuhkan adalah makanan yang cukup mengandung gizi, yaitu mengandung karbohidrat, protein, lemak, vitamin, dan mineral.

### a. Karbohidrat

Karbohidrat tersusun oleh atom karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O) dengan kompleksitas yang berbeda. Contoh sumber karbohidrat adalah gula dan zat tepung. Zat gula banyak terdapat dalam bentuk glukosa, fruktosa, sukrosa, dan laktosa. Glukosa dan fruktosa terdapat dalam buah-buahan dan sayuran, sukrosa terdapat dalam gula putih, dan laktosa terdapat dalam susu. Zat tepung dapat diperoleh dari nasi, kentang, ubi, ketela, gandum, dan sagu.

Fungsi karbohidrat adalah sebagai sumber energi. Pembakaran satu gram karbohidrat menghasilkan energi 4,1 kilokalori (1 kilokalori = 4,2 kilojoule). Energi ini diperlukan untuk tumbuh, bergerak, mempertahankan suhu tubuh, dan berkembang biak. Energi yang diperlukan oleh setiap orang per harinya berbeda-beda tergantung dari jenis kelamin, kegiatan, berat badan, dan usia. Jika kamu makan karbohidrat yang berlebihan, kelebihan ini akan disimpan dalam bentuk lemak di daerah perut, di sekitar ginjal, jantung, dan di bawah kulit, sehingga tubuh menjadi gemuk.

### b. Protein

Protein merupakan rantai panjang (polimer) asam amino. Asam amino terdiri dari atom karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), dan kadang-kadang belerang (S). Berdasarkan asalnya, protein dibedakan menjadi protein nabati dan protein hewani. Protein nabati diperoleh dari tumbuhan, misalnya tahu, tempe, kecap, dan kacang-kacangan. Protein hewani diperoleh dari hewan misalnya ikan, udang, keju, cumi-cumi, udang, dan telur. Protein hewani mengandung asam amino yang lebih lengkap daripada protein nabati.



**Gambar 2.16** Padi merupakan sumber karbohidrat yang penting bagi rakyat Indonesia.

*Sumber: Dokumen Penerbit*

## Info Sains

### Manfaat Serat

Serat diketahui dapat mengolah dan mengurangi resiko berbagai penyakit degeneratif, seperti tekanan darah tinggi (hipertensi) dan penyakit jantung koroner.



**Gambar 2.17** Buah kelapa, biji cokelat, dan kelapa sawit merupakan sumber lemak nabati.

**Sumber:** Dokumen Penerbit

Kekurangan protein menyebabkan pertumbuhan terhambat, sedangkan kelebihan protein akan diubah menjadi senyawa nitrogen yang dibuang melalui ginjal. Fungsi protein dalam tubuh antara lain sebagai berikut.

- Mengganti sel-sel yang telah rusak.
- Membentuk enzim dan hormon.
- Mengatur proses di dalam tubuh.
- Sebagai sumber energi. Pembakaran 1 gram protein menghasilkan energi 4,1 kilokalori.

### c. Lemak

Sumber bahan makanan yang mengandung lemak misalnya kelapa, kacang, minyak kedelai, dan mentega. Lemak juga dibedakan menjadi lemak nabati dan lemak hewani. Lemak hewan banyak mengandung kolesterol. Di dalam tubuh, kolesterol digunakan untuk menyusun membran sel dan hormon. Kelebihan kolesterol akan menyebabkan endapan di dinding pembuluh darah, sehingga tekanan darah menjadi tinggi. Lemak dari tumbuhan tidak mengandung kolesterol. Fungsi lemak dalam tubuh antara lain sebagai berikut.

- Pelarut vitamin A, D, E, dan K.
- Sumber energi, pembakaran 1 gram lemak menghasilkan energi 9,3 kilokalori.
- Pelindung tubuh dari gesekan dan benturan serta suhu yang ekstrim.
- Sebagai cadangan makanan.

### d. Vitamin

Vitamin diperlukan dalam proses metabolisme dalam tubuh. Oleh karena itu makanan yang kamu konsumsi setiap hari harus mengandung vitamin dalam jumlah yang cukup. Kekurangan vitamin dapat menyebabkan penyakit *avitaminosis*. Berdasarkan kelarutannya, vitamin dibedakan menjadi dua kelompok yaitu sebagai berikut.

- Vitamin yang larut dalam air, antara lain vitamin B1, B2, B6, B12, dan C.
  - Vitamin B1 (*tiamin*), berfungsi untuk mengatur metabolisme karbohidrat dan kadar air dalam tubuh. Sumbernya adalah hati, jantung, ginjal, ragi, daging sapi, dan kacang-kacangan. Kekurangan dapat menyebabkan beri-beri.
  - Vitamin B2 (*riboflavin*), berperan dalam respirasi sel. Sumbernya adalah susu, daging ayam, telur, padi-padian, sayuran berhijau daun, kacang-kacangan, dan ragi. Kekurangan dapat menyebabkan *keliosis* yaitu luka di sudut mulut dan penglihatan menjadi kabur karena lensa mata mengeruh.
  - Vitamin B6 (*piridoksin*), berfungsi dalam pembentukan sel darah dan kerja saraf. Sumbernya adalah kecambah, gandum, kacang-kacangan, pisang, sayur, alpukat, hati, dan ikan. Kekurangan dapat menyebabkan anemia dan kejang-kejang.

- d) Vitamin B12 (*sianokobalamin*), berfungsi untuk mencegah kurang darah. Sumbernya adalah daging, telur, dan susu. Kekurangan dapat menyebabkan anemia karena pembentukan eritrosit terhambat.
  - e) Vitamin C, untuk mengaktifkan perombakan protein, lemak, pembentukan trombosit dan mempengaruhi kerja kelenjar anak ginjal. Sumbernya adalah sayuran dan buah-buahan segar, misalnya jeruk, stroberi, dan tomat. Kekurangan vitamin C dapat mengakibatkan *skorbut* yaitu pendarahan pada gusi, di bawah kulit, dan usus.
- 2) Vitamin yang tidak larut dalam air, antara lain vitamin A, D, E, dan K.
- a) Vitamin A (*aseroftol*), diperlukan untuk kesehatan mata karena membantu proses penerimaan rangsang cahaya oleh sel batang di retina dan kehalusan kulit. Sumbernya adalah hati, kuning telur, minyak ikan, sayuran hijau tua, dan buah-buahan berwarna kuning tua (jingga). Kekurangan dapat menyebabkan rabun senja (*hemeralopi*), kornea mata rusak (*keratomalasi*), dan kulit menjadi bersisik.
  - b) Vitamin D (*anti raktis*), untuk meningkatkan penyerapan zat kapur, mengatur kadar kapur, dan mempengaruhi proses penulangan. Sumbernya adalah kuning telur, susu, mentega, ikan, hati, dan minyak ikan. Kekurangan dapat mengakibatkan raktis yaitu proses penulangan terganggu.
  - c) Vitamin E (*tokoferol*), untuk mencegah pendarahan dan kemandulan. Sumbernya adalah margarin, kecambah, minyak selada, dan kacang hijau. Kekurangan vitamin E dapat menyebabkan kemandulan, keguguran atau pendarahan pada ibu hamil, juga dapat menyebabkan layuhnya otot karena saraf penggerak rusak.
- 4) Vitamin K, berperan dalam pembekuan darah. Sumbernya adalah sayuran berwarna hijau, kedelai, tomat, dan kol. Vitamin K dapat dihasilkan sendiri oleh tubuh di dalam usus besar dengan bantuan bakteri *Escherichia coli*. Kekurangan vitamin K dapat menyebabkan gangguan proses pembentukan protrombin dalam hati sehingga darah sukar membeku bila terjadi luka.
- Bayi memiliki organ pencernaan yang belum sempurna, sehingga makanan terbaiknya adalah air susu ibu (ASI). ASI mengandung 1,6% protein, 3,8% lemak, 7% laktosa, dan energi 700 kalori. Keuntungan memberikan ASI antara lain sebagai berikut.
- 1) Mengandung vitamin dan mineral dalam komposisi yang sesuai bagi perkembangan bayi.
  - 2) Pemberian ASI kepada bayi mendekatkan hubungan psikologis antara bayi dan ibu.
  - 3) Mengurangi peluang terserang penyakit infeksi, karena ASI mengandung banyak antibodi.



**Gambar 2.18** Sayuran yang segar banyak mengandung vitamin.

*Sumber:* Dokumen Penerbit

### Info Sains

#### Gangguan Pencernaan

Seseorang yang tidak dapat menghasilkan enzim laktase dalam jumlah cukup akan mengalami gangguan pencernaan jika ia minum susu melebihi kemampuan untuk mencernanya.

- 4) ASI sangat praktis, karena tidak merepotkan dalam penyiapannya.
- 5) Mudah dicerna sehingga bayi terhindar dari gangguan pencernaan.
- 6) Mengandung protein dan asam lemak yang penting bagi perkembangan otak bayi.

#### e. Air

Sebenarnya, air tidak termasuk zat gizi dalam makanan. Namun demikian, air merupakan bahan yang sangat penting bagi tubuh manusia sehingga kebutuhannya harus terpenuhi. Kebutuhan air diperoleh secara langsung dari air minum dan dari air yang terkandung dalam makanan dan buah-buahan. Fungsi air pada tubuh, antara lain sebagai berikut.

- 1) Sebagai pelarut bahan organik dan anorganik dalam tubuh.
- 2) Pembawa zat-zat yang dibutuhkan dan zat-zat yang tidak dibutuhkan tubuh.
- 3) Mendukung terjadinya reaksi kimia dalam tubuh.
- 4) Mempertahankan keseimbangan suhu tubuh.
- 5) Bagian terbesar dari lendir yang dikeluarkan tubuh.
- 6) Membentuk cairan tubuh.

Kamu harus minum air minimal 8 gelas atau sekitar 2 – 2,5 liter dalam sehari. Selain diperoleh dari air minum, kebutuhan air juga dipenuhi. Jika tubuh sering kekurangan air dapat menyebabkan gangguan ginjal.



**Gambar 2.19** ASI adalah makanan yang terbaik bagi bayi.

**Sumber:** Dokumen Penerbit

### 3. Kelainan pada Sistem Pencernaan

Sistem pencernaan dapat mengalami gangguan atau kelainan akibat infeksi bakteri, keracunan, dan kebiasaan makanan yang salah. Beberapa gangguan pada sistem pencernaan adalah sebagai berikut.

- a. Gondongan (*parotitis epidemika*), disebabkan oleh virus. Gondongan bersifat menular yang menyebabkan kelenjar ludah menjadi bengkak, panas, dan nyeri. Umumnya penyakit ini menyerang anak-anak berusia 5–15 tahun. Jika kamu telah sembuh dari sakit ini, kamu akan mendapatkan kekebalan terhadap serangan gondongan seumur hidup. Tahukah kamu mengapa demikian?
- b. Gigi berlubang (*karies*), disebabkan oleh bakteri jenis *Streptococcus* yang dapat merubah karbohidrat pada mulut menjadi asam laktat. Asam yang terbentuk lambat laun akan menghancurkan email dan menyebabkan lubang. Pencegahan gigi berlubang adalah dengan menggosok gigi secara teratur setelah makan dan sebelum tidur. Pasta gigi yang mengandung flouride (F) bergabung dengan unsur kalsium (Ca), fosfor (P), dan oksigen (O) menjadi flourapatite yang membuat gigi menjadi tahan terhadap asam. Selain itu berkumur setelah sarapan, membersihkan karang gigi, menambal gigi yang berlubang, dan makan makanan bergizi akan membuat gigi lebih kuat.



**Gambar 2.20** Kondisi gigi yang rusak.

**Sumber:** Microsoft Encarta

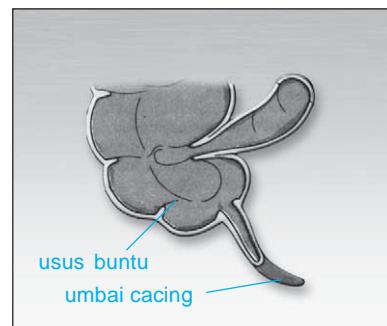
- c. Muntah, yaitu pengeluaran isi lambung melalui kerongkongan dan mulut secara paksa. Muntah dapat menjadi gejala dari berbagai penyakit pada lambung, hati, dan sebagainya. Muntah juga dapat menjadi alat pertahanan saat memakan racun.
- d. Radang usus buntu (*appendisitis*), karena infeksi bakteri. Biasanya disebabkan oleh penyumbatan usus buntu oleh tinja atau zat-zat asing seperti biji yang masuk ke usus. Ciri-ciri orang yang menderita sakit radang usus buntu ini adalah sakit di bagian ulu hati, perut, kadang-kadang disertai muntah, panas, dan sukar buang air besar. Radang usus buntu dapat membuat usus bengkak, membusuk, dan pecah. Oleh karena itu perlu dilakukan operasi pengangkatan sebelum menjadi parah.
- e. Sembelit (*konstipasi*), disebabkan karena berkurangnya pergerakan peristaltik usus besar. Gerakan yang lambat menyebabkan air yang diserap usus menjadi banyak, sehingga tinja menjadi lebih kering, keras, dan bentuknya semakin kecil. Akibatnya buang air besar menjadi lebih sulit dan sakit. Berbagai buah-buahan dan sayur akan membantu mempermudah buang air besar secara alami, karena buah dan sayur banyak mengandung serat. Selain itu penyebab terjadinya sembelit adalah kebiasaan menahan buang air besar.
- f. Batu empedu, biasanya disebabkan oleh meningkatnya kandungan kolesterol sehingga garam empedu dan fosfolipid tidak mampu melarutkannya. Akibatnya kolesterol akan mengkristal dan membentuk batu empedu. Batu empedu yang terus membesar akan menghalangi aliran cairan empedu, sehingga menimbulkan rasa sakit dan berbagai kelainan, misalnya gangguan pencernaan lemak.
- g. Diare, yaitu bertambahnya kandungan air dalam tinja (diperlihatkan dengan mencret-mencret dan meningkatnya frekuensi buang air besar setiap hari). Diare disebabkan karena penyerapan air dan ion-ion di dalam usus besar berkurang. Penyebab diare adalah bakteri, virus, dan protozoa, yang menghasilkan racun sehingga mempengaruhi proses absorpsi cairan di usus. Stres atau rasa cemas berlebihan juga dapat menyebabkan diare. Pertolongan pada diare adalah dengan meminum cairan pengganti air, ion-ion, dan energi yang hilang, misalnya dengan oralit.

## Tugas 2.2

Diskusikan dengan temanmu mengapa makanan berserat baik untuk kesehatan alat pencernaan?

## Latihan 2.1

1. Jelaskan pengertian jonjot-jonjot usus beserta fungsinya.
2. Mengapa lemak harus diemulsikan dengan garam empedu sebelum dicerna di usus?
3. Sebutkan mineral-mineral yang dibutuhkan tubuh beserta fungsinya.



**Gambar 2.21** Umbai cacing dapat mengalami peradangan bila terinfeksi oleh bakteri.

Sumber: Kamus Sains



**Gambar 2.22** Lingkungan kumuh yang buruk mempermudah penyebaran diare.

Sumber: Dokumen Penerbit



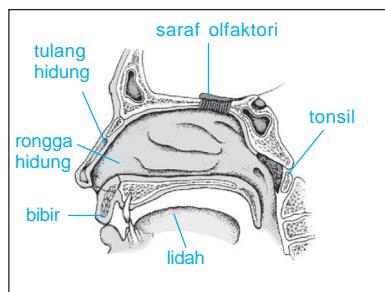
## C Sistem Pernapasan pada Manusia

Manusia bernapas untuk mengambil oksigen dan melepaskan karbon dioksida. Pernapasan manusia meliputi proses inspirasi dan ekspirasi. Inspirasi adalah pemasukan udara luar ke dalam tubuh melalui alat pernafasan. Ekspirasi adalah pengeluaran udara pernafasan dari alat pernafasan.

### 1. Alat Pernapasan

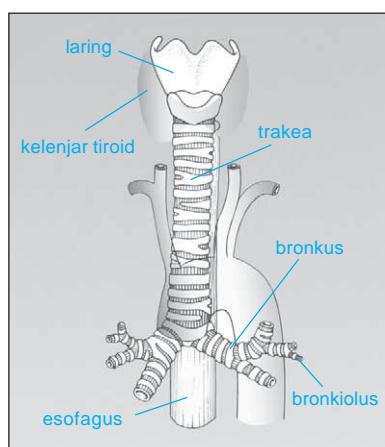
Alat pernafasan manusia terdiri dari hidung, pangkal batang tenggorokan (*laring*), batang tenggorok (*trachea*), cabang batang tenggorokan (*bronkus*), dan paru-paru (*pulmo*).

- a. Hidung, merupakan muara keluar-masuknya udara pernafasan. Di dalam hidung, udara mengalami beberapa perlakuan sebagai berikut.
  - 1) Udara yang masuk ke hidung akan disaring dulu oleh rambut hidung, sehingga debu dan partikel kotoran tidak masuk ke dalam paru-paru.
  - 2) Udara dihangatkan oleh kapiler darah yang ada di dalam hidung, sehingga suhunya sesuai dengan suhu tubuh.
  - 3) Udara dilembapkan oleh lapisan lendir yang ada di dalam rongga hidung.
- b. Faring, merupakan saluran sepanjang 12,5–13 cm sebagai kelanjutan dari saluran hidung yang meneruskan udara ke laring. Faring terletak di antara saluran pernafasan dan saluran pencernaan.
- c. Pangkal tenggorokan (*laring*), terdiri dari lempengan-lempengan tulang rawan. Dinding bagian dalam dapat digerakkan oleh otot untuk membuka dan menutup glotis. Glotis merupakan lubang/celah yang menghubungkan trachea dengan faring. Pada saat menelan makanan, laring terangkat ke atas sehingga anak tekan menutup rongga glotis (rongga di antara pita suara), sehingga makanan tidak akan masuk ke dalam trachea. Pada laring orang dewasa terdapat *jakun*. Satu tulang rawan pada laring dapat digerakkan oleh otot-otot laring sehingga dapat menutup dan membuka, menegakkan, dan melemaskan pita suara. Pita suara pada wanita lebih pendek dibandingkan dengan pada laki-laki, sehingga suaranya akan lebih tinggi dibandingkan laki-laki.
- d. Batang tenggorok (*trachea*), berupa saluran berongga dengan dinding dari cincin-cincin tulang rawan. Pada trachea terdapat otot polos untuk menjaga agar bronkus tidak mengempis saat bernapas. Trachea juga mengandung lendir dan silia untuk menyaring debu dan bakteri yang masuk bersama udara agar tidak sampai di paru-paru. Asap rokok dan udara dingin dapat mengganggu kerja silia.
- e. Cabang batang tenggorok (*bronkus*), merupakan percabangan trachea menuju paru-paru kiri dan paru-paru kanan. Bronkus bercabang-cabang lagi membentuk



Gambar 2.23 Struktur rongga hidung manusia.

Sumber: Microsoft Student, 2006



Gambar 2.24 Saluran pernapasan pada manusia.

Sumber: Anatomi dan Fisiologi Modern untuk Perawat

bronkiolus. Bronkiolus yang paling ujung disebut bronkiolus respirasi. Pada bronkiolus respirasi terdapat gelembung-alveolus. Alveolus merupakan tempat terjadinya pertukaran gas antara darah (di dalam pembuluh darah) dengan udara bebas. Oksigen dari udara berdifusi ke dalam darah sedangkan karbon dioksida dan uap air dari darah berdifusi ke udara.

- Paru-paru (*pulmo*), jumlahnya sepasang dan terletak di rongga dada. Paru-paru merupakan tempat terjadinya pertukaran gas yaitu oksigen dan karbon dioksida. Paru-paru kanan terdiri dari tiga gelambir. Sedangkan paru-paru kiri terdiri dari dua gelambir. Paru-paru terbungkus oleh selaput rangkap yang disebut *pleura*. Di antara selaput rangkap ini terdapat cairan yang berfungsi untuk melindungi paru-paru dari gesekan ketika mengembang dan mengempis.

## 2. Proses Pernapasan

Proses masuk (inspirasi) dan keluarnya udara (ekspirasi) pada pernapasan berkaitan erat dengan perbedaan volume dan tekanan udara. Proses inspirasi dan eksiprasi diatur oleh kerja otot-otot diafragma dan otot-otot antartulang rusuk. Mekanisme pernapasan pada manusia ada dua macam yaitu pernapasan perut dan pernapasan dada. Secara ringkas proses inspirasi dan eksiprasi pada pernapasan dada dan pernapasan perut dijelaskan sebagai berikut.

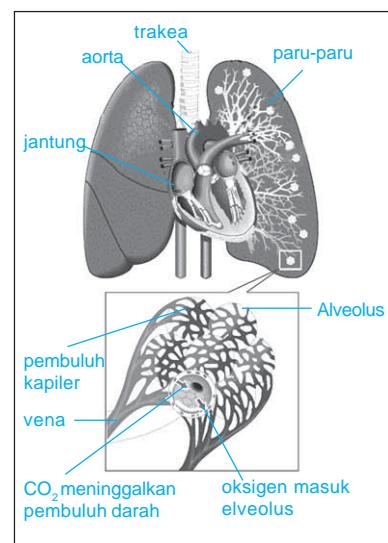
### a. Pernapasan dada

Otot antartulang rusuk mengalami kontraksi (tegang), volume rongga dada bertambah sehingga tekanan udara di paru-paru lebih kecil dibanding tekanan udara di atmosfer. Akibatnya udara luar masuk ke dalam paru-paru (fase inspirasi). Kemudian otot antartulang rusuk kembali relaksasi (kendur), volume rongga dada berkurang sehingga tekanan udara di paru-paru lebih besar dibandingkan di atmosfer, akibatnya udara keluar dari paru-paru ke atmosfer (fase eksiprasi).

### b. Pernapasan perut

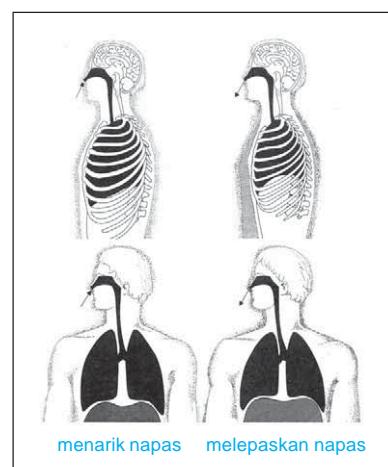
Otot diafragma kontraksi (tegang), sehingga diafragma mendatar dan volume rongga dada membesar. Akibatnya tekanan udara di paru-paru lebih kecil dari tekanan udara luar sehingga udara masuk ke paru-paru (fase inspirasi). Kemudian otot diafragma kembali relaksasi (kendur), sehingga diafragma melengkung ke atas dan volume rongga dada mengecil, akibatnya tekanan udara membesar sehingga udara keluar dari paru-paru (fase eksiprasi).

Saat kamu menghembuskan napas sekuat-kuatnya, tidak semua udara dalam paru-paru keluar. Di dalam paru-paru masih ada sebagian udara menetap. Jadi, berapa volume udara dalam paru-paru? Perhatikan volume udara pernapasan pada Tabel 2.1 berikut ini.



**Gambar 2.25** Paru-paru manusia dan struktur alveolus beserta pembuluh darah yang melaluinya.

*Sumber:* Microsoft Student, 2006



**Gambar 2.26** Mekanisme inspirasi dan eksiprasi.

*Sumber:* Biologi

Tabel 2.1 Berbagai jenis volume udara pernapasan.

| Jenis Volume | Ukuran Volume | Pengertian   |
|--------------|---------------|--|
| Tidal        | 500 cc        | Volume udara yang masuk dan keluar paru-paru saat terjadi pernapasan biasa.  |
| Suplemen     | 1500 cc       | Volume udara yang masih dapat dikeluarkan dari paru-paru setelah ekspirasi normal.   |
| Komplemen    | 1500 cc       | Volume udara yang masih dapat dihirup setelah inspirasi normal.  |
| Vital        | 3500 cc       | Jumlah volume <i>tidal</i> + volume <i>suplemen</i> + volume <i>komplemen</i> atau volume maksimal yang dapat dikeluarkan dalam satu ekspirasi setelah inspirasi maksimal. |
| Residu       | 1000 cc       | Volume udara yang tersisa di dalam paru-paru setelah melakukan ekspirasi maksimal.   |

Untuk mengukur besarnya kapasitas udara dalam paru-paru, lakukan **Kegiatan 2.4** berikut ini.

### Kegiatan 2.4

#### Kapasitas Udara Paru-Paru

##### Tujuan:

Mengukur kapasitas udara dalam paru-paru.

##### Alat dan bahan:

- 1. Kertas label
- 2. Botol kaca yang berkapasitas 4 liter dengan tutupnya
- 3. Gelas 250 ml
- 4. Spidol
- 5. Panci plastik ukuran besar
- 6. Selang

##### Langkah kerja:



1. Letakkan kertas label di sepanjang sisi botol kaca dengan arah ke bawah.
2. Gunakan gelas 250 ml untuk menambahkan ke dalam botol secara bertahap. Setiap menambahkan 250 ml, berilah tanda pada kertas label dengan spidol. Lakukan berulang-ulang hingga botol kaca penuh (volume 4 liter).
3. Tutuplah botol kaca dengan penutupnya.
4. Isilah panci plastik besar dengan air hingga setengahnya.
5. Balikkan botol kaca di atas panci yang berisi air dan buka tutupnya saat berada di air dalam panci.
6. Masukkan selang ke dalam mulut botol, kemudian hembuskan napas dengan normal melalui selang.

7. Hitung skala pada botol untuk menentukan jumlah udara yang kamu keluarkan.
8. Ulangilah percobaan di atas dengan menghembuskan udara sekuat-kuatnya.

#### Pertanyaan

1. Apakah yang terjadi pada botol setelah kamu meniupkan udara pernapasan?
2. Berapakah volume udara yang kamu hembuskan secara normal dan dengan cara sekuat-kuatnya? Berapakah kapasitas volume udara pernapasan suplemen, komplemen, dan vital dalam paru-parumu?

### 3. Kelainan pada Sistem Pernapasan

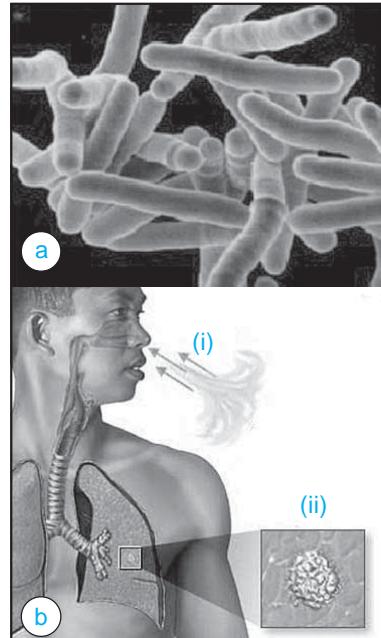
Alat-alat pernapasan dapat mengalami gangguan karena penyakit atau kelainan. Beberapa gangguan yang sering terjadi pada saluran pernapasan manusia adalah sebagai berikut

- a. Bronkitis, adalah peradangan bronkus atau bronkiolus. Bronkitis disebabkan oleh infeksi mikroorganisme setelah salesma atau influenza. Peradangan meningkatkan produksi lendir yang berlebihan sehingga menimbulkan dahak. Dahak merangsang terjadinya batuk untuk mengeluarkannya. Asap rokok dan debu dapat merusak bronkus dan memudahkan terjadinya bronkitis.
- b. Asma, merupakan reaksi saluran pernapasan terhadap rangsangan pada otot polos di bronkus atau bronkiolus. Asma juga sering disertai produksi lendir yang berlebihan dan radang. Jalan napas menjadi sesak dan membuat bunyi "mengi" (*wheezing*). Hal ini karena penderita berusaha bernapas sedalam-dalamnya, sehingga menggetarkan lendir pada bronkus yang menyempit. Penyebab asma dapat berupa debu, serbuk sari, jamur, dan partikel lain yang terbawa udara. Asma juga dapat disebabkan oleh makanan dan infeksi saluran pernapasan.
- c. Selesma, disebabkan oleh virus yang menginfeksi saluran pernapasan. Masa inkubasi antara 1 – 3 hari yang ditandai dengan gejala berupa lesu, sakit di tenggorokan, dan suhu tubuh tidak normal. Pada awalnya lendir pilek yang dihasilkan cair, kemudian menjadi kental kehijauan. Penularan lewat udara dan kontak langsung dengan hidung.
- d. Influenza atau flu, disebabkan oleh virus. Masa inkubasinya 2 hari dengan gejala demam, pegal linu, lesu, dan batuk pilek. Bila tidak ada komplikasi biasanya sembuh dalam 3 – 5 hari.
- e. TBC paru-paru, ditimbulkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Penyakit ini menular lewat udara dan merusak jaringan paru-paru sehingga menjadi berongga. TBC juga dapat diakibatkan oleh gizi yang buruk, usia tua, dan tempat yang kotor. Umumnya penderita TBC mempunyai tingkat ekonomi yang rendah. Gejala penyakit berupa berat badan turun drastis, batuk berdahak sampai berdarah, sesak napas, dan berkeringat pada malam hari.

#### Info Sains

##### Bahaya Merokok

Apa bahaya merokok? Merokok mengganggu tenggorokan dan saluran-saluran pernapasan serta kadang-kadang dikaitkan dengan hilangnya nafsu makan, rasa muak, napas pendek, dan ketidakteraturan detak jantung. Orang yang merokok mempunyai kemungkinan lebih besar terkena kanker paru-paru, enfisema, dan bronkitis serta penyakit pernapasan lainnya.



**Gambar 2.27** (a) *Mycobacterium tuberculosis* penyebab TBC. (b) Bakteri masuk ke dalam paru-paru bersama udara pernapasan (i) dan menyebabkan kerusakan jaringan paru-paru (ii).

### Tugas 2.3

1. Jelaskan mekanisme inspirasi dan ekspirasi pada pernapasan perut.
2. Bagaimana cara menghitung kapasitas vital paru-paru?
3. Diskusikan dengan temanmu, apakah yang disebut penyakit paru-paru basah dan bagaimana cara mencegahnya?

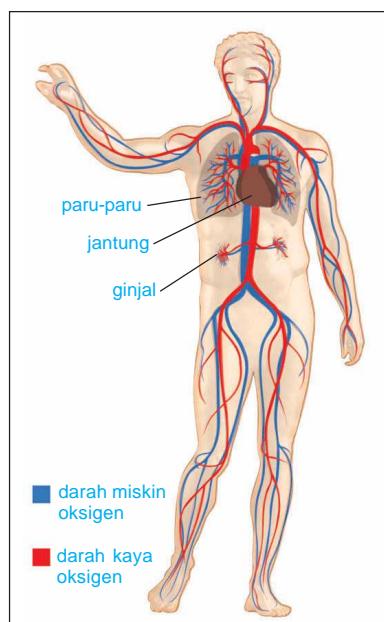


## D Sistem Peredaran Darah pada Manusia

Peredaran darah manusia merupakan peredaran darah tertutup dan ganda atau rangkap. Peredaran darah tertutup artinya dalam peredarannya darah selalu mengalir di dalam pembuluh darah. Peredaran darah ganda artinya dalam satu kali beredar, darah melalui jantung sebanyak dua kali sehingga terdapat peredaran darah besar dan peredaran darah kecil.

Peredaran darah kecil yaitu peredaran darah yang dimulai dari jantung menuju ke paru-paru, kemudian kembali ke jantung. Pada saat darah berada di paru-paru, terjadi pertukaran gas oksigen ( $O_2$ ) dan karbon dioksida ( $CO_2$ ) secara difusi. Oksigen dari udara berdifusi ke darah, sedangkan karbon dioksida dari darah berdifusi ke udara. Darah yang meninggalkan paru-paru kaya akan oksigen. Kemudian masuk ke atrium kiri melalui vena pulmonalis.

Peredaran darah besar yaitu peredaran darah dari bilik kiri jantung ke seluruh tubuh, kemudian kembali ke serambi kanan jantung. Pada saat darah berada di kapiler, terjadi pertukaran gas oksigen ( $O_2$ ) dan karbon dioksida ( $CO_2$ ). Oksigen dari darah berdifusi ke sel-sel tubuh sedangkan karbon dioksida dari sel-sel tubuh berdifusi ke dalam darah. Kemudian darah yang miskin oksigen dan kaya karbon dioksida menuju vena. Darah dari tubuh bagian atas menuju atrium kanan melalui pembuluh balik besar atas (*vena cava superior*) sedangkan darah dari tubuh bagian bawah masuk ke atrium kanan melalui pembuluh balik besar bawah (*vena cava inferior*).



Gambar 2.28 Sistem peredaran darah manusia.

Sumber: [en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org)

### 1. Alat Peredaran Darah

Alat peredaran darah manusia berupa jantung dan pembuluh darah. Pembuluh darah terdiri atas pembuluh balik (*vena*), pembuluh nadi (*arteri*), dan kapiler vena ataupun kapiler arteri.

#### a. Jantung

Jantung berperan sebagai pemompa dalam sistem peredaran darah. Berat jantung sekitar 335 gram, sebesar kepala tangan pemiliknya, dan terletak di antara paru-paru kanan dan paru-paru kiri. Setiap hari jantung memompa darah 100.000 kali atau mengalirkan darah sepanjang 100.000 km.

Jantung terdiri dari empat ruangan, yaitu dua rongga atas yang disebut dengan serambi (*atrium*) dan dua rongga bawah yang disebut bilik (*ventrikel*). Jantung memiliki tiga katup yaitu katup *vena semilunair* yang terletak pada pangkal aorta, katup *valvula bikuspidalis* yang terletak antara ventrikel kiri dan atrium kiri, serta *valvula trikuspidalis* yang terletak antara ventrikel kanan dan atrium kanan.

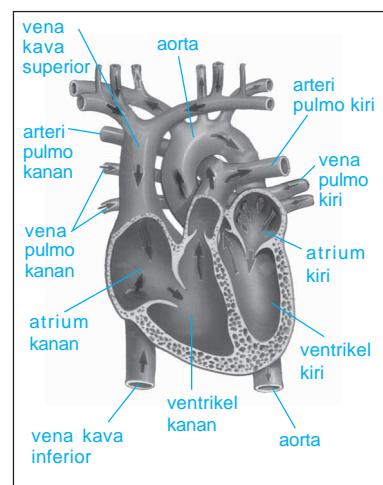
Pada jantung terdapat tiga buah vena yang bermuara di atrium yaitu, *vena cava superior* (vena yang membawa darah dari organ tubuh bagian atas), *vena cava inferior* (vena yang membawa darah dari organ tubuh bagian bawah), dan *vena pulmonalis* (vena yang membawa darah kaya oksigen dari paru-paru). Arteri yang berpangkal di jantung adalah *arteri pulmonalis* (membawa darah kaya CO<sub>2</sub> menuju paru-paru) dan *aorta* (arteri terbesar yang mengalirkan darah dari ventrikel kiri menuju ke seluruh tubuh).

Jantung mendapat suplai oksigen dan makanan yang dibawa oleh arteri koronaria. Arteri ini berpangkal di aorta. Kemampuan jantung dalam memompa darah dapat ditunjukkan dengan tekanan darah. Tekanan darah pada orang dewasa yang normal adalah 120/80 mmHg. Nilai 120 mmHg menunjukkan tekanan darah saat ventrikel berkontraksi (disebut tekanan *sistol*). Nilai 80 mmHg menunjukkan tekanan darah saat ventrikel relaksasi (disebut tekanan *diasistol*).

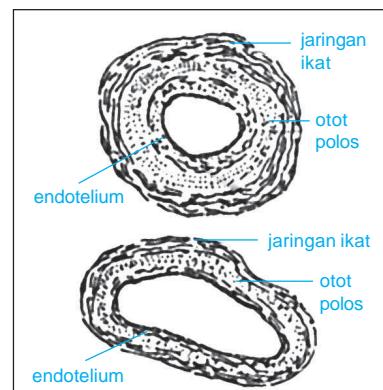
### b. Pembuluh Darah

Kamu telah mengetahui bahwa ketika beredar, darah selalu berada di dalam pembuluh darah. Pembuluh darah terdiri dari pembuluh darah nadi (arteri), pembuluh balik (vena), dan kapiler.

- 1) Arteri, dindingnya tebal dan elastis (diameternya dapat berubah sesuai dengan kebutuhan). Hal ini diperlukan untuk menjaga aliran darah konstan dan tidak tersendat. Arah aliran darah dalam arteri meninggalkan jantung. Tekanan darah di dalamnya kuat, sehingga jika terluka darah keluar memancar. Darah dalam arteri kaya akan oksigen kecuali arteri paru-paru. Letak pembuluh ini agak dalam dari permukaan kulit dan hanya memiliki satu katup yaitu berada di jantung yang disebut valvula semilunair.
- 2) Kapiler, berupa saluran tipis yang memungkinkan terjadi pertukaran zat antara darah dengan sel jaringan tubuh.
- 3) Arteriole, merupakan pembuluh darah kecil yang menghubungkan kapiler dengan arteri.
- 4) Venule, merupakan pembuluh darah kecil yang menghubungkan kapiler dengan vena.
- 5) Vena, berfungsi untuk mengalirkan darah dari kapiler menuju jantung. Dindingnya tipis dan kurang elastis. Arah aliran darah dalam vena menuju ke jantung.



**Gambar 2.29** Bagian-bagian jantung.  
Sumber: Dokumen Penerbit



**Gambar 2.30** Penampang melintang pembuluh arteri (atas) dan vena (bawah).  
Sumber: Biologi Umum

Tekanan darah di dalamnya lemah, sehingga jika terluka darah keluar menetes. Darah di dalam vena kaya akan CO<sub>2</sub> kecuali vena paru-paru. Letak pembuluh vena dekat dengan permukaan kulit, dan memiliki banyak katup untuk mencegah darah mengalir kembali ke tubuh.

Untuk mengamati pengaruh gravitasi pada aliran darah, lakukan **Kegiatan 2.5** berikut ini.

## Kegiatan 2.5

### Pengaruh Gravitasi terhadap Aliran Darah

#### Tujuan:

Mengamati peredaran darah yang dipengaruhi gaya gravitasi.

#### Alat dan bahan:

Tangan praktikan/probandus

#### Langkah kerja:

- Angkatlah salah satu tangan satu setinggi-tingginya dan biarkan tangan yang lain menggantung ke bawah selama kurang lebih satu menit.
- Kembalikan tangan ke posisi semula, rasakan perbedaan dan bandingkan warnanya antara tangan kanan dan tangan kiri.

#### Pertanyaan:

- Apakah terdapat perbedaan aliran darah antara tangan yang menggantung ke bawah dengan yang diangkat ke atas? Mengapa demikian?
- Apakah kaitan gaya gravitasi dengan banyaknya katup pada pembuluh vena?
- Buatlah kesimpulan dari kegiatan ini.

## 2. Darah

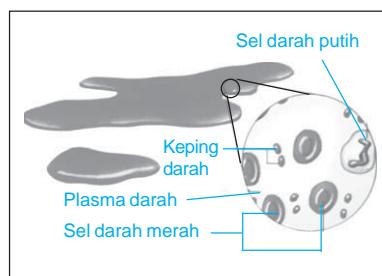
Darah manusia berwarna merah karena mengandung *hemoglobin*. Namun tingkat warna merahnya bergantung pada kadar oksigen dan karbon dioksida. Darah yang banyak mengandung oksigen berwarna merah cerah, sedangkan darah yang mengandung banyak karbon dioksida berwarna merah tua.

Volume darah setiap orang tidak sama, tergantung pada berat badan, jenis kelamin, kegemukan, kandungan air dalam tubuh, dan keadaan pembuluh darah. Tapi secara umum volume darah sekitar 8% dari berat badan.

Jika darah diendapkan dengan sentrifugasi, maka darah akan terpisah menjadi bagian yang cair dan bagian yang padat. Bagian darah yang cair disebut plasma, sedangkan bagian yang padat terdiri dari sel-sel darah.

#### a. Plasma

Plasma darah menyusun 55% dari keseluruhan darah, di dalamnya terlarut berbagai zat. Plasma tersusun dari air 91% dan zat terlarut 9%. Zat terlarut terdiri dari protein plasma, garam mineral, enzim, hormon, gas, dan zat organik lain.



Gambar 2.31 Bagian-bagian darah.

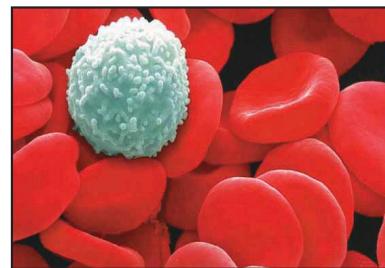
Sumber: Kamus Biologi

Protein dalam plasma antara lain berupa *albumin* (berfungsi untuk menjaga tekanan osmotik darah), *globulin* (membentuk antibodi), dan *fibrinogen* (untuk pembekuan darah). Bagian plasma darah yang berperan dalam sistem kekebalan disebut *serum*. Serum ini mengandung berbagai antibodi yang penting dalam sistem kekebalan tubuh.

### b. Sel-Sel Darah

Sel-sel darah mencakup 45% dari total darah, terdiri dari sel darah merah (*eritrosit*), sel darah putih (*leukosit*), dan keping-keping darah (*trombosit*). Warna merah pada darah disebabkan adanya hemoglobin dalam eritrosit.

- 1) Eritrosit, berfungsi untuk mengangkut hemoglobin yang berperan sebagai pembawa oksigen dan karbon dioksida. Bentuk eritrosit bikonkaf dan tidak berinti. Eritrosit dibentuk di sumsum merah, masa hidupnya 4 bulan atau 120 hari. Produksi sel darah merah setiap detiknya mencapai 2 juta sel. Eritrosit yang telah tua dan rusak dirombak di dalam limpa. Jumlah eritrosit normal pada orang dewasa adalah  $4,7 - 5,3 \text{ juta/mm}^3$ .
- 2) Leukosit, berfungsi dalam sistem pertahanan tubuh dan kekebalan, yaitu membunuh dan memakan mikroorganisme dan zat asing yang masuk ke dalam tubuh. Bentuk leukosit tidak tetap karena bersifat amoeboid, diapedesis, dan fagositosis. Amoeboid artinya dapat bergerak bebas. Karena bergerak bebas, leukosit dapat menembus dinding pembuluh kapiler, disebut sifat diapedesis. Leukosit juga bersifat fagositosis, yaitu dapat membunuh kuman dengan cara memakannya. Umur leukosit umumnya hanya beberapa hari saja, bahkan ada hanya beberapa jam ketika terjadi peradangan dalam tubuh. Jumlah leukosit normal adalah  $4.000 - 10.000$  per  $\text{mm}^3$  darah. Saat terjadi infeksi, jumlahnya dapat melebihi  $10.000$  per  $\text{mm}^3$  darah yang disebut leukositosis. Jika kadar leukosit kurang dari  $4.000$  per  $\text{mm}^3$  disebut menderita penyakit leukopenia. Misalnya karena infeksi penyakit AIDS. Jika kadar leukosit di atas  $200.000$  per  $\text{mm}^3$  disebut menderita kanker darah atau leukemia.
- 3) Trombosit, berperan dalam pembekuan darah ketika terjadi luka. Jumlah trombosit sekitar  $300.000$  per  $\text{mm}^3$  darah. Trombosit dibentuk di sumsum tulang dan dapat hidup selama 8 hari. Bentuknya bulat atau lonjong dan tidak berinti. Trombosit mudah pecah jika keluar dari pembuluh darah atau bersentuhan dengan benda yang permukaannya kasar. Apabila terjadi terluka, darah akan keluar dari pembuluh darah dan menyebabkan trombosit pecah. Trombosit yang pecah akan menghasilkan enzim trombokinase atau tromboplastin. Trombokinase berfungsi untuk mengubah protrombin dalam plasma darah menjadi trombin dengan bantuan ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan vitamin K. Trombin akan mengubah fibrinogen dalam



Gambar 2.32 Sel darah merah dan sel darah putih yang diamati dengan mikroskop elektron.

Sumber: Microsoft Student, 2006

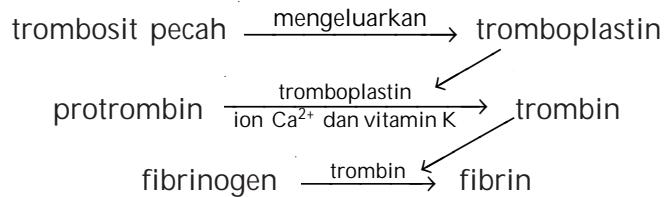
### Info Sains

#### Trombosit

Trombosit berbentuk bulat atau oval yang berasal dari sel besar tertentu dalam sumsum tulang yang disebut *megakariosit*. Jumlahnya berkisar dari  $200.000$  sampai  $500.000$  per  $\text{mm}^3$  atau lebih. Trombosit yang lebih kecil daripada sel darah, bertugas untuk beberapa tujuan yang berguna. Selain untuk pembekuan darah trombosit juga membantu menyumbat kebocoran yang terjadi di dalam pembuluh darah kecil yang disebut pembuluh rambut.

plasma menjadi benang-benang fibrin, yaitu benang-benang halus yang dapat menghentikan perdarahan dan menutup luka.

Proses pembekuan darah di atas dapat digambarkan sebagai berikut.



Perhatikan perbedaan antara eritrosit, leukosit, dan trombosit pada **Tabel 2.2** berikut ini.

**Tabel 2.2** Perbedaan antara eritrosit, leukosit, dan trombosit.

| No. | Pembeda         | Eritrosit   | Leukosit   | Trombosit                             |
|-----|-----------------|---|--|---------------------------------------|
| 1.  | Ukuran          | 7,5 m   | 5 – 9 m  | 2 – 4 m                               |
| 2.  | Jumlah          | $\pm 5.000.000/\text{mm}^3$   | $\pm 7.000/\text{mm}^3$  | $\pm 300.000/\text{mm}^3$             |
| 3.  | Struktur        | - tanpa nukleus<br>- mempunyai hemoglobin   | - mempunyai nukleus<br>- tanpa hemoglobin  | - tanpa nukleus<br>- tanpa hemoglobin |
| 4.  | Bentuk          | cakram bikonkaf   | tidak beraturan  | tidak beraturan                       |
| 5.  | Tempat produksi | sumsum merah tulang pipa dan tulang pipih   | sumsum tulang dan kelenjar limfa   | sumsum tulang belakang                |
| 6.  | Fungsi          | membawa $O_2$ dari paru-paru ke seluruh tubuh dan $CO_2$ dari seluruh jaringan tubuh ke paru-paru | - fagosit memakan kuman<br>- limfosit menghasilkan antibodi untuk membunuh kuman | pembekuan darah                       |

Setiap komponen darah mempunyai fungsi tertentu, sehingga fungsi darah beraneka macam, yaitu sebagai berikut.

- Sebagai alat pengangkut, zat yang diangkut darah adalah sebagai berikut.
  - Sel-sel darah merah mengangkut oksigen dari paru-paru ke jantung dan ke seluruh tubuh.
  - Plasma darah, mengangkut sari makanan dari usus ke hati kemudian ke seluruh tubuh, karbon dioksida dari jaringan tubuh ke paru-paru, urea dari hati ke ginjal untuk dikeluarkan bersama urin, dan hormon dari kelenjar endokrin ke seluruh tubuh.
- Sebagai alat pertahanan tubuh melawan infeksi. Mekanismenya adalah sebagai berikut.
  - Fagositosis, yaitu menelan kuman penyakit dan zat asing yang masuk dalam tubuh.
  - Limfosit menghasilkan antibodi untuk membunuh kuman dan antitoksin untuk menetralkan racun.
- Melakukan pembekuan darah ketika terjadi luka. Yang berperan penting adalah trombosit.

d. Menjaga kestabilan suhu tubuh, yaitu berkisar pada  $37^{\circ}\text{C}$  walaupun suhu lingkungan berubah. Darah mampu menyebarkan energi panas secara merata ke seluruh tubuh. Tentu tubuhmu menggigil pada saat kedinginan dan berkeringat pada saat kepanasan. Menggigil dan berkeringat merupakan mekanisme untuk menjaga agar suhu tubuh tetap stabil.

### 3. Golongan Darah

**Karl Landsteiner** (1868 – 1947), seorang ahli dari Austria, menemukan cara penggolongan darah dengan sistem AB0. Menurut beliau, darah dapat dibedakan menjadi golongan darah A, B, AB, dan 0 (nol).

Penggolongan darah ini didasarkan pada kandungan aglutinogen dan aglutinin. Aglutinogen merupakan protein dalam sel darah merah yang dapat digumpalkan oleh aglutinin. Ada dua jenis aglutinogen pada darah yaitu aglutinogen A dan aglutinogen B. Aglutinin merupakan protein di dalam plasma darah yang menggumpalkan aglutinogen. Aglutinin berfungsi sebagai zat antibodi. Terdapat dua macam aglutinin yaitu aglutinin  $\alpha$  (alfa) dan aglutinin  $\beta$  (beta). Aglutinin  $\alpha$  disebut juga serum anti A yang akan menggumpalkan aglutinogen A. Sedangkan aglutinin  $\beta$  disebut juga serum anti B yang akan menggumpalkan aglutinogen B. Berdasarkan keberadaan antigen dan antibodinya, terdapat empat macam golongan darah. Perhatikan **Tabel 2.3** berikut ini.

**Tabel 2.3** Golongan darah sistem AB0.

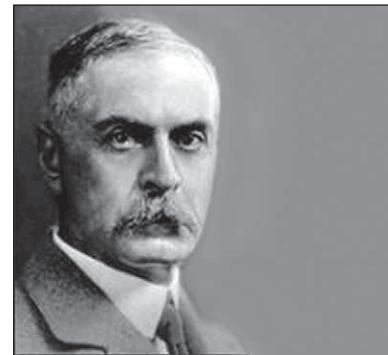
| Golongan Darah | Aglutinogen | Aglutinin            |
|----------------|-------------|----------------------|
| A              | A           | $\beta$              |
| B              | B           | $\alpha$             |
| AB             | A dan B     | -                    |
| 0              | -           | $\alpha$ dan $\beta$ |

Untuk mencegah terjadinya penggumpalan darah pada saat transfusi, golongan darah *donor* (pemberi) dan *resipien* (penerima) harus diperhatikan. Dari **Tabel 2.3** dapat ditentukan transfusi darah yang aman (tidak terjadi penggumpalan darah) dari donor kepada resipien. Perhatikan kemungkinan transfusi darah pada **Tabel 2.4** berikut ini.

**Tabel 2.4** Transfusi darah pada golongan darah sistem AB0.

| Transfusi Darah |    | Donor |   |    |   |
|-----------------|----|-------|---|----|---|
|                 |    | A     | B | AB | 0 |
| Resipien        | A  | ✓     | - | -  | ✓ |
|                 | B  | -     | ✓ | -  | ✓ |
|                 | AB | ✓     | ✓ | ✓  | ✓ |
|                 | 0  | -     | - | -  | ✓ |

Keterangan: ✓ : transfusi dapat dilakukan  
- : transfusi tidak dapat dilakukan



**Gambar 2.33** Karl Landsteiner, penemu berbagai golongan darah pada manusia.

Sumber: Microsoft Student



**Gambar 2.34** Transfusi darah.

Sumber: Ensiklopedia Umum

Berdasarkan tabel di atas, golongan darah 0 disebut *donor universal*, artinya secara teori dapat ditransfusikan ke semua golongan darah tanpa digumpalkan oleh resipien. Hal ini disebabkan karena golongan darah 0 tidak mengandung aglutinogen. Sedangkan golongan darah AB disebut *resipien universal*, karena secara teori dapat menerima transfusi darah dari golongan apa saja. Hal ini disebabkan karena golongan AB tidak mengandung aglutinin sehingga tidak akan menggumpalkan darah jenis apapun dari donor. Dalam praktiknya, transfusi darah hanya dilakukan pada donor dan resipien yang mempunyai golongan darah yang sama.

Sudahkan kamu mengetahui jenis golongan darahmu? Untuk mengetahui golongan darah sistem AB0, lakukan Kegiatan 2.6 berikut ini.

## Kegiatan 2.6

### Golongan Darah Sistem AB0

#### Tujuan:

Mengetahui golongan darah berdasarkan penggolongan darah sistem AB0.

#### Alat dan bahan:

- |                               |                    |
|-------------------------------|--------------------|
| 1. Gelas objek                | 5. Alkohol         |
| 2. Jarum penusuk/jarum lanset | 6. Darah praktikan |
| 3. Kapas                      | 7. Serum anti A    |
| 4. Pipet                      | 8. Serum anti B    |

#### Langkah kerja:

1. Bersihkan gelas objek.
2. Bersihkan jarum lanset dan ujung jari yang akan diambil darahnya dengan kapas yang diteteskan alkohol. Tusukkan jarum lanset pada ujung jari, kemudian teteskan darahnya menjadi dua bagian pada gelas objek. *Ingat*, berhati-hatilah menggunakan jarum lanset dan pastikan dalam keadaan bersih/steril sebelum digunakan. Mintalah petunjuk dan pengawasan guru, asisten praktikum, atau petugas laboratorium selama melaksanakan kegiatan ini.
3. Darah pada bagian pertama diteteskan serum anti A dan bagian kedua diteteskan serum anti B.
4. Amati darah mana yang menggumpal dan yang tidak menggumpal setelah diteteskan serum. Tentukan golongan darahnya dengan menggunakan tabel berikut ini.

| No. | Bila Diteteskan |              | Golongan Darah |
|-----|-----------------|--------------|----------------|
|     | Serum Anti A    | Serum Anti B |                |
| 1.  | Aglutinasi      | Tidak        | Golongan A     |
| 2.  | Tidak           | Aglutinasi   | Golongan B     |
| 3.  | Aglutinasi      | Aglutinasi   | Golongan AB    |
| 4.  | Tidak           | Tidak        | Golongan 0     |

#### Pertanyaan:

Apakah golongan darahmu? Berapa jumlah temanmu yang bergolongan darah A, B, AB, dan 0?

## 4. Sistem Peredaran Getah Bening

Selain sistem peredaran darah, manusia juga mempunyai sistem peredaran getah bening (limfa) yang keduanya berperan dalam sistem transportasi. Sistem limfa berkaitan erat dengan sistem peredaran darah. Sistem limfa terdiri dari cairan limfa, pembuluh limfa, dan kelenjar limfa.

Fungsi sistem peredaran getah bening adalah sebagai berikut.

1. Untuk sistem pertahanan tubuh.
2. Mengangkut kembali cairan tubuh, cairan plasma darah, sel darah putih yang berada di luar pembuluh darah, dan mengangkut lemak dari usus ke dalam sistem peredaran darah.

Cairan limfa mengandung sel-sel darah putih yang berfungsi mematikan kuman penyakit yang masuk ke dalam tubuh. Cairan ini keluar dari pembuluh darah dan mengisi ruang antarsel sehingga membasahi seluruh jaringan tubuh.

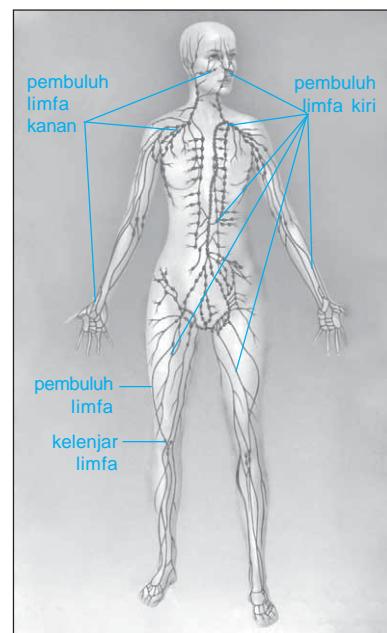
Pembuluh limfa mempunyai banyak katup dan terdapat pada semua jaringan tubuh, kecuali pada sistem saraf pusat. Pembuluh limfa dibedakan menjadi dua macam yaitu pembuluh limfa kanan dan pembuluh limfa kiri. Pembuluh limfa kanan berfungsi menampung cairan limfa yang berasal dari daerah kepala, leher bagian kanan, dada kanan, dan lengan kanan. Pembuluh ini bermuara pada vena yang berada di bawah selangka kanan. Pembuluh limfa kiri berfungsi menampung getah bening yang berasal dari daerah kepala, leher kiri, dada kiri, dan lengan kiri serta tubuh bagian bawah. Pembuluh ini bermuara pada vena di bawah selangka kiri.

Kelenjar limfa berfungsi untuk menghasilkan sel darah putih dan menjaga agar tidak terjadi infeksi lebih lanjut. Kelenjar limfa terdapat di sepanjang pembuluh limfa, terutama terdapat pada pangkal paha, ketiak, dan leher.

Alat tubuh yang mempunyai fungsi yang sama dengan kelenjar limfa yaitu limpa dan tonsil. Limpa merupakan sebuah kelenjar yang terletak di belakang lambung dan berwarna ungu. Fungsinya antara lain sebagai tempat penyimpanan cadangan sel darah, membunuh kuman penyakit, pembentukan sel darah putih dan antibodi, dan tempat pembongkaran sel darah merah yang sudah mati. Tonsil atau amandel terletak di bagian kanan dan kiri pangkal tenggorokan. Tonsil yang berada di belakang anak tekan yaitu di dalam rongga hidung disebut polip hidung. Fungsi tonsil adalah untuk mencegah infeksi yang masuk melalui hidung, mulut, dan tenggorokan.

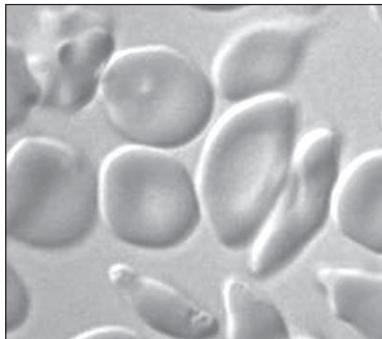
## 5. Kelainan pada Peredaran Darah

Alat peredaran dapat mengalami gangguan atau kelainan. Biasanya disebabkan karena pola hidup yang tidak sehat, karena penyakit, kerusakan organ, atau karena faktor keturunan. Beberapa kelainan pada sistem peredaran darah adalah sebagai berikut.



Gambar 2.35 Sistem peredaran getah bening.

Sumber: *The Human Body Atlas*



**Gambar 2.36** Bentuk eritrosit penderita anemia sel sabit.

Sumber: Microsoft Student

- a. Anemia, merupakan keadaan tubuh yang kekurangan hemoglobin atau sel darah merah. Kadar hemoglobin yang rendah menyebabkan tubuh kekurangan oksigen sehingga tubuh akan terasa lesu, kepala pusing, dan muka pucat. Perdarahan yang berat juga dapat mengakibatkan anemia. Selain itu anemia dapat terjadi akibat terganggunya produksi eritrosit.
- b. Serangan jantung, ditandai dengan sakit pada bagian dada, gelisah, pucat, dan kulit terasa dingin. Serangan jantungnya hebat dan tidak segera mendapat pertolongan dapat menimbulkan gagalnya jantung memompa darah. Faktor-faktor yang meningkatkan resiko terkena serangan jantung adalah tekanan darah tinggi, kadar kolesterol tinggi, merokok, penyakit diabetes melitus, kegemukan, dan kurang olahraga.
- c. Varises, yaitu pelebaran pembuluh vena terutama di bagian kaki. Pada varises yang parah, pembuluh vena tampak melebar dan berkelok-kelok. Varises disebabkan oleh cacat/kerusakan pada katup vena sejak lahir. Varises juga sering terjadi karena bertambahnya beban vena akibat terlalu banyak berdiri, kehamilan, dan sebagainya. Pelebaran vena pada bagian anus disebut wasir atau ambeian.
- d. Tekanan darah rendah (*hipotensi*), yaitu keadaan tekanan darah yang di bawah normal. Gejala hipotensi adalah lesu, pusing, dan gangguan penglihatan, bahkan sampai pingsan. Penyebabnya dapat karena terlalu banyak meminum obat penurun tekanan darah, muntaber, dan pendarahan.
- e. Tekanan darah tinggi (*hipertensi*), yaitu keadaan tekanan darah yang melebihi tekanan normal. Penyebab hipertensi adalah nikotin pada rokok, faktor keturunan, stress, kelebihan berat badan, kelebihan garam, kurang olahraga, dan kelebihan obat-obatan.

#### Tugas 2.4

Diskusikan dengan temanmu, mengapa tekanan darah tinggi dapat menyebabkan penyakit *strok*? Apakah usaha yang dapat dilakukan untuk menghindari tekanan darah tinggi?

#### Latihan 2.2

1. Apakah perbedaan peredaran darah terbuka dan tertutup, peredaran darah tunggal dan peredaran darah ganda?
2. Jelaskan proses pembekuan darah saat terjadi luka.
3. Apakah perbedaan sistem peredaran darah dan sistem peredaran getah bening?

## Rangkuman

- Tubuh manusia mempunyai beberapa sistem organ, misalnya sistem gerak, pencernaan, pernapasan, sistem peredaran darah, sistem ekskresi, dan sistem reproduksi.
- Sistem gerak terdiri dari rangka dan otot. Rangka merupakan alat gerak aktif sedangkan otot merupakan alat gerak aktif. Otot dapat berkontraksi dan relaksasi sehingga menggerakkan tulang. Gerakan pada tulang menghasilkan gerakan yang kompleks pada manusia.
- Rangka tersusun oleh berbagai jenis tulang. Antara tulang yang satu dengan tulang yang lain dihubungkan oleh persendian. Adanya persendian memungkinkan timbulnya berbagai gerak. Otot yang menggerakkan rangka disebut otot rangka. Selain otot rangka, terdapat pula jenis otot polos dan otot jantung. Sistem gerak dapat mengalami kelainan, misalnya osteoporosis, patah tulang, dan reumatik.
- Sistem pencernaan makanan berfungsi untuk mencerna makanan agar sari makanan dapat diserap oleh tubuh. Sistem pencernaan disusun oleh saluran pencernaan dan kelenjar pencernaan. Saluran pencernaan meliputi mulut, kerongkongan, lambung, usus halus, usus besar, dan anus. Kelenjar pencernaan terdiri dari kelenjar ludah, lambung, hati, pankreas, dan usus halus. Kelainan pada sistem pencernaan misalnya diare, radang usus buntu, sembelit, dan batu empedu.
- Makanan yang sehat harus mengandung cukup zat gizi, yaitu mengandung karbohidrat, protein, lemak, vitamin, dan mineral.
- Sistem pernapasan bertugas untuk melaksanakan pertukaran gas antara tubuh manusia dengan lingkungan. Alat pernapasan terdiri dari hidung, faring, laring, trachea, bronkus, dan paru-paru. Terdapat dua mekanisme pernapasan yaitu pernapasan dada dan pernapasan perut. Kelainan pada sistem pernapasan misalnya bronkitis, asma, salesma, influensa, dan TBC.
- Sistem peredaran darah dan sistem peredaran getah bening membentuk sistem transportasi pada manusia. Alat peredaran darah terdiri dari jantung, dan pembuluh darah. Sistem peredaran darah manusia termasuk sistem peredaran darah ganda dan tertutup. Darah terdiri dari bagian cair berupa plasma darah dan bagian padat berupa sel-sel darah. Gangguan pada sistem peredaran darah misalnya anemia, serangan jantung, varises, hipotensi, dan hipertensi.

## Refleksi

Kamu telah selesai belajar Berbagai Sistem Organ pada Manusia dalam Bab II ini. Sebelum melanjutkan pelajaran di bab III, lakukan evaluasi diri dengan menjawab pertanyaan di bawah ini. Jika semua pertanyaan kamu jawab dengan ‘ya’, berarti kamu telah menguasai materi bab ini dan dapat meneruskan pelajaran di bab berikutnya. Namun jika ada pertanyaan yang dijawab dengan ‘tidak’, kamu perlu mengulangi materi yang berkaitan dengan pertanyaan itu. Jika ada kesulitan atau ada hal yang sukar dimengerti, bertanyalah kepada Bapak/Ibu Guru.

1. Dapatkah kamu menjelaskan jenis-jenis rangka dan otot yang menyusun sistem gerak pada manusia?
2. Apakah kamu sudah memahami alat dan proses pencernaan makanan pada manusia serta zat gizi yang terdapat pada makanan?
3. Apakah kamu dapat menjelaskan alat pernapasan pada manusia dan proses pernapasan?

- Dapatkan kamu menunjukkan proses peredaran darah dan peredaran getah bening pada manusia? Apa saja alat peredaran darah dan bagaimana komposisi darah manusia?
- Apakah kamu dapat menjelaskan hubungan antara kondisi dan kinerja sistem organ dengan kesehatan? Penyakit atau kelainan apa yang dapat terjadi pada sistem gerak, sistem pencernaan, sistem pernapasan, dan sistem peredaran darah manusia?

## Latih Kemampuan

2

### I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- Berikut ini yang termasuk tulang rawan ialah ....
  - tulang pedang-pedangan
  - tulang selangka
  - ujung tulang rusuk
  - tulang paha
- Persendian yang terdapat antara tulang ibu jari dan tulang telapak tangan termasuk sendi ....
 

|           |           |
|-----------|-----------|
| a. engsel | c. pelana |
| b. peluru | d. putar  |
- Persamaan antara otot polos dan otot jantung ialah ....
  - letak inti tersebar
  - bekerja secara tidak sadar
  - menempel pada otot rangka
  - letaknya ada pada alat gerak
- Nasi yang dikunyah lama akan terasa manis, karena ....
  - ada gigi sehingga terasa manis
  - Iudah mengandung amilase
  - air liur mengandung zat gula
  - di dalam mulut terdapat zat gula
- Proses pencernaan secara mekanik yaitu mengubah bentuk makanan ....
  - kasar menjadi halus
  - halus menjadi kasar
  - kasar menjadi halus hingga tak berasa
  - kasar menjadi halus hingga manis
- Ketika menghembuskan napas di dalam air kapur maka air kapur akan menjadi keruh, berarti zat sisa pernapasan adalah berupa ....
  - karbon dioksida
  - air kapur
  - oksigen
  - kotoran
- Zat makanan yang menjadi sumber energi utama bagi tubuh kita adalah ....
  - karbohidrat
  - karbohidrat dan lemak
  - protein dan lemak
  - protein dan karbohidrat
- Ketika menghembuskan napas di depan cermin muncul ....
  - kotoran yang berarti oksigen
  - kotoran yang berarti karbon dioksida
  - basah berarti zat yang dikeluarkan adalah uap air
  - basah berarti zat yang dikeluarkan adalah oksigen
- Fungsi empedu adalah mengemulsikan ....
  - lemak
  - protein
  - karbohidrat
  - mineral
- Kapasitas vital paru-paru adalah ....
  - volume udara maksimum yang dapat keluar atau masuk paru-paru sekuat-kuatnya
  - volume seluruh udara yang dapat mengisi atau masuk ke alat-alat pernapasan
  - volume udara yang terdapat dalam seluruh alat pernapasan
  - volume udara yang dikeluarkan oleh seluruh alat pernapasan
- Berikut ini gangguan pada pernapasan, *kecuali* ....
  - TBC
  - influenza
  - pilek
  - muntaber

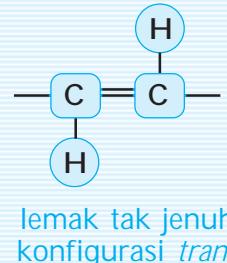
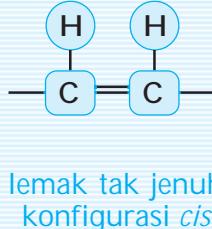
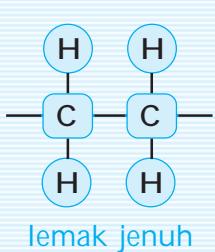
12. Sari makanan, oksigen, dan karbon dioksida diedarkan oleh ....
- darah
  - udara
  - air
  - sel
13. Plasma darah merupakan bagian darah yang berupa ....
- cairan kekuning-kuningan
  - cairan yang merah
  - padat kekuning-kuningan
  - padat yang merah
14. Peranan fibrinogen adalah ....
- pencairan darah ketika mengalir
  - pembekuan darah ketika luka
  - pemberian darah tambahan
  - penambahan zat ketika luka
15. Yang memisahkan ruang kanan dan kiri pada jantung adalah ....
- katup
  - bilik
  - serambi
  - sekat
- B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!**
- Mengapa rangka disebut alat gerak pasif?
  - Tuliskan rumus gigi orang dewasa.
  - Mengapa usus halus berjonjot?
  - Jelaskan dua macam mekanisme pernapasan pada manusia.
  - Jelaskan pengertian donor universal dan resipien universal.

## Wacana Sains

### Hati-Hati dengan Lemak *Trans Fat*

KFC (*Kentucky Fried Chicken*) mengumumkan bahwa mulai bulan Oktober 2006 akan mengganti minyak gorengnya dengan sejenis minyak kedelai. Minyak goreng yang selama ini mereka gunakan mengandung senyawa asam lemak *trans fat* yang dapat menyebabkan penyumbatan pembuluh arteri (arteriosklerosis). Masyarakat dan ilmuwan Amerika Serikat menghendaki agar berbagai restoran cepat saji tidak lagi menggunakan minyak goreng yang mengandung asam lemak *trans fat*. Tentu saja langkah yang diambil KFC dan berbagai restoran cepat saji lainnya menggembirakan masyarakat Amerika Serikat dan dunia. Inilah bentuk kepedulian dan perlindungan terhadap kesehatan konsumen dan masyarakat. Selama ini industri makanan enggan mencantumkan kandungan *trans fat*, apalagi menghindarinya karena asam lemak inilah yang membuat kentang goreng, ayam goreng, dan berbagai makanan terasa gurih dan renyah.

*Trans fat* atau *trans fatty acids* merupakan asam lemak tidak jenuh (*unsaturated fat*). Asam lemak tak jenuh dengan konfigurasi *trans* ini dihasilkan melalui rekayasa manusia. Asam lemak ini berbeda dengan asam lemak tak jenuh yang terdapat pada bahan-bahan alami, misalnya minyak zaitun dan minyak jagung (konfigurasinya disebut *cis*). Mungkin kamu sering mendengar iklan produk minyak goreng yang mengandung asam lemak tak jenuh. Jenis asam lemak yang lain adalah asam lemak jenuh, yang banyak terdapat lemak hewani. Asam lemak jenuh telah lama diketahui dapat membahayakan kesehatan. Tahukah kamu mengapa demikian? Perhatikan struktur asam lemak pada gambar berikut.



Sejak tahun 1988 asam lemak tak jenuh dengan konfigurasi *trans* mulai dicurigai sebagai salah satu sebab meningkatnya penyakit jantung koroner. Kemudian pada tahun 1994, Prof Walter Willet, Ketua Departemen Gizi HSPH (*Harvard School of Public Health*) bersama ahli epidemiologi HSPH, Dr Alberto Ascherio menggambarkan bagaimana *trans fat* dapat merusak kesehatan jantung dan bertanggung jawab terhadap paling sedikit 30.000 kematian prematur setiap tahun di Amerika Serikat. Pernyataan mereka dimuat dalam jurnal kesehatan *American Journal of Public Health*.

Namun menurut Prof Dr. Walujo Soerjodibroto, pakar gizi klinik Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, minyak yang mengandung asam lemak tak jenuh jika dipanaskan dalam suhu tinggi (misalnya lewat *deep frying* seperti yang dilakukan KFC) akan merubah struktur kimanya menjadi *trans fat*. Jadi tidak peduli apakah itu berasal dari minyak kacang, minyak bunga matahari, minyak jagung, maupun minyak zaitun jika dipakai untuk menggoreng akan menjadi *trans fat* yang berbahaya.

Lebih lanjut Walujo mengungkapkan bahwa yang lebih menentukan bagi kesehatan masyarakat adalah bukan jenuh atau tidak jenuhnya asam lemak dalam minyak goreng, tetapi panjang pendeknya rantai asam lemak. Lemak dan minyak tersusun dari asam lemak dan gliserol. Menurut panjang rantai karbonnya, asam lemak dapat dibedakan menjadi asam lemak rantai panjang, rantai sedang, dan rantai pendek. Yang banyak dipakai dalam minyak goreng adalah asam lemak rantai panjang dan sedang.

Asam lemak rantai panjang untuk bisa diserap darah harus dilarutkan oleh lipoprotein dan membutuhkan sekresi empedu. Jadi harus dicerna dan dipendekkan rantainya agar dapat masuk ke dalam kelenjar limfe dan diangkut ke pembuluh vena di bawah ketiak. Sedangkan asam lemak rantai sedang dapat dicerna tanpa bantuan empedu. Contoh minyak dengan asam lemak berantai sedang adalah minyak kelapa dan minyak *kernel* (lembaga) kelapa sawit. Namun parahnya minyak kelapa banyak digantikan dengan minyak kelapa sawit yang mengandung asam lemak berantai panjang, sedangkan minyak *kernel* kelapa sawit justru diekspor ke luar negeri.

Jadi minyak yang baik bagi kesehatan adalah minyak yang mengandung asam lemak tak jenuh berantai sedang, misalnya minyak zaitun, minyak kacang, minyak bunga matahari, dan minyak jagung. Namun penggunaannya adalah sebagai minyak sayur (misalnya untuk menu misalnya), bukan untuk menggoreng dengan suhu tinggi. Dan kalau ingin menggoreng dengan suhu tinggi, yang terbaik adalah menggunakan minyak kelapa atau minyak *kernel* kelapa sawit.

*Trans fat* secara alami juga dapat ditemukan dalam jumlah sedikit pada daging dan susu hewan ruminansia. Namun sebagian besar *trans fat* yang dikonsumsi masyarakat dihasilkan dari industri dengan melakukan hidrogenasi (penambahan atom hidrogen) minyak nabati, yang dikenal sejak tahun 1990-an. Sejak tahun 1960-an di Amerika Serikat dan negara-negara Barat mengganti mentega/minyak hewani maupun minyak nabati yang berlemak jenuh dengan minyak *trans fat* dengan alasan kesehatan. Ternyata keputusan ini pun belum sepenuhnya benar.

Sumber: *Kompas*, 20 Desember 2006

## Bab III

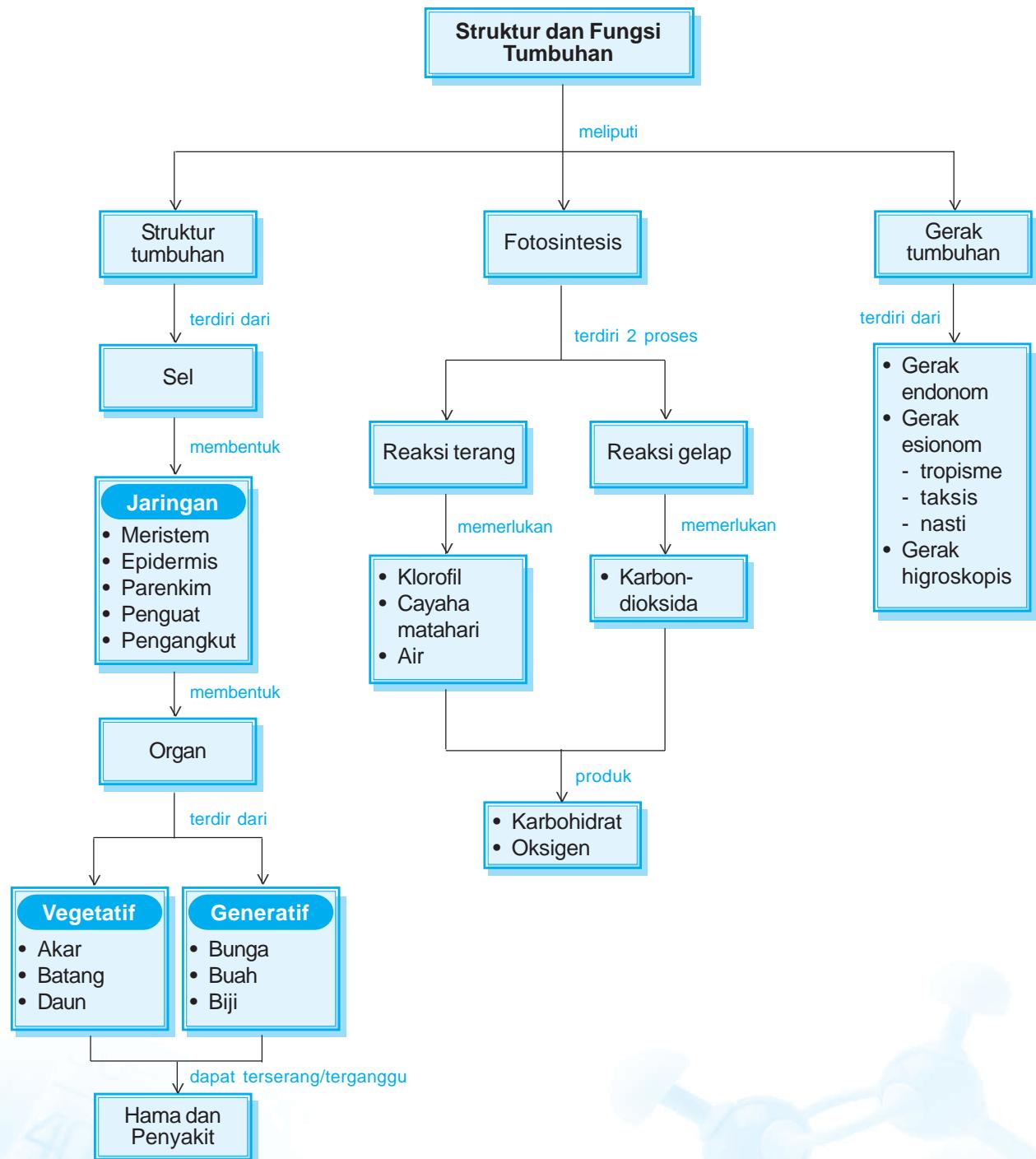
# Berbagai Sistem dalam Kehidupan Tumbuhan



Kamu tentu sudah tidak asing lagi dengan berbagai macam tumbuhan. Tumbuhan sangat penting bagi kelangsungan hidup manusia dan hewan. Tanpa adanya tumbuhan, maka manusia dan hewan tidak mungkin dapat bertahan hidup. Untuk melaksanakan berbagai fungsi kehidupannya, tumbuhan mempunyai organ akar, batang, daun, bunga, dan buah. Bagaimanakah struktur dan fungsi organ-organ tumbuhan? Bagaimana tumbuhan memperoleh makanan dan berinteraksi dengan lingkungannya?

Pada bab ini kamu akan mempelajari berbagai sistem dalam kehidupan tumbuhan, meliputi struktur dan fungsi jaringan tumbuhan, fotosintesis, gerak tumbuhan, serta hama dan penyakit pada tumbuhan.

# Peta Konsep



## Kata Kunci

- meristem
- fotosintesis
- klorofil
- gerak
- hama
- penyakit

Di kelas VII, kamu telah mempelajari bahwa makhluk hidup tersusun atas sel. Tumbuhan juga tersusun atas sel-sel yang terorganisasi membentuk jaringan dan organ. Tumbuhan bersifat *autotrof* yaitu dapat membuat makanan sendiri melalui fotosintesis. Seperti halnya hewan, tumbuhan juga menanggapi rangsangan dari lingkungan. Salah satu bentuk aksinya yaitu dengan melakukan gerak. Gerak tumbuhan tentu saja berbeda dengan gerak pada hewan.



## A Jaringan pada Tumbuhan

Apabila kamu amati, semua tumbuhan tingkat tinggi mempunyai alat tubuh (organ) berupa akar, batang, dan daun. Khusus untuk tumbuhan berbiji, juga terdapat alat tubuh berupa bunga dan biji sebagai alat perkembangbiakan. Semua bagian tumbuhan tersebut tersusun dari sel yang berasal dari pembelahan sel meristem. Sel-sel ini kemudian berkembang menjadi berbagai tipe sel. Seperti halnya pada hewan, sel-sel tumbuhan yang mempunyai bentuk dan fungsi yang sama terorganisasi menjadi jaringan.

### 1. Jenis-Jenis Jaringan pada Tumbuhan

Setiap alat tubuh tumbuhan tersusun oleh tiga jaringan pokok, yaitu jaringan epidermis, jaringan parenkim, dan jaringan pengangkut. Selain itu di beberapa bagian tumbuhan terdapat jaringan penguat yang berkembang dari sel-sel jaringan parenkim. Sesuai dengan namanya, jaringan penguat berfungsi untuk memperkuat struktur tumbuhan. Jaringan lainnya yang terdapat pada tumbuhan adalah jaringan meristem.

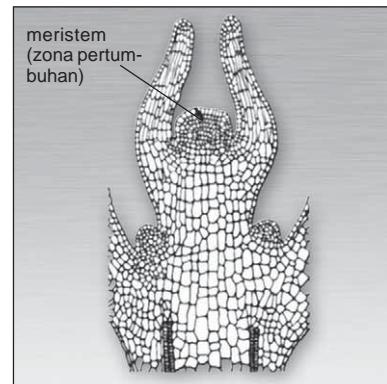
#### a. Jaringan Meristem

Jaringan meristem terdiri dari sel-sel yang senantiasa membelah. Jaringan meristem terdapat di ujung batang dan ujung akar dan disebut meristem apikal atau meristem primer. Selain itu, jaringan meristem juga terdapat pada ruas-ruas batang dan batang tumbuhan dikotil dan Gymnospermae. Jaringan ini disebut meristem lateral atau meristem sekunder. Meristem lateral pada batang tumbuhan dikotil dan Gymnospermae terdapat pada kambium.

Aktivitas meristem apikal menghasilkan pertumbuhan memanjang pada batang atau akar. Pertumbuhan yang dihasilkan disebut pertumbuhan primer. Sedangkan aktivitas meristem lateral menyebabkan bertambahnya ukuran diameter batang atau memanjangnya ruas-ruas batang. Pertumbuhan yang dihasilkan disebut pertumbuhan sekunder. Coba kamu ingat kembali pelajaran di bab I.

#### b. Jaringan Epidermis

Jaringan epidermis terdiri dari sel-sel epidermis yang tersusun rapat dan tanpa rongga antarsel. Biasanya hanya terdiri dari satu lapisan sel. Epidermis berfungsi sebagai pelindung bagi



Gambar 3.1 Jaringan meristem primer terdapat pada ujung batang dan ujung akar

Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer

jaringan-jaringan yang ada di bawahnya. Epidermis dapat mengalami modifikasi membentuk stomata, lentisel, rambut akar, dan trikoma. Pada daun tumbuhan yang hidup di darat, sel-sel epidermis menghasilkan kutikula yang dapat mencegah penguapan yang berlebihan dari sel-sel daun.

#### c. Jaringan Parenkim

Jaringan parenkim terdiri dari sel-sel yang telah dewasa. Walaupun demikian, sel-sel parenkim masih dapat membelah. Fungsi sel parenkim adalah sebagai penyimpan cadangan makanan, tempat fotosintesis, penutupan luka, regenerasi, dan penyusun utama berbagai alat tubuh atau organ tumbuhan. Jaringan parenkim terdapat di semua organ tumbuhan dengan bentuk dan fungsi yang beragam. Misalnya terdapat sebagai *empulur* yang mengisi sebagian besar atau seluruh korteks akar dan batang, mesofil daun, dan bagian buah yang berdaging. Jaringan tiang atau parenkim palisade merupakan sel-sel parenkim yang terdapat di daun. Jaringan ini terdiri dari sel-sel yang bentuknya memanjang dan banyak mengandung klorofil. Jaringan bunga karang atau parenkim spons merupakan sel-sel parenkim yang berada di bawah lapisan jaringan parenkim palisade. Selain itu, di dalam jaringan yang lain seperti jaringan pengangkut (xilem dan floem) juga terdapat sel parenkim.

#### d. Jaringan Pengangkut

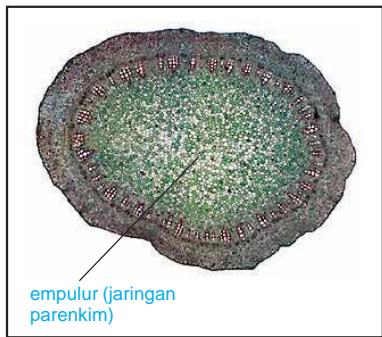
Jaringan pengangkut pada tumbuhan terdiri dari xilem dan floem.

- 1) Xilem atau pembuluh kayu, susunan jaringannya kompleks, terdiri dari beberapa tipe sel. Penyusun utama jaringan xilem adalah trakea dan trakeid. Sel-sel ini berfungsi sebagai pengangkut air dan zat-zat yang terlarut di dalamnya dari akar menuju daun.
- 2) Floem atau pembuluh tapis, pada batang dikotil terletak di sebelah luar xilem. Fungsinya untuk mengantarkan hasil fotosintesis dari daun ke seluruh bagian tubuh tumbuhan. Floem disebut pula pembuluh tapis karena terdapat sel-sel tapis yang mirip saringan.

#### e. Jaringan Penguat

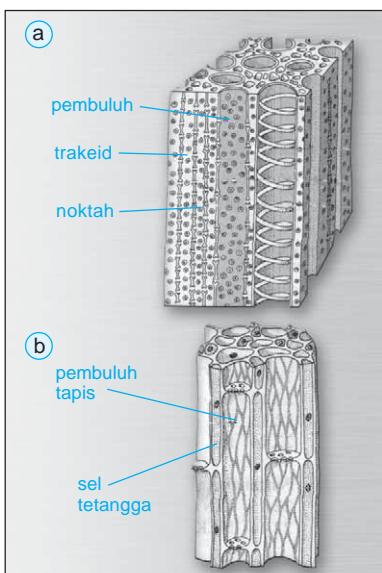
Jaringan penguat berfungsi untuk mendukung kokohnya struktur berbagai bagian tumbuhan. Jaringan penguat terdiri dari kolenkim dan sklerenkim.

- 1) Kolenkim, sel-selnya memiliki dinding yang tipis dengan penebalan di sudut-sudut sel. Bentuk selnya bervariasi, berfungsi sebagai penyokong bagian-bagian tumbuhan. Misalnya terdapat pada batang, tangkai daun, dan bunga.
- 2) Sklerenkim, sel-selnya mengalami penebalan di seluruh bagian sel. Sklerenkim dapat berasal dari kolenkim yang mengalami penebalan lebih lanjut. Contohnya terdapat pada tempurung kelapa, kulit biji, dan tangkai buah.



Gambar 3.2 Penampang melintang batang jarak muda (*Ricinus sp*), terlihat daerah empulur (sel-sel parenkim) yang luas.

Sumber: [www.vcbio.science.ru.nl](http://www.vcbio.science.ru.nl)



Gambar 3.3 Jaringan pengangkut terdiri dari (a) xilem dan (b) floem.

Sumber: Biologi

## 2. Susunan Jaringan di Akar, Batang, dan Daun

Di awal subbab ini kamu telah mengetahui berbagai alat tubuh tumbuhan, yaitu akar, batang, dan daun. Bagaimanakah susunan jaringan di alat tubuh tumbuhan itu? Untuk mengetahuinya, pelajarilah uraian berikut ini.

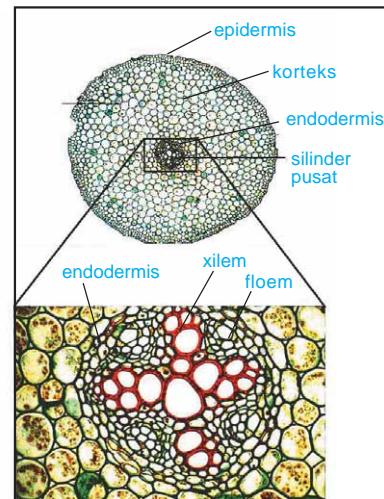
### a. Susunan Jaringan di Akar

Bila sepotong akar kamu sayat secara melintang dan diamati dengan mikroskop, akan tampak jaringan-jaringan pokok yang menyusunnya, yaitu dari luar ke dalam berturut-turut adalah epidermis, korteks, endodermis dan silinder pusat (stele). Tentu saja terdapat variasi antara berbagai jenis tumbuhan dan antara akar muda dan akar tua.

Sel-sel epidermis akar berdinding tipis dan berfungsi sebagai penyerap air. Sebagian sel epidermis mengalami modifikasi membentuk rambut akar yang membantu memperluas bidang penyerapan. Bagian korteks pada akar terdiri atas jaringan parenkim. Ciri-cirinya adalah terdapat ruang antarsel untuk transportasi gas dan penampung oksigen yang diperlukan dalam respirasi sel. Pada bagian stele terdapat berkas jaringan pengangkut yaitu xilem dan floem yang letaknya bergantian dan tersusun dalam lingkaran.

Jaringan meristem terdapat di ujung akar yang dilanjut dengan daerah pemanjangan. Di ujung akar terdapat tudung akar/*kaliptra*. Tudung akar terdiri dari sel-sel parenkim yang berdinding tipis. Fungsinya adalah sebagai pelindung jaringan meristem dan mengatur arah pertumbuhan akar.

Untuk mengamati anatomi penampang melintang akar, lakukan **Kegiatan 3.1** berikut ini.



**Gambar 3.4** Penampang melintang akar tanaman dikotil.

**Sumber:** [bima.ipb.ac.id](http://bima.ipb.ac.id)

### Kegiatan 3.1

#### Struktur Anatomi Akar

##### Tujuan:

Mengamati struktur anatomi penampang melintang akar.

##### Alat dan bahan:

1. Preparat awetan akar jagung (*Zea mays*), jika tidak tersedia, kamu dapat membuat preparat basah
2. Mikroskop dan perlengkapannya

##### Langkah kerja:

1. Amatilah preparat melintang akar jagung menggunakan mikroskop dengan pembesaran lemah.
2. Amatilah struktur dan letak setiap jaringan yang menyusun akar.

- Dengan pembesaran yang lebih kuat, amatilah secara detail struktur anatomi akar. Temukan jaringan epidermis, korteks, endodermis, dan stele (xilem dan floem).
- Buatlah gambar dan lengkapilah dengan keterangan bagian-bagiannya.

**Pertanyaan:**

- Jaringan apa saja yang dapat kamu temukan? Sebutkan secara urut dari luar ke dalam.
- Bagaimanakah bentuk dan susunan sel pada jaringan-jaringan itu?

**b. Susunan Jaringan di Batang**

Struktur anatomi batang mirip dengan akar, yaitu tersusun dari jaringan epidermis, jaringan dasar (parenkim), dan jaringan pengangkut. Epidermis batang biasanya terdiri dari satu lapisan sel. Epidermis ini sering mengalami modifikasi menjadi trikoma dan stomata. Pada batang yang sudah dewasa, stomata menghilang dan digantikan dengan lentisel. *Lentisel* merupakan pori penghubung ruang antarsel dalam batang dengan udara lingkungan. Di sebelah dalam epidermis terdapat korteks. Korteks tersusun dari jaringan parenkim. Jaringan penguat kolenkim dan sklerenkim juga sering ditemukan pada korteks. Di sebelah dalam korteks terdapat silinder pusat/stele yang tersusun oleh jaringan parenkim berbentuk jari-jari empulur.

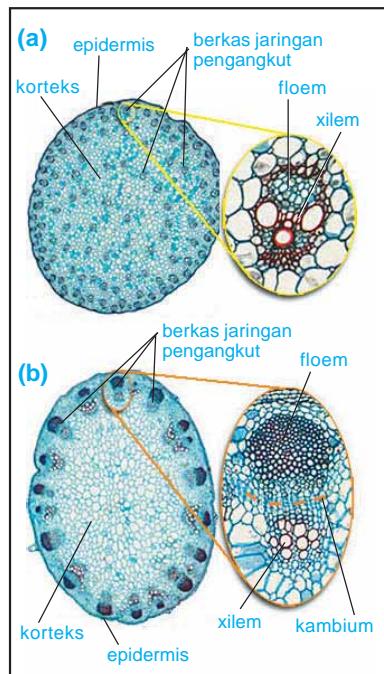
Batang monokotil umumnya tidak bercabang, tidak berkambium, dan beruas-ruas. Susunan berkas pembuluh angkut tersebar atau tidak teratur. Bagian luar batang monokotil sering ditutupi oleh epidermis yang memiliki stomata, misalnya pada jagung. Di bawah epidermis terdapat seludang sklerenkim yang membantu mengokohkan batang. Batang monokotil tidak mengalami tumbuh membesar karena tidak memiliki meristem sekunder.

Batang tumbuhan dikotil umumnya bercabang-cabang, berkambium, tetapi tidak beruas-ruas. Bagian batang yang masih muda umumnya dilindungi oleh selapis sel epidermis. Di bawah epidermis terdapat jaringan penguat kolenkim dan sklerenkim. Pada ikatan pembuluh terdapat kambium yang terletak di antara xilem dan floem. Adanya kambium menyebabkan batang tumbuhan dikotil dapat membesar. Hal ini disebakan oleh aktivitas pembelahan sel dari jaringan meristem pada kambium.

Untuk mengamati anatomi batang, lakukan kegiatan seperti **Kegiatan 3.1** dengan menggunakan preparat penampang melintang batang, baik awetan atau kamu persiapkan sendiri. Coba, bandingkan hasil pengamatamu dengan gambar yang ada di dalam buku ini!

**c. Susunan Jaringan di Daun**

Struktur anatomi daun juga terdiri dari tiga jenis jaringan, yaitu jaringan epidermis, jaringan dasar/parenkim, dan jaringan pengangkut. Pada jaringan epidermis terdapat kutikula untuk mengurangi penguapan berlebihan dari sel-



**Gambar 3.5** (a) Penampang melintang batang monokotil dan (b) penampang melintang batang dikotil. Perhatikan letak berkas jaringan pengangkut.

**Sumber:** [www.vcbio.science.ru](http://www.vcbio.science.ru)

sel daun. Pada beberapa jenis tumbuhan, selain kutikula juga terdapat lapisan lilin. Sebagian sel epidermis daun mengalami modifikasi menjadi stomata. Pada daun tumbuhan dikotil, letak stomata umumnya tersebar, sedangkan pada daun tumbuhan monokotil umumnya terletak sejajar. Stomata dapat ditemukan pada satu atau kedua sisi daun. Pada tanaman yang hidup di darat, umumnya stomata terletak di permukaan bawah. Sedangkan pada tanaman air, stomata terletak di permukaan daun sebelah atas. Tahukah kamu apa penyebabnya?

Jaringan dasar pada parenkim daun (*mesofil*) mempunyai banyak kloroplas dan terdapat ruang antarsel yang luas. Berdasarkan bentuknya, jaringan parenkim daun terdiri atas jaringan tiang (parenkim palisade) dan jaringan bunga karang (parenkim spons). Jaringan tiang merupakan tempat fotosintesis yang utama karena banyak mengandung klorofil.

Jaringan pengangkut pada daun berkumpul di tulang daun atau urat daun. Jaringan pengangkut ini merupakan ke lanjutan berkas pengangkut pada batang dan tangkai daun.

Untuk mengamati anatomi daun, lakukan kegiatan seperti **Kegiatan 3.1** dengan menggunakan preparat penampang melintang daun, yang dapat kamu persiapkan sendiri atau menggunakan awetan. Coba, bandingkan hasil pengamatanmu dengan gambar yang ada di dalam buku ini!

Bagaimana susunan jaringan di organ bunga, buah, dan biji? Secara umum, jaringan pokok yang menyusun organ generatif ini sama dengan jaringan yang menyusun akar, batang, dan daun. Kamu dapat mencari informasi yang relevan dengan hal ini dari berbagai buku atau sumber pustaka yang lain. Kunjungilah perpustakaan atau internet untuk menemukannya.

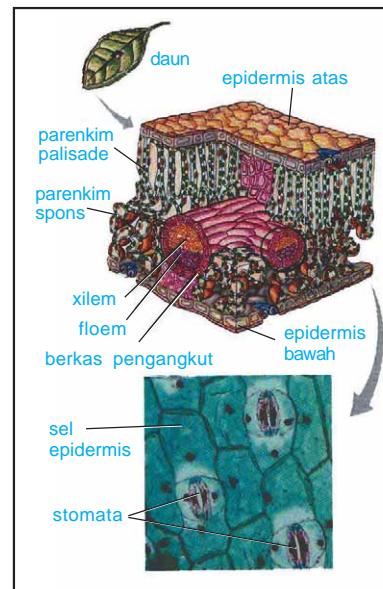
### Latihan 3.1

1. Sebutkan jaringan pokok yang menyusun alat-alat tubuh tumbuhan!
2. Jelaskan perbedaan jaringan meristem primer dan meristem sekunder pada tumbuhan.
3. Samakah susunan jaringan pengangkut pada akar, batang, dan daun? Diskusikan dengan teman-temanmu.



## B Fotosintesis

Tahukah kamu bagaimana tumbuhan hijau memperoleh nutrisi atau makanan? Tumbuhan hijau memperoleh makanan dengan fotosintesis. Fotosintesis merupakan proses kimia-fisika dengan menggunakan energi cahaya matahari yang berlangsung di dalam kloroplas. Hasil fotosintesis berupa karbohidrat dan oksigen. Karbohidrat inilah yang menjadi nutrisi bagi tumbuhan.



**Gambar 3.6** Struktur anatomi daun.

Sumber: iel.ipb.ac.id

Karbohidrat digunakan sebagai sumber energi dan bahan untuk membuat senyawa lain yang dibutuhkan tumbuhan. Sebagian dari karbohidrat ini disimpan sebagai cadangan makanan. Jika tumbuhan dimakan hewan atau manusia, maka terjadi perpindahan energi dari energi matahari menjadi energi kimia dalam tumbuhan kemudian berpindah ke tubuh hewan atau manusia. Jika hewan itu dimakan hewan lain, maka akan disertai pula dengan perpindahan energi. Jadi sumber energi utama bagi kehidupan di bumi ini adalah matahari.

## 1. Sejarah Penemuan Fotosintesis

Dalam sejarah, beberapa ahli telah melakukan penelitian yang berkaitan dengan fotosintesis, antara lain Ingenhousz, Engelmann, Sachs, Hill, dan Blackman.

### a. Ingenhousz

Pada tahun 1770, Joseph Priestley seorang ahli kimia Inggris memperlihatkan bahwa tumbuhan mengeluarkan suatu gas yang dibutuhkan dalam pembakaran. Dia mendemonstrasikan hal ini dengan cara membakar lilin dalam suatu wadah tertutup sampai api mati. Lalu ia menyimpan setangkai tumbuhan mint dalam ruang tertutup itu dan dapat mempertahankan nyala api sampai beberapa hari. Meskipun Priestley tidak tahu jenis gas apa yang dikeluarkan tumbuhan, tetapi apa yang dilakukannya memperlihatkan bahwa tumbuhan menghasilkan oksigen ke udara.

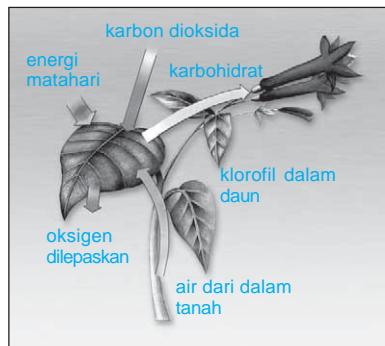
Pada tahun 1799, seorang dokter berkebangsaan Inggris bernama Jan Ingenhousz berhasil membuktikan bahwa proses fotosintesis menghasilkan oksigen ( $O_2$ ). Ia melakukan percobaan dengan tumbuhan air *Hydrilla verticillata* di bawah corong kaca bening terbalik yang dimasukkan ke dalam gelas kimia berisi air. Jika *Hydrilla verticillata* terkena cahaya matahari, maka akan timbul gelembung-gelembung gas yang akhirnya mengumpul di dasar tabung reaksi. Ternyata gas tersebut adalah oksigen. Beliau juga membuktikan bahwa cahaya berperan penting dalam proses fotosintesis dan hanya tumbuhan hijau yang dapat melepaskan oksigen.

### b. Engelmann

Pada tahun 1822 Engelmann berhasil membuktikan bahwa klorofil merupakan faktor yang harus ada dalam proses fotosintesis. Ia melakukan percobaan dengan ganggang hijau *Spirogyra* yang kloroplasnya berbentuk pita melingkar seperti spiral. Dalam percobaan tersebut ia mengamati bahwa hanya kloroplas yang terkena cahaya matahari yang mengeluarkan oksigen. Hal itu terbukti dari banyaknya bakteri aerob yang bergerombol di sekitar kloroplas yang terkena cahaya matahari.

### c. Sachs

Pada tahun 1860, seorang ahli botani Jerman bernama Julius von Sachs berhasil membuktikan bahwa proses fotosintesis menghasilkan amilum (zat tepung). Adanya zat tepung ini dapat dibuktikan dengan uji yodium, sehingga percobaan Sachs ini juga disebut uji yodium.



Gambar 3.7 Proses fotosintesis pada tumbuhan hijau.

Sumber: Dokumen Penerbit

#### d. Hill

**Theodore de Smussure**, seorang ahli kimia dan fisiologi tumbuhan dari Swiss menunjukkan bahwa air diperlukan dalam proses fotosintesis. Temuan ini diteliti lebih lanjut sehingga pada tahun 1937 seorang dokter berkebangsaan Inggris bernama **Robin Hill** berhasil membuktikan bahwa cahaya matahari diperlukan untuk memecah air ( $H_2O$ ) menjadi hidrogen (H) dan oksigen ( $O_2$ ). Pemecahan ini disebut *fotolisis*.

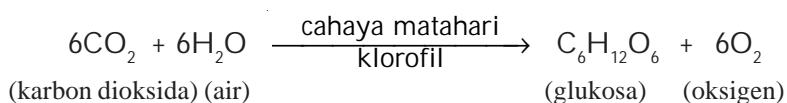
#### e. Blackman

Pada tahun 1905 **Blackman** membuktikan bahwa perubahan karbon dioksida ( $CO_2$ ) menjadi glukosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) berlangsung tanpa bantuan cahaya matahari. Peristiwa ini sering disebut sebagai reduksi karbon dioksida. Dengan demikian dalam fotosintesis ada dua macam reaksi, yaitu reaksi terang dan reaksi gelap. Yang merupakan reaksi terang (reaksi Hill) adalah fotolisis, yang merupakan reaksi gelap (reaksi Blackman) adalah reduksi karbon dioksida. Gabungan antara reaksi terang dan reaksi gelap itulah yang kita kenal sekarang sebagai reaksi fotosintesis. Pada tahun 1940 **Melvin Calvin** dan timnya berhasil menemukan urutan reaksi/proses yang berlangsung pada reaksi gelap. Rangkaian reaksi itu selalu berulang terus menerus dan disebut siklus Calvin.

## 2. Pengertian Fotosintesis

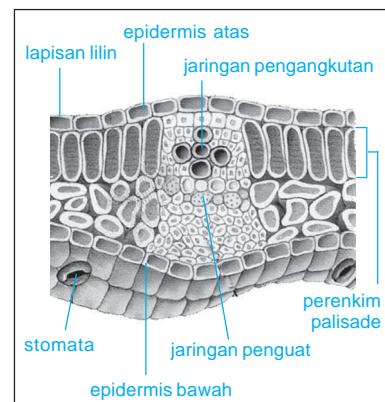
Fotosintesis adalah proses pembentukan karbohidrat dari karbon dioksida ( $CO_2$ ) dan air ( $H_2O$ ) dengan bantuan sinar matahari. Tumbuhan mampu melakukan fotosintesis karena mempunyai sel-sel yang mengandung klorofil (zat hijau daun). Dalam fotosintesis, energi cahaya matahari diserap oleh klorofil dan diubah menjadi energi kimia yang disimpan dalam bentuk karbohidrat atau senyawa organik lainnya. Di dalam tumbuhan karbohidrat diubah menjadi protein, lemak, vitamin, atau senyawa yang lain. Senyawa-senyawa organik ini selain dimanfaatkan oleh tumbuhan itu sendiri, juga dimanfaatkan oleh manusia dan hewan herbivora sebagai bahan makanan.

Fotosintesis melibatkan banyak reaksi kimia yang kompleks. Secara sederhana, reaksi kimia yang terjadi pada proses fotosintesis dapat dituliskan sebagai berikut.



Dari reaksi di atas, dapat diketahui syarat-syarat agar berlangsung proses fotosintesis, yaitu sebagai berikut.

- a. Karbon dioksida ( $CO_2$ ), diambil oleh tumbuhan dari udara bebas melalui stomata (mulut daun).
- b. Air, diambil dari dalam tanah oleh akar dan diangkut ke daun melalui pembuluh kayu (xilem).
- c. Cahaya matahari.
- d. Klorofil (zat hijau daun), sebagai penerima energi dari cahaya matahari untuk melangsungkan proses fotosintesis.



**Gambar 3.8** Penampang melintang daun yang menunjukkan tempat berlangsungnya fotosintesis.

Sumber: Ensiklopedia IPTEK



**Gambar 3.9** Melvin Calvin penemu urutan reaksi gelap fotosintesis (siklus Calvin).

Sumber: Microsoft Student, 2006

### 3. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Fotosintesis

Fotosintesis dipengaruhi oleh faktor internal maupun faktor eksternal. Faktor-faktor yang mempengaruhi fotosintesis adalah sebagai berikut.

- a. Konsentrasi karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) di udara, semakin tinggi konsentrasi  $\text{CO}_2$  di udara, maka laju fotosintesis semakin meningkat.
- b. Klorofil, semakin banyak jumlah klorofil dalam daun maka proses fotosintesis berlangsung semakin cepat. Pembentukan klorofil memerlukan cahaya matahari. Kecambah yang ditumbuhkan di tempat gelap tidak dapat membuat klorofil dengan sempurna. Kecambah ini dikatakan mengalami etiolasi, yaitu tumbuh sangat cepat (lebih tinggi/panjang dari seharusnya) dan batang dan daunnya tampak bewarna pucat karena tidak mengandung klorofil.
- c. Cahaya, intensitas cahaya yang cukup diperlukan agar fotosintesis berlangsung dengan efisien.
- d. Air, ketersediaan air mempengaruhi laju fotosintesis karena air merupakan bahan baku dalam proses ini.
- e. Suhu, umumnya semakin tinggi suhunya, laju fotosintesis akan meningkat, demikian juga sebaliknya. Namun bila suhu terlalu tinggi, fotosintesis akan berhenti karena enzim-enzim yang berperan dalam fotosintesis rusak. Oleh karena itu tumbuhan menghendaki suhu optimum (tidak terlalu rendah atau terlalu tinggi) agar fotosintesis berjalan secara efisien.

Untuk mempelajari pengaruh sinar matahari terhadap pembentukan klorofil daun, lakukan kegiatan berikut ini.

#### Kegiatan 3.2

##### Membuktikan Fotosintesis Menghasilkan Oksigen (Percobaan Ingenhousz)

###### Tujuan

Membuktikan bahwa dalam fotosintesis dihasilkan oksigen.

###### Alat dan Bahan

- |                  |  |
|------------------|--|
| 1. Gelas piala   | 5. Korek api                                 |
| 2. Corong kaca   | 6. Tumbuhan air <i>Hydrilla verticillata</i> |
| 3. Tabung reaksi | 7. Air                                       |
| 4. Kawat         | 8. Buku-buku biologi                         |

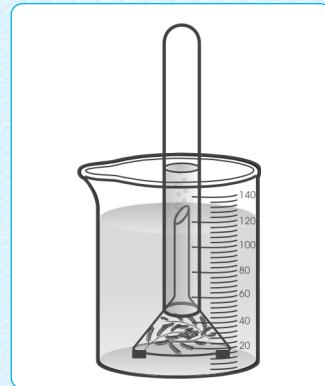
###### Urutan Kerja

1. Susunlah perangkat percobaan seperti gambar.
2. Letakkan perangkat percobaan tersebut di tempat yang terkena cahaya matahari.

- Amatilah apa yang terjadi dalam beberapa menit kemudian.
- Berdiskusilah dengan teman-temanmu untuk menjawab pertanyaan.

### Pertanyaan

- Apakah tujuan perangkat percobaan diletakkan di tempat yang terkena cahaya matahari?
- Adakah gelembung-gelembung udara yang muncul? Apakah sebenarnya gelembung-gelembung udara itu?
- Bagaimana cara membuktikan bahwa gelembung-gelembung udara tersebut merupakan jawaban pertanyaan nomor 2?
- Dari manakah asal gelembung udara tersebut?
- Apa kesimpulan yang dapat kamu ambil dari kegiatan ini?



### Kegiatan 3.3

#### Membuktikan Fotosintesis Menghasilkan Karbohidrat (Percobaan Sachs)

##### Tujuan:

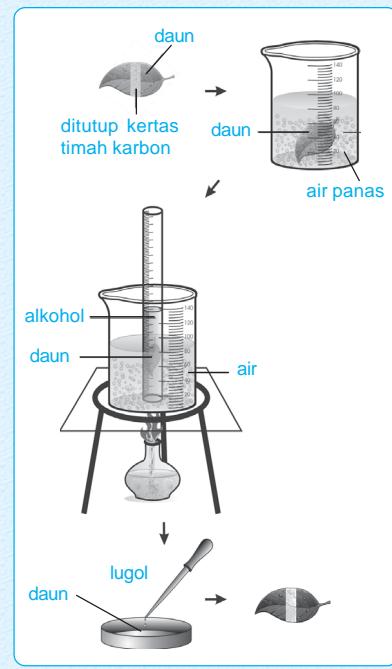
Membuktikan bahwa fotosintesis menghasilkan karbohidrat.

##### Alat dan bahan:

- |                       |                                    |
|-----------------------|------------------------------------|
| 1. Gelas kimia        | 7. Pipet tetes                     |
| 2. Tripod (kaki tiga) | 8. Gunting                         |
| 3. Pembakar spiritus  | 9. Kertas timah atau kertas karbon |
| 4. Tabung reaksi      | 10. Larutan yodium (lugol)         |
| 5. Cawan petri        | 11. Alkohol 70%                    |
| 6. Pinset             | 12. Daun tumbuhan                  |

##### Urutan kerja:

- Tutuplah sebagian daun tanaman yang kamu pilih (misal ketela pohon) di kedua sisinya dengan kertas timah (atau dapat juga menggunakan kertas karbon), sehari sebelum percobaan.
- Biarkan daun tersebut terkena cahaya matahari. Kertas karbon/kertas timah menghalangi cahaya matahari sehingga bagian itu merupakan bagian yang tidak terkena cahaya matahari.
- Petiklah daun tersebut pada saat akan melakukan percobaan.
- Bukalah kertas timah/kertas karbon yang menutup daun.
- Masukkan daun tersebut ke dalam gelas kimia yang berisi air panas dan tungkulah sampai daun layu.
- Masukkan daun yang telah layu ke dalam tabung reaksi dan berilah alkohol 70% secukupnya, lalu masukkan tabung reaksi itu ke dalam gelas kimia yang berisi air.



- Panaskan air di atas tripod hingga mendidih. Gantilah alkohol bila sudah berwarna hijau (lakukanlah kerja ini sampai daun tidak berwarna hijau lagi).
- Angkatlah daun dengan pinset, kemudian letakkan di atas cawan petri. Tetesilah daun tersebut dengan larutan yodium (lugol) dan amatilah perubahan warna yang terjadi.

**Pertanyaan:**

- Sebutkan fungsi air panas, alkohol, dan larutan yodium (lugol) dalam percobaan ini!
- Setelah ditetesi lugol, warna apakah yang timbul pada bagian daun yang tidak terkena cahaya matahari? Membuktikan apakah hal tersebut?
- Warna apakah yang timbul pada bagian daun yang terkena cahaya matahari? Membuktikan apakah hal tersebut?
- Apakah kesimpulan yang dapat kamu ambil dari percobaan ini?

### Tugas 3.1

- Diskusikan dengan temanmu, dapatkah sinar matahari digantikan oleh sumber sinar yang lain untuk proses fotosintesis? Mengapa demikian?
- Apakah keuntungan fotosintesis bagi manusia dan hewan?
- Dapatkah batang melakukan fotosintesis? Jelaskan jawabanmu.



## C Gerak pada Tumbuhan

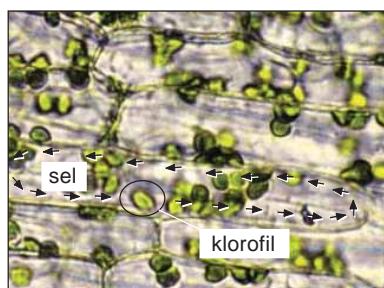
Tumbuhan juga melakukan gerak meskipun gerak pada tumbuhan tidak menghasilkan perpindahan tempat. Gerak tumbuhan hanya dilakukan oleh bagian tertentu, seperti bagian ujung tunas, ujung akar, dan daun. Tumbuhan tingkat tinggi dapat merespon rangsangan tertentu dari lingkungannya dengan melakukan gerak. Gerak tumbuhan umumnya sangat lambat sehingga perlu ketelitian tinggi untuk dapat mengamatinya. Gerak pada tumbuhan terbagi menjadi tiga yaitu gerak endonom, esionom, dan higroskopis.

### 1. Gerak Endonom

Gerak endonom adalah gerak yang tidak diketahui penyebab luarnya. Gerak ini dikenal pula sebagai gerak spontan karena tumbuhan melakukan gerakan secara spontan tanpa perlu adanya rangsangan dari luar. Contoh gerak endonom ini adalah gerak pertumbuhan daun dan gerak rotasi sitoplasma (*siklosis*) pada sel-sel daun *Hydrilla verticillata* yang dapat dideteksi dari gerak sirkulasi klorofil di dalam sel.

### 2. Gerak Esionom

Gerak esionom adalah gerak tumbuhan yang disebabkan oleh adanya rangsangan dari lingkungan sekitar. Berdasarkan jenis rangsangannya, gerak esionom dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu tropisme, taksis, dan nasti.



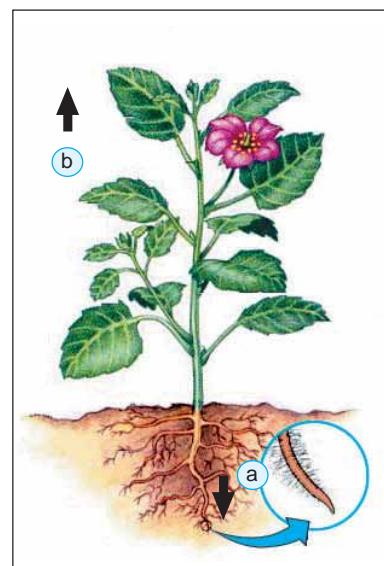
**Gambar 3.10** Gerakan klorofil pada sel-sel *Hydrilla* merupakan gerak endonom.

Sumber: Dokumen Penerbit

### a. Gerak Tropisme

Tropisme adalah gerak sebagian organ tumbuhan yang disebabkan oleh rangsangan dari luar dan arah geraknya dipengaruhi oleh arah datangnya rangsang. Tropisme berasal dari kata Yunani yaitu *trope* yang artinya belokan. Tropisme biasanya diberi nama sesuai dengan jenis rangsangannya. Gerak tropisme yang mendekati arah rangsang disebut tropisme positif sedangkan gerak tropisme yang menjauhi rangsang disebut tropisme negatif.

- 1) *Geotropisme/gravitropisme*, adalah gerak tropisme yang dipengaruhi oleh rangsangan gaya gravitasi bumi. **Charles Darwin** adalah orang yang pertama kali mencatat bahwa gerak pertumbuhan akar adalah geotropisme positif karena searah dengan gaya gravitasi bumi. Sedangkan pertumbuhan batang termasuk geotropisme negatif, karena arahnya berlawanan dengan arah gravitasi bumi.
- 2) *Hidrotropisme*, adalah gerak tropisme yang dipengaruhi oleh rangsangan kelembapan atau air. Makhluk hidup memiliki kecenderungan untuk mendekati atau menjauhi air. Tentu kamu mengetahui bahwa pertumbuhan akar umumnya menuju ke sumber air.
- 3) *Tigmotropisme*, adalah gerak tropisme yang dipengaruhi oleh rangsangan sentuhan atau kontak fisik dengan benda padat. Tumbuhan merambat umumnya tumbuh lurus terus-menerus hingga ujung batangnya menyentuh sesuatu. Kontak itu membuat lengkungan pada tumbuhan. Sel pada bagian yang bersentuhan dengan benda lain perkembangannya lebih lambat dibandingkan dengan bagian yang tidak tersentuh, sehingga pertumbuhannya menjadi melengkung. Contoh gerak tigmotropisme adalah gerak membelit sulur tumbuhan markisa dan mentimun.
- 4) *Fototropisme/heliotropisme*, adalah gerak tropisme yang dipengaruhi oleh rangsangan cahaya. Umumnya arah tumbuh tumbuhan dipengaruhi oleh cahaya, khususnya cahaya matahari. Pertumbuhan yang mendekati sumber cahaya disebut *fototropisme positif* sedangkan pertumbuhan yang menjauhi cahaya (menuju kegelapan) disebut *fototropisme negatif* atau *skototropisme*. Contoh *fototropisme negatif* adalah pada *Monstera* sp yang pertumbuhannya mendekati daerah yang gelap. Akar biasanya memperlihatkan fototropisme negatif, meskipun geotropisme lebih berperan dalam pertumbuhannya.
- 5) *Kemotropisme*, adalah gerakan yang dipengaruhi oleh rangsangan bahan kimiawi. Contoh adalah gerak pertumbuhan buluh serbuk sari menuju bakal buah saat berlangsungnya pembuahan.



**Gambar 3.11** (a) Gerak akar menuju ke pusat bumi merupakan geotropisme positif, (b) pertumbuhan batang merupakan geotropisme negatif.

Sumber: iel.ipb.ac.id

Untuk mengamati gerak tropisme pada tumbuhan, lakukan Kegiatan 3.5 berikut ini.

### Kegiatan 3.5

#### Gerak Tropisme pada Tumbuhan

##### Tujuan:

Mengamati gerak tropisme kecambah terhadap rangsang cahaya.

##### Alat dan bahan:

- |          |   |
|----------|---|
| 1. Pot   | 3. 10 biji semangka atau biji tumbuhan lain |
| 2. Tanah | 4. Air                                      |

##### Langkah kerja:

1. Isilah pot dengan tanah sampai tingginya 5 cm dari ujung atas pot.
2. Taburkan biji semangka pada permukaan tanah dalam pot. Tutuplah biji tersebut dengan tanah setinggi 2,5 cm.
3. Sirami air yang menutupi biji agar lembap, namun jangan terlalu banyak agar tidak membosuk.
4. Setelah tumbuh, letakkan pot di dalam ruangan dekat dengan jendela. Amati dan catat perubahan yang terjadi setiap hari selama 14 hari.

##### Pertanyaan:

1. Bagaimana arah pertumbuhan kecambah setelah 14 hari?
2. Jenis rangsangan apa yang ditanggapi tumbuhan pada percobaan ini?

#### b. Gerak Taksis

Gerak taksis adalah gerak seluruh bagian tumbuhan yang arahnya dipengaruhi oleh sumber rangsangan. Gerak taksis biasanya dilakukan oleh organisme uniseluler. Berdasarkan jenis rangsangannya, taksis dapat dibedakan menjadi kemotaksis dan fototaksis.

- 1) *Kemotaksis*, yaitu gerak taksis yang dipengaruhi oleh rangsangan berupa bahan kimia. Contohnya adalah gerak pada sel sperma tumbuhan berbiji tertutup yang menuju sel telur karena adanya rangsangan senyawa kimia yang diproduksi oleh sel telur. Arkegonium tumbuhan paku juga menghasilkan protein serupa untuk merangsang sel sperma bergerak secara kemotaksis mendekatinya agar terjadi pembuahan.
- 2) *Fototaksis*, yaitu gerak taksis yang dipengaruhi rangsang berupa cahaya. Contoh gerakan kloroplas pada *Spirogyra* yang bergerak ke daerah yang terkena cahaya. Gerak ganggang hijau uniseluler *Euglena* dan *Clamidomonas* ke tempat yang lebih terang juga termasuk fototaksis.

#### c. Gerak Nasti

Nasti adalah gerak sebagian tumbuhan akibat rangsangan dari luar, tetapi arah geraknya tidak dipengaruhi oleh arah datangnya rangsang. Gerak nasti dibedakan menjadi lima macam, yaitu sebagai berikut.

- 1) *Niktinasti*, yaitu gerak tidur daun tanaman *Leguminosae* (kacang-kacangan) menjelang petang akibat perubahan tekanan turgor pada tangkai daun. Perubahan ini disebabkan karena rangsangan suasana yang gelap.
- 2) *Fotonasti*, yaitu gerak nasti yang sumber rangsangannya berupa cahaya, misalnya mekarinya bunga pukul empat (*Mirabilis jalapa*) pada sore hari karena telah memperoleh periode terang yang cukup dari cahaya matahari.
- 3) *Seismonastik/tigmonasti*, adalah gerak yang dipengaruhi oleh getaran/sentuhan. Contoh paling mudah adalah gerak menutupnya daun putri malu (*Mimosa pudica*) saat tersentuh. Gerak ini disebabkan adanya perubahan takanan turgor pada tangkai daun.
- 4) *Termonasti*, adalah gerak nasti yang sumber rangsangnya berupa suhu. Misalnya mekarinya bunga tulip pada hari-hari yang hangat pada musim semi.
- 5) *Nasti kompleks*, yaitu gerak nasti yang sumber rangsangnya lebih dari satu. Contoh gerak ini adalah membuka menutupnya stomata karena pengaruh kadar air, cahaya, suhu, dan zat kimia.

Untuk mengamati gerak nasti pada tumbuhan, lakukan Kegiatan 3.6.

### Kegiatan 3.6

#### Gerak Nasti pada Tumbuhan

##### Tujuan:

Mengamati gerak nasti pada tumbuhan.

##### Alat dan bahan:

1. Tumbuhan putri malu
2. Jam tangan (*stopwatch*)

##### Langkah kerja:

1. Siapkan jam tangan *atau stopwatch*.
2. Sentuhlah bagian daun putri malu. Hitunglah waktu saat mulai disentuh sampai daun menutup semua.
3. Setelah semua daun tertutup, hitunglah waktu hingga semua daun terbuka kembali.

##### Pertanyaan:

1. Termasuk jenis gerak apakah gerak menutupnya daun putri malu tersebut?
2. Berapa lama waktu yang diperlukan oleh daun putri malu untuk menutup dan membuka kembali?



**Gambar 3.12** Daun putri malu akan menutup bila disentuh merupakan gerak seismonasti.

**Sumber:** Ensiklopedia IPTEK

### 3. Gerak Higroskopis

Gerak higroskopis disebabkan karena perubahan kadar air. Gerak ini dapat menyebabkan pecahnya buah kapas dan polong-polongan setelah mengering. Contoh lainnya adalah membukanya sel anulus pada sporangium tumbuhan paku dan membukanya gigi peristom pada sporangium tumbuhan lumut.

### Tugas 3.3

1. Diskusikan dengan kelompokmu, mengapa umumnya akar tumbuh ke bawah?
2. Mengapa daun yang tertutup angin tidak dapat dijadikan ciri bergerak pada makhluk hidup?



## D Hama dan Penyakit pada Tumbuhan

Berbagai sistem pada tumbuhan dapat mengalami gangguan atau kelainan. Gangguan ini dapat disebabkan karena kelainan genetis, kondisi lingkungan yang tidak sesuai, atau karena serangan hama dan penyakit. Gangguan hama dan penyakit dalam skala besar pada tanaman budidaya dapat mengganggu persediaan bahan pangan bagi manusia.

### 1. Hama Tanaman

Hama adalah semua binatang yang mengganggu dan merugikan tanaman yang dibudidayakan manusia. Hewan yang termasuk hama dikelompokkan ke dalam beberapa golongan, yaitu sebagai berikut.

- a. Mammalia, misalnya musang, tupai, tikus, dan babi hutan.
- b. Aves, misalnya burung dan ayam.
- c. Serangga, misalnya belalang, wereng, dan kumbang.
- d. Molusca, misalnya siput dan bekicot.

Beberapa contoh hama yang sering kamu jumpai dalam kehidupan sehari-hari adalah sebagai berikut.

- a. Belalang setan (*Aularches miliaris*), menyebabkan kerusakan terhadap tanaman besar, misalnya berbagai jenis pisang, kelapa, pinang, dan jeruk.
- b. Lalat buncis (*Agromyza phaseoli*), menyebabkan kerusakan pada bagian batang, daun, dan buah tanaman buncis. Lalat ini biasanya membuat saluran-saluran di daun, batang, dan tangkai daun. Dengan adanya saluran ini tanaman menjadi layu. Tanaman yang masih muda dapat mati, sedangkan tanaman yang telah tua akan terhambat pertumbuhannya.
- c. Tungau bercak dua (*Tetranychus urticae*), memakan hampir semua jenis tanaman budidaya seperti buncis, kacang tanah, mentimun, semangka, apel, jeruk, dan jagung. Tanaman yang diserang oleh tungau daunnya akan menjadi bercak-bercak dan berwarna kekuningan.
- d. Hama penggerek umbi kentang. Hama pada umbi kentang ini adalah ulat berwarna kelabu *Phthorimaea apercuella* dengan panjang tubuh 1 cm, yang akan tumbuh menjadi ngengat berwarna kelabu.
- e. Hama pemakan daun kubis. Hama yang menyerang daun kubis adalah ulat berwarna hijau muda, berbulu hitam, kepala kekuningan dengan bercak-bercak gelap, dan ukuran tubuhnya sekitar 9 mm.



Gambar 3.13 Daun yang diserang hama ulat.

Sumber: Dokumen Penerbit

- f. Hama pada bawang putih, berupa ulat berwarna hijau atau cokelat tua dengan garis kekuningan, tubuhnya berukuran 25 mm. Bawang putih yang terkena hama daunnya berlubang dan ada bekas gigitan berwarna putih atau daun menjadi berselaput tipis dan layu.
- g. Hama penggerak buah mangga, berupa ulat dengan warna tubuh berselang-selang merah dan putih dan ulat cokelat kehitaman. Buah mangga yang terserang hama menjadi berlubang-lubang dan di sekitarnya terdapat kotoran yang meleleh dari dalam. Lubang ini dapat menembus sampai ke biji. Jika buah dibelah, maka bagian dalamnya sudah rusak dan busuk.
- h. Hama tikus, sering menyerang tanaman padi dan palawija.
- i. Belalang, juga sering menyerang tanaman padi.
- j. Burung pipit, dalam jumlah yang besar dapat menyerang tanaman padi dengan memakan biji padi yang menimbulkan kerugian yang tidak sedikit.
- k. Hama wereng, selain sebagai hama tanaman padi, wereng juga menjadi vektor penyebar virus penyebab penyakit tungro.
- l. Babi hutan, menyerang tanaman budidaya terutama umbi-umbian.
- m. Kera, menyerang tanaman budidaya buah-buahan dan sayuran.

Untuk menanggulangi serangan hama, dapat dilakukan dengan memberikan pestisida. Terdapat beberapa jenis pestisida buatan, misalnya insektisida (untuk menanggulangi serangan serangga), molisida (menanggulangi serangan Mollusca), dan rodentisida (untuk menanggulangi serangan rodensia/binatang penggerat). Namun demikian penggunaan pestisida buatan berdampak buruk terhadap lingkungan, sehingga sekarang banyak dikembangkan biopestisida. Contoh biopestisida untuk memberantas serangga dengan memanfaatkan ekstrak daun mimba dan daun paitan.

Selain cara di atas, untuk menanggulangi hama dapat dilakukan dengan memanfaatkan musuh alaminya, misalnya tikus ditanggulangi dengan burung hantu. Teknik lain yang digunakan untuk mencegah perkembangan serangga adalah dengan teknik jantan mandul. Caranya dengan dibiakkan serangga jantan mandul, lalu dilepaskan pada musim kawin. Serangga betina yang kawin dengan jantan mandul tidak akan menghasilkan telur fertil dan keturunan, sehingga populasi hama akan menurun.

## 2. Penyakit pada Tanaman

Tanaman dikatakan sakit apabila ada perubahan atau gangguan pada organ-organ tanaman. Tanaman yang sakit menyebabkan pertumbuhan dan perkembangannya tidak normal. Penyakit tanaman disebabkan oleh mikroorganisme misalnya jamur, virus, dan bakteri. Selain itu penyakit tanaman dapat disebabkan karena kekurangan salah satu atau beberapa jenis unsur hara.



**Gambar 3.14** Belalang dapat menyebabkan kerusakan pada tanaman budidaya.

*Sumber: Dokumen Penerbit*



**Gambar 3.15** Untuk mengendalikan serangan hama dan penyakit dilakukan penyemprotan pestisida.

*Sumber: Microsoft Student, 2006*

Tanda-tanda tanaman yang terkena penyakit adalah sebagai berikut.

- a. Layu, tanaman yang layu karena sakit berbeda dengan yang kekurangan air. Kamu dapat mengujinya dengan menyiram tanaman dengan air. Jika tanaman tetap layu setelah disiram air, kemungkinan ada bagian akar dan jaringan dalam batang yang rusak oleh bakteri atau virus.
- b. Rontok, bila kerontokan terjadi pada daun, ranting, buah, dan bunga secara bersamaan dapat dipastikan bahwa tanaman tersebut menderita sakit. Penyebabnya dapat karena parasit, nonparasit, atau serangan hama.
- c. Perubahan warna, misalnya daun menjadi berwarna kuning, redup, atau hijau pucat dalam jumlah banyak mengindikasikan bahwa tanaman itu sakit. Tetapi perubahan warna pada daun juga dapat disebabkan oleh rusaknya klorofil atau karena kekurangan cahaya matahari.
- d. Daun berlubang, biasanya diawali oleh bercak berbentuk lingkaran, kemudian kering dan terbentuk lubang.
- e. Kerdil, terjadi pada daun, buah, atau bagian lainnya.
- f. Daun mengeriting
- g. Busuk pada batang, daun, atau buah
- h. Semai roboh

Beberapa contoh penyakit yang menyerang tumbuhan adalah sebagai berikut.

- a. Penyakit layu cabai. Penyakit ini disebabkan oleh bakteri. Cabai yang terkena penyakit ini mempunyai ciri-ciri daun muda layu diikuti dengan menguningnya daun-daun tua.
- b. Penyakit hawar daun kentang. Disebabkan oleh jamur, gejalanya pada tepi-tepi daun ditemukan bercak-bercak terutama pada suhu rendah, kelembapan tinggi, dan curah hujan tinggi.
- c. Penyakit busuk daun bawang merah. Disebabkan oleh jamur, gejalanya di dekat ujung daun timbul bercak hijau pucat, di permukaan daun berkembang jamur berwarna putih ungu, daun menguning, layu, dan mengeriting. Daun yang telah mati akan berwarna putih dan banyak terdapat jamur hitam.
- d. Penyakit tungro pada tanaman padi. Penyakit ini menyebabkan padi tumbuh kerdil dan tidak normal. Disebabkan oleh virus tungro dengan perantaraan wereng.
- e. Penyakit mosaik, banyak menyerang tanaman tembakau yang disebabkan oleh virus TMV (*Tobacco Mosaic Virus*).

Tanaman yang terkena penyakit karena kekurangan unsur hara dapat dicegah dan ditanggulangi dengan melakukan pemupukan yang tepat. Sedangkan penyakit karena mikroorganisme dapat ditanggulangi dengan memberikan pestisida, misalnya bakterisida (memberantas bakteri parasit) dan fungisida (memberantas jamur parasit). Selain pestisida buatan, sekarang telah banyak dibuat pestisida alami yang lebih aman terhadap lingkungan. Contohnya jamur dapat diberantas dengan bubur bordeaux yaitu campuran yang mengandung kalsium karbonat dan senyawa tembaga.



**Gambar 3.16** Salah satu gejala se- rangan penyakit pada tumbuhan adalah layu.

**Sumber:** Dokumen Penerbit

Untuk mempelajari hama dan penyakit pada tumbuhan, lakukan kegiatan berikut ini.

### Kegiatan 3.4

#### Hama dan Penyakit pada Tumbuhan

##### Tujuan:

Mengamati hama dan penyakit pada tumbuhan.

##### Alat dan bahan:

Koran atau majalah dan lingkungan sekitar rumah atau sekolah.

##### Cara kerja:

1. Amatilah lingkungan rumah atau sekolah kamu, temukan tumbuhan yang mengalami gangguan karena hama atau penyakit!
2. Amatilah gejala atau tanda-tanda yang ada pada tumbuhan tersebut. Bila memungkinkan, ambilah foto/gambar tanaman yang terserang penyakit tersebut!
3. Catatlah hasil pengamatan tersebut kemudian carilah informasi tentang kelainan dari tanaman tersebut!
4. Untuk menambah pengetahuan, carilah artikel pada koran atau majalah tentang hama atau penyakit pada tumbuhan. Gutinglah artikel tersebut dan tempelkan pada kertas HVS (dibuat kliping)!
5. Manfaatkan artikel yang kamu peroleh untuk membantu identifikasi penyakit pada tumbuhan yang kamu temukan!
6. Diskusikan hasil pengamatan di kelas dan presentasikan di depan kelas dengan bimbingan gurumu!

##### Analisis:

1. Sebutkan ciri tanaman yang kekurangan unsur nitrogen.
2. Diskusikan dengan temanmu, jenis-jenis hama dan penyakit yang banyak menyerang tanaman pertanian/perkebunan di daerahmu. Sebutkan usaha para petani untuk menanggulangi serangan hama dan penyakit itu.

### Latihan 3.2

1. Sebutkan ciri tanaman yang kekurangan unsur nitrogen.
2. Diskusikan dengan temanmu, jenis-jenis hama dan penyakit yang banyak menyerang tanaman pertanian/perkebunan di daerahmu. Sebutkan usaha para petani untuk menanggulangi serangan hama dan penyakit itu.

### Rangkuman

- Pertumbuhan pada tumbuhan terjadi dari pembelahan sel-sel jaringan meristem. Sel-sel hasil pembelahan mengalami diferensiasi membentuk berbagai jaringan, yaitu jaringan parenkim, epidermis, parenkim, kolenkim, sklerenkim, xilem, dan floem.
- Organ utama tumbuhan terdiri dari akar, batang, dan daun. Organ yang lain, misalnya bunga, buah, dan biji merupakan modifikasi dari organ utama. Semua organ tersusun dari beberapa jaringan sehingga setiap organ dapat melakukan fungsi khusus untuk mendukung kehidupan tumbuhan.

- Akar berfungsi untuk memperkuat berdirinya tanaman serta menyerap air dan mineral dari dalam tanah. Batang berfungsi sebagai tempat duduknya daun dan sebagai sarana transportasi air, mineral, dan zat makanan menuju dan dari daun. Fungsi utama daun adalah sebagai tempat fotosintesis. Akar, batang, dan daun juga berfungsi sebagai tempat menyimpan cadangan makanan. Bunga, buah, dan biji merupakan organ generatif yang berfungsi sebagai alat perkembangbiakan generatif pada tumbuhan.
- Tumbuhan hijau membuat makanan dengan fotosintesis. Fotosintesis berlangsung di dalam kloroplas dengan memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber energi. Berbagai usaha dilakukan oleh ilmuwan untuk menyelidiki fotosintesis, namun baru pada pertengahan abad ke-20 mekanisme dan urutan reaksi fotosintesis dapat diketahui.
- Fotosintesis berlangsung dalam dua tahap, yaitu reaksi terang (fotolisis air) dan reaksi gelap (siklus Calvin). Bahan baku yang diperlukan adalah karbon dioksida dan air, hasilnya adalah karbohidrat dan oksigen. Karbohidrat digunakan sebagai pembentuk bagian-bagian tumbuhan, sebagai sumber energi, dan disimpan sebagai cadangan makanan.
- Tumbuhan dapat melakukan gerak sebagai tanggapan terhadap rangsangan, baik rangsangan internal maupun dari lingkungan luar. Gerak tumbuhan dapat dibedakan menjadi gerak endonom (gerak karena rangsangan internal), esionom (gerak karena rangsangan eksternal), dan gerak higroskopis (gerak karena perubahan kadar air). Gerak esionom terdiri dari gerak tropisme, gerak taksis, dan gerak nasti.
- Tumbuhan dapat mengalami gangguan atau kelainan akibat serangan hama dan penyakit. Hama adalah semua binatang yang mengganggu dan merugikan tanaman budidaya. Hama dapat berupa mamalia, bangsa burung, serangga, dan hewan lunak. Penyakit merupakan perubahan atau gangguan pada organ-organ tumbuhan, disebabkan oleh serangan jamur, bakteri, virus, atau kekurangan unsur hara. Beberapa jenis hama dan penyakit dapat ditanggulangi dengan memberikan pestisida.

### Refleksi

Kamu telah menyelesaikan pelajaran di bab ini. Sebelum melanjutkan ke bab berikutnya, lakukan evaluasi diri dengan menjawab pertanyaan di bawah ini. Jika semua pertanyaan kamu jawab dengan ‘ya’, artinya kamu telah menguasai materi dalam bab ini dan boleh melanjutkan pelajaran di bab selanjutnya. Namun jika ada pertanyaan yang dijawab dengan ‘tidak’, maka kamu perlu mengulangi materi yang berkaitan dengan pertanyaan itu. Jika ada kesulitan atau menemukan hal yang sukar dimengerti, bertanyalah kepada Bapak/Ibu Guru.

1. Apakah kamu dapat menjelaskan struktur dan fungsi jaringan dan organ pada tumbuhan?
2. Dapatkah kamu menjelaskan cara tumbuhan membuat makanan melalui proses fotosintesis? Bagaimana perubahan energi yang terjadi pada proses tersebut?
3. Benarkah tumbuhan dapat melakukan gerak? Dapatkah kamu menjelaskan macam-macam gerak pada tumbuhan dan menunjukkan contohnya?
4. Dapatkah kamu menunjukkan contoh-contoh hama dan penyakit yang menyerang tumbuhan?
5. Apakah kamu dapat memberikan contoh cara penanggulangan hama dan penyakit tanaman?

**I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!**

1. Bagian akar yang berupa tonjolan sel epidermis untuk menyerap air secara osmosis adalah ....
  - a. ujung akar
  - b. pangkal akar
  - c. tudung akar
  - d. buluh akar
2. Jaringan pada tumbuhan dikotil yang terletak di antara floem dan xilem adalah ....
  - a. kambium
  - b. kayu
  - c. epidermis
  - d. endodermis
3. Yang membedakan floem dan xilem pada batang monokotil dengan batang dikotil adalah ....
  - a. monokotil hanya memiliki floem
  - b. monokotil hanya memiliki xilem
  - c. floem dan xilem pada monokotil tersebar
  - d. floem dan xilem pada dikotil kurang beraturan
4. Jaringan pada daun yang berfungsi sebagai tempat fotosintesis adalah ....
  - a. jaringan epidermis
  - b. jaringan palisade
  - c. jaringan xilem
  - d. jaringan meristem
5. Bagian bunga yang berfungsi sebagai alat perkembangbiakan jantan adalah ....
  - a. mahkota
  - b. putik
  - c. benang sari
  - d. kelopak
6. Masuknya gas  $\text{CO}_2$  untuk fotosintesis melalui ....
  - a. floem dan xilem pada batang
  - b. floem dan xilem pada daun
  - c. stomata pada daun
  - d. floem dan xilem pada akar
7. Faktor yang tidak memengaruhi fotosintesis yaitu ....
  - a. oksigen
  - b.  $\text{CO}_2$
  - c. klorofil
  - d. suhu
8. Hasil fotosintesis diedarkan ke seluruh tubuh dan sebagian disimpan dalam bentuk ....
  - a. amilum
  - b. protein
  - c. lemak
  - d. air
9. Gerakan spermatozoid, penyerbukan dan pembuahan yang diakibatkan oleh rangsangan zat kimia termasuk gerak ....
  - a. kemotaksis
  - b. taksis
  - c. fototaksis
  - d. tropisme
10. Gerakan tumbuhan karena pengaruh rangsangan dari luar termasuk gerak ....
  - a. turgor
  - b. taksis
  - c. esionom
  - d. iritabilitas
11. Gerakan berikut yang tidak termasuk gerakan higroskopis adalah ....
  - a. gerakan daun ketika hujan lebat
  - b. gerakan membukanya kotak spora pada tumbuhan paku
  - c. gerakan membukanya kotak spora pada tumbuhan lumut
  - d. pecahnya cangkang biji tanaman kacang-kacangan
12. Gerak sebagian tubuh tumbuhan yang arah geraknya tidak ditentukan oleh arah datangnya rangsang adalah ....
  - a. taksis
  - b. nasti
  - c. higroskopis
  - d. tropisme
13. Gerakan kloroplas di dalam sel ketika menerima cahaya termasuk gerak ....
  - a. kemotaksis
  - b. taksis
  - c. fototaksis
  - d. tropisme
14. Salah satu ciri yang menunjukkan suatu tanaman **tidak** terkena penyakit maupun hama adalah ....
  - a. tanaman layu dan mengalami perubahan warna
  - b. tanaman kerdil dan daunnya mengeriting
  - c. tanaman layu, kembali segar setelah disiram air
  - d. daun berlubang-lubang dan bunganya mudah rusak
15. Untuk memberantas serangan hewan lunak pada tanaman budidaya dapat dilakukan dengan memberikan ....
  - a. bakterisida
  - b. molisida
  - c. herbisida
  - d. fungisida

## B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

1. Apa perbedaan xilem dan floem?
2. Jelaskan faktor-faktor yang memengaruhi proses fotosintesis?
3. Tuliskan gerak tumbuhan yang dipengaruhi oleh manusia.
4. Apakah setiap tumbuhan hanya melakukan satu jenis gerak?
5. Hama apa saja yang sering menyerang tanaman perkebunan?

### Wacana Sains

#### Buah Partenokarpi

Pada beberapa jenis tanaman, buah dapat dihasilkan meskipun penyerbukan dan pembuahan tidak terjadi. Kamu dapat menemukan buah ini secara alami pada pisang dan nanas. Fenomena ini dikenal sebagai partenokarpi. Buah partenokarpi biasanya tidak berbiji. Namun tidak semua buah tanpa biji adalah partenokarpik karena pada kebanyakan tumbuhan perkembangan buah harus diawali dengan pembuahan.

Buah partenokarpi dapat juga dihasilkan secara buatan dengan memakai zat pengatur tumbuh sintetis yang mengandung hormon auksin atau giberelin. Zat pengatur ini dibuat dalam bentuk pasta, kemudian diletakkan pada stilus (putik) yang dipotong, atau disuntikkan secara langsung ke dalam rongga bakal buah. Dapat juga zat pengatur itu diletakkan di tanah agar diserap langsung atau disemprotkan pada tunas atau bunga. Bahkan zat pengatur tumbuh yang diuapkan di sekitar tumbuhan dapat menginduksi terjadinya partenokarpi. Partenokarpi buatan telah berhasil diterapkan untuk membuat buah tanpa biji pada tanaman semangka, mentimun, labu, anggur, dan tomat.

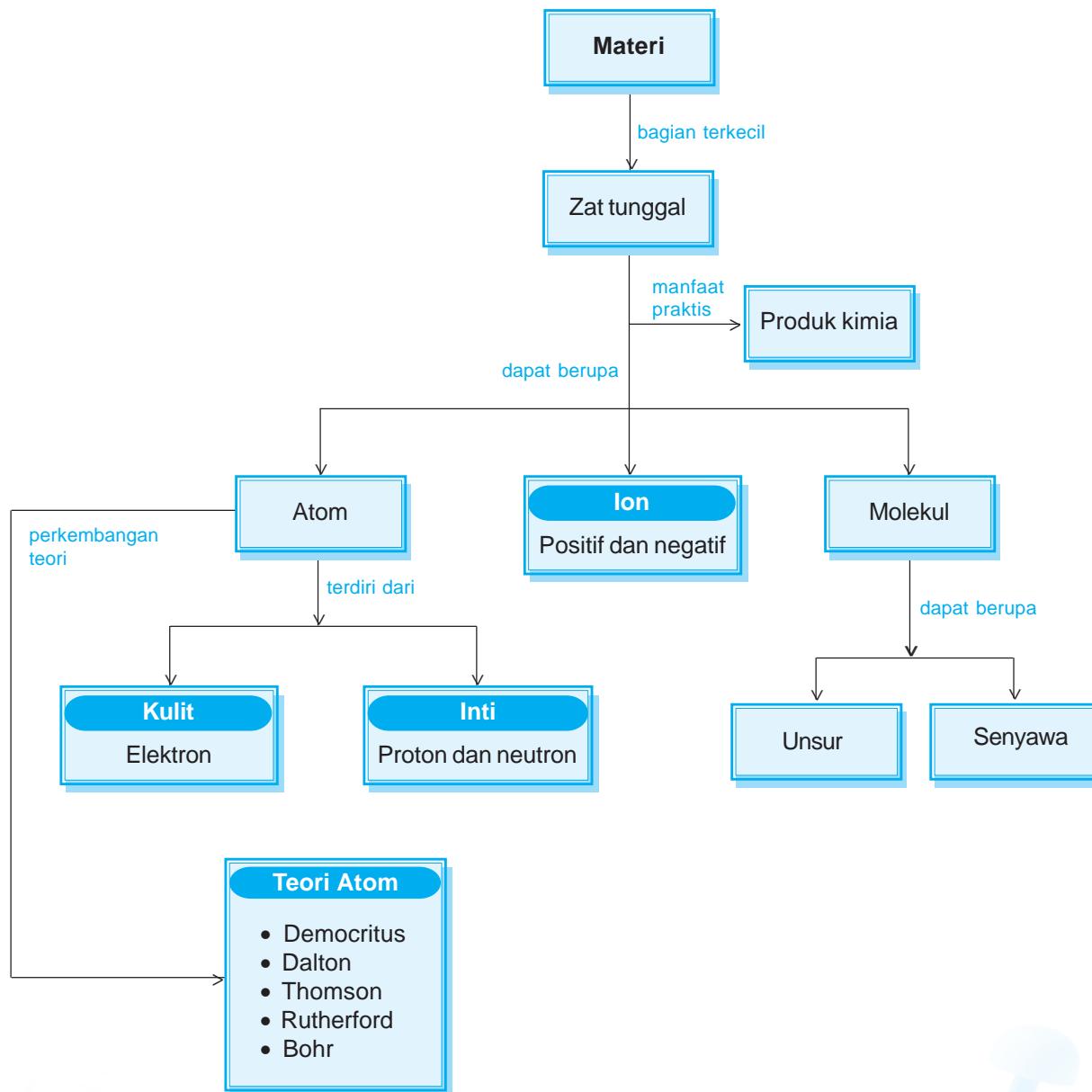
Saat ini auksin sintetik dapat ditemukan dengan mudah di toko-toko pertanian. Petani kita sering menggunakan sebagai zat perangsang akar pada stek. Auksin sintetik juga banyak digunakan dalam produksi palawija untuk mencegah kerontokan dan merangsang pertumbuhan buah muda.

Mungkin kamu suka makan semangka tanpa biji karena ketika menikmatinya tidak terganggu oleh banyaknya biji pada daging buahnya. Anggur tanpa biji juga tren dan terkenal yang sangat disukai konsumen. Tetapi tidak semua buah tanpa biji disukai konsumen. Tomat tanpa biji yang dihasilkan dengan menyemprot auksin tidak mempunyai bau harum khas buah tomat. Bau harum buah tomat berpusat pada sari buah dari rongga biji. Pada buah tomat partenokarpi, cairan pada rongga ini tidak terbentuk sehingga buah tomat kehilangan aroma khasnya.

Di Amerika Serikat, banyak dikembangkan jeruk tanpa biji. Meskipun tanpa biji, di dalamnya sering ditemukan 2 atau 3 biji. Tentu ini jauh lebih sedikit dibandingkan buah jeruk dari varietas yang berbiji. Contohnya adalah jeruk navel, yang banyak dibudidayakan di Valencia, Bahia, dan Washington. Jeruk navel mula-mula diimpor dari Bahia, Brazil dan kemudian dikembangkan oleh Departemen Pertanian Amerika di Washington. Kamu dapat menemukan buah ini di supermarket.



# Peta Konsep



## Kata Kunci

- atom
- ion
- molekul

Di kelas VII, kamu telah mempelajari adanya berbagai unsur atau materi dalam kehidupan sehari-hari. Bagian terkecil dari sebuah materi dinamakan partikel materi. Partikel materi dapat berupa atom, ion, dan molekul.



## A Atom

Jika suatu unsur, misalnya sepotong besi dipotong menjadi dua dan potongan tersebut dipotong lagi secara terus-menerus, maka akan diperoleh partikel besi terkecil yang masih mempunyai sifat yang sama seperti sebelum besi tersebut dipotong. Partikel-partikel tersebut dinamakan atom besi. Jadi, unsur besi tersusun dari atom besi. Unsur lain, misalnya emas, juga tersusun dari atom-atom emas. Atom penyusun emas mempunyai sifat yang berbeda dengan atom penyusun besi.

Kata atom berasal dari kata Yunani *atomos* yang berarti tidak dapat dibagi-bagi lagi. Pengertian atom sebagai partikel terkecil suatu zat yang tidak dapat dipecah lagi, pertama kali dikemukakan oleh seorang ahli filsafat Yunani Leukippus dan Deumokritus yang hidup pada abad ke-4 sebelum Masehi (400 – 370 SM). Pada masa itu terdapat pendapat lain yang dikemukakan oleh Aristoteles (384 – 332 SM) bahwa materi dapat dibagi terus-menerus tanpa batas. Pada saat itu pendapat Aristoteles lebih banyak mendapat dukungan sedangkan pendapat Leukippus dan Deumokritus semakin dilupakan. Namun pada abad ke-18 ternyata banyak ahli kimia yang dapat menerima pendapat Leukippus dan Deumokritus.

Pada tahun 1803, John Dalton (1766 – 1844), seorang guru sekolah dari Inggris yang ahli dalam bidang fisika dan kimia, mengajukan pendapat bahwa materi terdiri atas atom-atom. Postulat yang dikemukakan Dalton dapat disimpulkan sebagai berikut.

- Atom merupakan bagian terkecil dari materi yang sudah tidak dapat dibagi lagi dengan reaksi kimia biasa.
- Atom digambarkan sebagai bola pejal yang sangat kecil. Suatu unsur memiliki atom-atom yang identik dan berbeda dengan unsur yang lain.
- Atom tidak dapat dipecah lagi menjadi partikel yang lebih kecil dengan sifat yang sama.
- Atom-atom bergabung membentuk senyawa dengan perbandingan bilangan bulat dan sederhana. Misalnya air terdiri atom-atom hidrogen dan atom-atom oksigen.
- Reaksi kimia merupakan pemisahan atau penggabungan atau penyusunan kembali dari atom-atom, sehingga atom tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan.

### Tokoh Sains

John Dalton

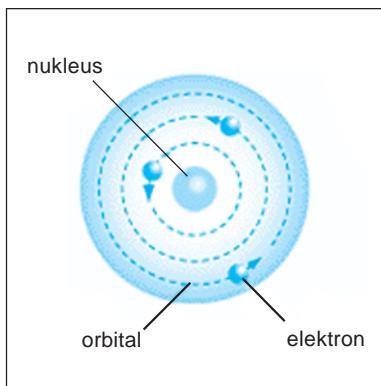


John Dalton (1766-1844) adalah seorang guru SMU di Manchester, Inggris. Ia terkenal karena teorinya yang membangkitkan kembali istilah "atom". Dalam buku karangannya yang berjudul *New System of Chemical Philosophy* ia berhasil merumuskan hal tentang atom sekitar tahun 1803.

Ia menyatakan bahwa materi terdiri atas atom yang tidak dapat dibagi lagi. Tiap-tiap unsur terdiri atas atom-atom dengan sifat dan massa identik, dan senyawa terbentuk jika atom dari berbagai unsur bergabung dalam komposisi yang tetap. Dalton mengemukakan lima teori tentang atom.

Walau di kemudian hari terbukti ada 2 di antara 5 teorinya yang perlu ditinjau kembali, ia tetap dianggap sebagai bapak pencetus teori atom modern, terlebih lagi karena teorinya tersebut mampu menerangkan Hukum kekekalan massa Lavoisier dan Hukum perbandingan tetap Proust.

Sumber: [id.wikipedia.org](https://id.wikipedia.org)



**Gambar 4.1** Model atom Bohr.  
Sumber: Microsoft Student 2006

Postulat Dalton menggambarkan bahwa atom merupakan bola pejal seperti bola tolak peluru yang sangat kecil. Pendapat Dalton mengenai atom ini kemudian disempurnakan oleh ahli-ahli yang lain seperti J.J. Thomson, Rutherford, Niels Bohr, dan Louis de Broglie. Di SMA kamu akan mempelajari model atom yang dikemukakan oleh ahli-ahli tersebut.

Menjelang abad ke-19, diketahui bahwa atom bukanlah partikel yang tidak dapat dibagi-bagi lagi karena mengandung sejumlah partikel subatomik yaitu elektron, proton, dan netron. Nah, agar kamu memahaminya, pelajarilah uraian partikel penyusun atom berikut ini.

### 1. Elektron

Jika kamu mempunyai televisi tabung (CRT atau *Cathode Ray Tube*) di rumah, pesawat televisi itu menggunakan tabung sinar katoda untuk menghasilkan gambar. Setiap gambar dibentuk oleh titik-titik sinar katoda yang menembus layar televisi. Oleh karena sinar katoda dipancarkan terus-menerus dan ditata sedemikian rupa, kamu dapat melihatnya sebagai sebuah gambar yang utuh dan bergerak.

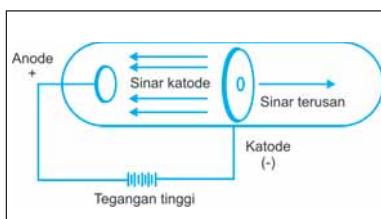
Sinar katoda merupakan elektron seperti yang ditemukan oleh Plucker (1859) dan diteliti oleh Hittorf (1869) dan William Crookes (1879 – 1885). Sinar katoda bergerak lurus dengan kecepatan tinggi dan dapat menimbulkan bayangan di layar CRT. John Thomson (1897) melanjutkan eksperimen dengan meneliti pengaruh medan listrik dan medan magnet dalam tabung sinar katoda. Ternyata sinar ini dapat dibelokkan oleh medan magnet dan medan listrik. Hasil percobaannya membuktikan bahwa elektron dalam suatu atom bermuatan negatif karena dapat dibelokkan ke arah kutub positif medan listrik.

### 2. Proton

Ditemukannya elektron menimbulkan pertanyaan baru mengenai susunan atom. Elektron merupakan penyusun atom yang bermuatan negatif, padahal atom bermuatan netral. Bagaimana mungkin atom bisa bersifat netral jika hanya ada elektron saja dalam atom? Maka timbul pemikiran akan adanya partikel lain di dalam atom. Goldstein (1886) dan Wien melakukan penelitian menggunakan tabung CRT yang didesain ulang dengan hati-hati. Melalui pengamatan yang cermat, beliau berhasil menemukan adanya partikel positif yang arahnya berbeda dengan arah gerak sinar katoda yang disebut sinar terusan atau sinar kanal. Setelah dilakukan penelitian lebih lanjut, diketahui bahwa partikel tersebut merupakan bagian dari atom yang disebut dengan proton.

### 3. Inti atom

Setelah penemuan proton dan elektron, Ernest Rutherford melakukan penelitian lebih lanjut mengenai atom. Dalam



**Gambar 4.2** Percobaan untuk menemukan sinar terusan sebagai partikel positif di dalam atom.

percobaannya, beliau menggunakan lempengan emas yang sangat tipis dan disinari dengan sinar alfa, yaitu sinar yang dipancarkan oleh zat radioaktif. Jika atom terdiri dari partikel yang bermuatan positif dan negatif maka sinar alfa yang ditembakkan tidak ada yang diteruskan atau menembus lempeng emas. Namun kenyataannya, sebagian besar sinar alfa justru dapat menembus lempeng emas. Jadi, proton dan elektron tidak tersusun secara rapat atau terdapat banyak rongga kosong di dalam atom.

Dari hasil percobaan ini, Rutherford dapat menduga bagaimana susunan sebuah atom. Beliau menyatakan hipotesanya bahwa atom tersusun dari inti atom yang bermuatan positif dan dikelilingi elektron yang bermuatan negatif. Muatan negatif elektron dapat mengimbangi muatan positif inti atom, sehingga atom bersifat netral.

Ketika dilakukan penelitian lebih lanjut, diketahui bahwa massa inti atom tidak seimbang dengan massa proton yang ada dalam inti atom. Jadi diprediksi bahwa masih ada partikel lain dalam inti atom selain proton.

#### 4. Neutron

Seperti di jelaskan di atas, Rutherford (1920) meramalkan bahwa kemungkinan besar di dalam inti atom terdapat partikel lain yang tidak bermuatan. Akan tetapi karena muatannya netral, partikel ini menjadi sukar dideteksi. Ramalan ini terbukti benar ketika tahun 1932 James Chadwick dapat menemukan neutron.

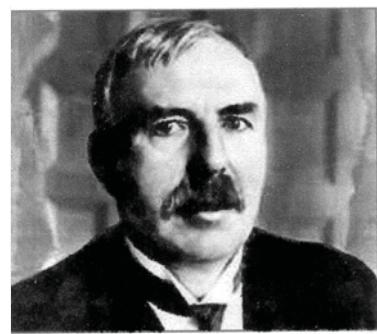
Dengan demikian maka partikel elektron, proton, dan neutron merupakan penyusun dasar suatu materi. Perhatikan gambaran sebuah model atom di samping.

#### 5. Nomor Atom dan Nomor Massa

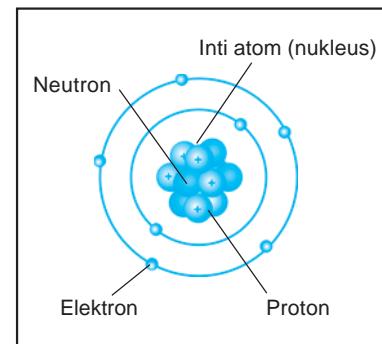
Suatu atom memiliki sifat dan massa yang khas, yang membedakan satu atom dengan atom yang lain. Jumlah proton dan neutron dalam inti atom saling berhubungan dan biasanya jumlahnya sama. Massa proton dan neutron juga hampir sama, dan jumlah keduanya hampir sama dengan massa atom. Sedangkan massa elektron sangat kecil sehingga tidak banyak menyumbang massa atom secara keseluruhan.

##### a. Nomor Atom ( $Z$ )

Jumlah proton dalam suatu atom disebut nomor atom yang diberikan lambang  $Z$ . Nomor atom ini merupakan ciri khas suatu unsur. Oleh karena atom bersifat netral maka jumlah proton sama dengan jumlah elektronnya. Jadi nomor atom juga menunjukkan jumlah elektron. Nomor atom ditulis agak ke bawah sebelum lambang unsur. Contoh: atom oksigen mempunyai 8 proton dan 8 elektron, sehingga nomor atom oksigen adalah 8.



Gambar 4.3 Ernest Rutherford.



Gambar 4.4 Model atom.  
Sumber: Microsoft Student 2006

## b. Nomor Massa (A)

Seperti diuraikan sebelumnya massa elektron sangat kecil, dianggap nol. Oleh karena itu massa atom ditentukan oleh massa inti atom yaitu proton dan neutron. Jumlah dari massa proton dan neutron disebut *nomor massa* yang besarnya hampir sama dengan massa atom. Contoh: atom oksigen mempunyai nomor atom 8 dan nomor massa 16, sehingga atom oksigen mengandung 8 proton dan 8 neutron.

$$\text{Nomor massa (A)} = \text{Jumlah proton} + \text{Jumlah neutron}$$

atau

$$\text{Jumlah neutron} = \text{Nomor massa} - \text{Nomor atom}$$

Penulisan lambang atom unsur menyertakan nomor atom dan nomor massa adalah sebagai berikut.

$$_z^A X \text{ atau } {}_z X^A$$

Keterangan:

X = lambang atom

A = nomor massa

Z = nomor atom

Contoh:  $_{11}^{23}\text{Na}$  atau  ${}_{11}\text{Na}^{23}$  menunjukkan bahwa atom natrium mempunyai nomor atom = 11 dan nomor massa = 23.



## Ion

Pada uraian sebelumnya kamu telah memahami bahwa atom terdiri atas proton (muatan positif) dan elektron (muatan negatif). Elektron dapat meninggalkan atom dan atom dapat menerima elektron. Hal ini disebabkan beberapa faktor, antara lain pemanasan, adanya medan magnet dan medan listrik.

Sebuah atom dikatakan netral jika jumlah proton sama dengan jumlah elektron. Jika suatu atom netral menangkap elektron, maka jumlah elektronnya akan menjadi lebih banyak dibandingkan dengan jumlah protonnya. Atom yang menangkap elektron ini dikatakan atom yang bermuatan *negatif*. Sebaliknya, jika suatu atom netral melepaskan elektron, maka jumlah protonnya akan menjadi lebih banyak dibandingkan dengan jumlah elektronnya. Atom yang melepaskan elektron ini dikatakan bermuatan *positif*. Atom yang bermuatan inilah yang dinamakan *ion*. Ion positif dinamakan *kation* dan ion negatif dinamakan *anion*. Ion merupakan atom atau gugus atom yang menerima atau melepas elektron. Peristiwa terlepasnya atau masuknya ion disebut *ionisasi*. Ion ditemukan pertama kali oleh fisikawan Jerman, Julius Elster dan Hans Friedrich Geitel pada tahun 1899.

Beberapa molekul dapat terbentuk melalui ikatan ion. Sebelum berikatan, atom-atom membentuk ion-ion terlebih

### Tokoh Sains

James Chadwick



Chadwick (1891-1974) ialah ilmuwan asal Inggris. Beliau dididik di Universitas Manchester dan bekerja sama meneliti pemancaran sinar gamma dengan bimbingan Ernest Rutherford, 1st Baron Rutherford of Nelson. Saat PD I pecah, ia sedang meneliti peluruhan sinar beta di Jerman. Chadwick ditahan pemerintah Jerman, karena dianggap sebagai musuh. Setelah perang ia bergabung dengan Ernest Rutherford di Cambridge. Ia memakai hamburan partikel sinar alfa untuk membuktikan bahwa nomor atom suatu unsur sama dengan muatan nuklir. Chadwick dan Rutherford mengajukan usul yang menyatakan bahwa dalam inti terdapat partikel tak bermuatan, namun mereka belum bisa mendeteksi partikel itu secara eksperimental sampai tahun 1932. Pada tahun itu Chadwick berhasil memperlihatkan keberadaan neutron.

Ia menerima Hadiah Nobel pada 1935. Selama PD II, Chadwick memimpin kelompok ilmuwan Inggris mengembangkan bom atom.

Sumber: [id.wikipedia.org](https://id.wikipedia.org)

dahulu. Misalnya, NaCl dapat dibentuk dari atom Na dan Cl. Atom Na akan membentuk ion  $\text{Na}^+$  sebagai kation dan atom Cl membentuk ion  $\text{Cl}^-$  sebagai anion.

Bagaimanakah pembentukan ion natrium dan ion klorida? Atom natrium (Na) memiliki 11 proton dan 11 elektron. Atom natrium melepaskan 1 elektron sehingga atom natrium kekurangan elektron atau kelebihan proton. Oleh karena itu atom natrium berubah menjadi ion natrium ( $\text{Na}^+$ ).

Atom klor (Cl) memiliki 17 proton dan 17 elektron. Atom Cl menerima 1 elektron sehingga atom Cl kelebihan elektron atau membentuk ion klorida ( $\text{Cl}^-$ ). Ion  $\text{Na}^+$  dan ion  $\text{Cl}^-$  ini berikatan membentuk senyawa NaCl dengan reaksi seperti berikut.



Senyawa yang terbentuk dari ion positif dan ion negatif dinamakan *senyawa ionik*. Dapatkah kamu memberikan contoh senyawa ionik lainnya?

- Berikut ini beberapa contoh senyawa ionik.
- Kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) terbentuk dari ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan ion  $\text{CO}_3^{2-}$ .
  - Tembaga sulfat ( $\text{CuSO}_4$ ) terbentuk dari ion  $\text{Cu}^{2+}$  dan  $\text{SO}_4^{2-}$ .
  - Amonium sulfat ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) terbentuk dari ion  $\text{NH}_4^+$  dan ion  $\text{SO}_4^{2-}$ .

Apakah semua zat dapat menghasilkan ion? Ternyata tidak. Bila gula dilarutkan dalam air, molekul-molekul gula tersebut tidak terurai menjadi ion tetapi hanya melarut. Senyawa seperti ini dinamakan *senyawa molekul*.

### Tugas 4.1

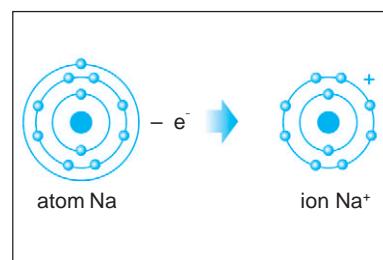
Carilah informasi mengenai materi-materi tertentu yang terdiri atas ion-ion. Informasi tersebut dapat kamu peroleh dari buku-buku di perpustakaan dan internet. Bacakan hasilnya di depan kelas untuk didiskusikan.



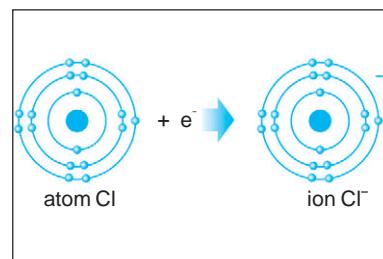
## Molekul

Apakah yang dimaksud dengan molekul? *Molekul* adalah bagian terkecil dan tidak terpecah dari suatu senyawa kimia murni yang masih mempertahankan sifat kimia dan fisika yang unik. Suatu molekul terdiri dari dua atau lebih atom yang terikat satu sama lain. Sebagai contoh, molekul air merupakan kombinasi dari 2 atom hidrogen dan 1 atom oksigen.

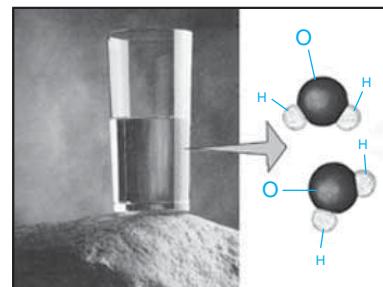
Suatu molekul dituliskan dalam rumus kimia. Rumus kimia suatu molekul tersebut menunjukkan banyak jenis dan jumlah atom yang menyusun molekul tersebut. Sebagai contoh, perhatikanlah Tabel 4.1.



**Gambar 4.5** Atom Na mempunyai 11 elektron, ion Na kekurangan satu elektron sehingga muatannya positif (+1).



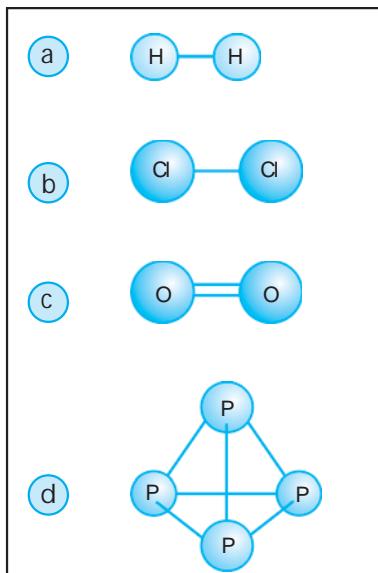
**Gambar 4.6** Atom Cl mempunyai 17 elektron, agar menjadi stabil harus menerima satu elektron sehingga muatannya negatif (-1).



**Gambar 4.7** Satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen dan satu atom oksigen

Tabel 4.1 Molekul dan rumus kimianya

| No. | Molekul         | Rumus Kimia |
|-----|-----------------|-------------|
| 1.  | Fosfor          | $P_4$       |
| 2.  | Air             | $H_2O$      |
| 3.  | Asam Sulfat     | $H_2SO_4$   |
| 4.  | Metana          | $CH_4$      |
| 5.  | Karbon dioksida | $CO_2$      |



Gambar 4.8 Struktur molekul unsur  $H_2$ ,  $Cl_2$ ,  $O_2$ , dan  $P_4$ .

Pada uraian sebelumnya, kamu telah mengetahui bahwa suatu molekul dapat terbentuk dari dua atom atau lebih. Nah, berdasarkan jenis atom yang menyusun molekul, molekul terbagi menjadi dua jenis, yaitu molekul unsur dan molekul senyawa. Untuk memahami lebih lanjut mengenai molekul unsur dan molekul senyawa, pelajarilah uraian berikut dengan baik.

#### a. Molekul Unsur

Dapatkah kamu menyebutkan atom penyusun molekul oksigen? Oksigen terbentuk dari dua atom yang sama, yaitu oksigen. Rumus kimia oksigen adalah  $O_2$ . Molekul yang terbentuk dari satu jenis atom dinamakan molekul unsur. Contoh molekul unsur lainnya adalah  $Cl_2$ ,  $I_2$ ,  $Br_2$ , dan  $P_4$ . Perhatikan Gambar 4.8.

#### b. Molekul Senyawa

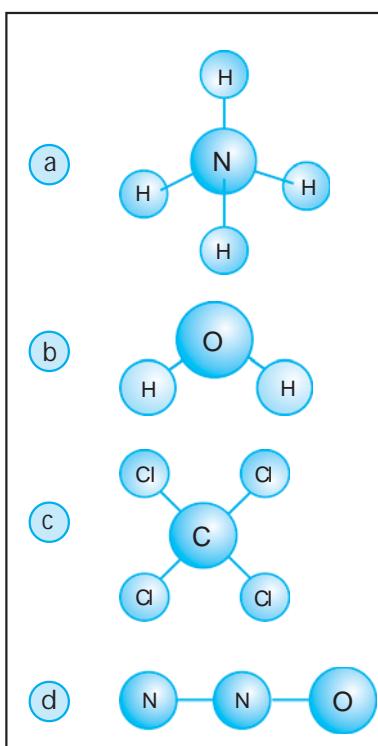
Molekul yang tersusun atas lebih dari satu jenis atom dinamakan molekul senyawa. Contoh molekul senyawa, yaitu air yang mempunyai rumus kimia  $H_2O$ . Air tersusun atas dua atom H dan satu atom O. Nah, dapatkah kamu menyebutkan contoh molekul senyawa lainnya? Perhatikan Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Molekul senyawa dan rumus kimianya

| No. | Senyawa     | Rumus Kimia    |
|-----|-------------|----------------|
| 1.  | Air         | $H_2O$         |
| 2.  | Asam Sulfat | $H_2SO_4$      |
| 3.  | Kapur       | $CaCO_3$       |
| 4.  | Urea        | $CO(NH_2)_2$   |
| 5.  | Asam nitrat | $HNO_3$        |
| 6.  | Glukosa     | $C_6H_{12}O_6$ |

Setelah kamu mengetahui molekul unsur dan molekul senyawa, dapatkah kamu menyebutkan perbedaan antara molekul unsur dan molekul senyawa? Molekul unsur dan molekul senyawa dapat dibedakan berdasarkan jumlah jenis atom penyusunnya. Perbedaan ini dapat kamu lihat pada molekul unsur  $H_2$  dan molekul senyawa  $H_2O$ .

Dalam kehidupan sehari-hari, kita selalu berinteraksi dengan molekul unsur dan molekul senyawa. Contohnya ketika bernapas, kita menghirup molekul unsur oksigen ( $O_2$ ) dan melepaskan molekul senyawa karbon dioksida ( $CO_2$ ) dan air ( $H_2O$ ) dalam bentuk uap air.



Gambar 4.9 Struktur molekul senyawa  $NH_4^+$ ,  $H_2O$ ,  $CCl_4$ , dan  $N_2O$ .



## D Konsep Atom, Ion, dan Molekul dalam Produk Kimia

Kamu telah mempelajari konsep atom, ion, dan molekul. Pemahaman tersebut dapat diterapkan dalam produk kimia sehari-hari.

### 1. Detergen dan Sabun

Detergen dan sabun merupakan zat yang jika dimasukkan dalam air, dapat menghilangkan kotoran. Molekul detergen dan sabun merupakan molekul besar yang tersusun atas rantai hidrokarbon yang panjang dengan gugus fungsi pada salah satu ujungnya. Molekul detergen memiliki ekor nonpolar yang tertarik pada minyak dan oli, dan bagian kepala polar yang menjadikannya larut dalam air.

Bagaimana cara membuat detergen atau sabun? Sabun dibuat dengan mereaksikan asam lemak dengan suatu alkali (basa), misal natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ). Asam lemak merupakan rantai panjang atom-atom karbon dan hidrogen dengan ujungnya berupa gugus asam karboksilat ( $-\text{CO}_2\text{H}$ ).

Reaksi asam lemak dengan  $\text{NaOH}$  menghasilkan garam. Rantai panjang hidrokarbon dari asam lemak sekarang memiliki ujung ion karboksilat polar ( $-\text{CO}_2^-$ ) yang menarik molekul air air. Inilah yang dinamakan *sabun kasar*. Produk samping pembuatan sabun ini adalah gliserol.

### 2. Pupuk Urea

Mengapa pupuk urea dapat meningkatkan kesuburan tanaman? Pupuk urea memiliki rumus molekul  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ . Dari rumus molekul tersebut, kamu dapat mengetahui bahwa setiap molekul urea mengandung 1 atom karbon (C), 1 atom oksigen (O), 2 atom nitrogen (N), dan 4 atom hidrogen (H). Unsur penting di dalam urea yang berperan untuk menyuburkan tanaman adalah nitrogen (N). Unsur ini berperan sebagai penyusun protein dan pembentukan klorofil. Bila kekurangan nitrogen, tanaman tampak berwana kekuningan karena jumlah klorofil di dalam daun berkurang. Jika jumlah klorofil di dalam daun kurang, energi cahaya dari matahari yang dapat ditangkap sedikit sehingga efektivitas fotosintesis rendah. Akibatnya produksi gula yang dihasilkan sedikit. Hal ini yang menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat atau menjadi kerdil. Akibat selanjutnya dapat kamu tebak, produksi tanaman itu tentu akan menurun.

Bagaimana bila tidak ada urea? Kamu dapat menggunakan senyawa lain yang mengandung unsur nitrogen. Contohnya adalah pupuk ZA yang memiliki rumus molekul  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Coba, kamu sebutkan unsur yang menyusun molekul ZA beserta jumlah atomnya!

#### Info Sains

Urea, selain sebagai pupuk juga digunakan sebagai bahan baku pembuatan urea-formaldehida (plastik untuk peralatan listrik) dan melamin (plastik yang kuat dan tahan panas).

Sumber: *Ensiklopedia Umum untuk Pelajar*

Masih ada jenis pupuk buatan selain yang telah disebutkan di atas. Contohnya pupuk TSP (*Triple Superphosphate*) yang memiliki rumus kimia  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  sebagai pupuk sumber fosfor dan pupuk KCl sebagai sumber kalium bagi tanaman.

### 3. Asam Sulfat di dalam Aki

Aki banyak digunakan sebagai sumber arus listrik pada sepeda motor, mobil, UPS (*Uninterruptible Power Supply*), sepeda listrik, lampu cadangan, pengeras suara, dan sebagainya. Jika arus listrik dalam aki habis, aki dapat diisi ulang (*recharged*) sehingga dapat digunakan lagi. Tahukah kamu, bagaimana aki dapat menghasilkan arus listrik?

Prinsip kerja aki erat kaitannya dengan terbentuknya ion-ion dalam larutan. Aki tersusun dari beberapa sel, di mana setiap sel merupakan sebuah unit pembangkit arus listrik yang menghasilkan tegangan sebesar 2 volt. Setiap sel tersusun dari lempeng timbal ( $\text{Pb}$ ) sebagai kutub negatif (anoda) dan timbal dioksida ( $\text{PbO}_2$ ) sebagai kutub positif (katoda). Kedua logam itu dicelupkan dalam larutan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

Di dalam larutan, asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) terurai menjadi ion  $\text{H}^+$  dan  $\text{SO}_4^{2-}$ . Ion-ion ini akan bereaksi dengan elektroda timbal ( $\text{Pb}$ ) dan timbal dioksida ( $\text{PbO}_2$ ) dan dilepaskan elektron. Oleh karena ada perbedaan reaksi kimia pada timbal dan timbal dioksida, elektron akan mengalir di antara kedua elektroda itu sehingga menimbulkan beda potensial listrik. Jika kedua pelat dihubungkan dengan peralatan listrik yang sesuai, arus listrik (elektron) akan mengalir dalam rangkaian sehingga peralatan listrik tersebut dapat menyala.

Setelah lama dipakai, perlahan-lahan kedua elektroda berubah menjadi timbal sulfat ( $\text{PbSO}_4$ ). Oleh karena jenis elektrodanya telah sama, beda potensial tidak lagi muncul di antara kedua elektroda tersebut. Pada keadaan ini aki tidak dapat menyalakan peralatan listrik. Untuk mengembalikan kemampuannya, aki harus diisi lagi dengan menghubungkannya dengan sumber arus listrik searah (DC) dari luar.

### 4. Polimer Plastik

Dewasa ini plastik banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Plastik adalah bahan yang mudah diulur atau dicetak menjadi berbagai macam bentuk. Coba perhatikan peralatan di rumahmu, adakah yang terbuat dari plastik? Plastik dijadikan wadah makanan dan minuman, peralatan makan, meja, kursi dan masih banyak lagi.

Plastik sebenarnya adalah polimer. Polimer sendiri adalah molekul berukuran sangat besar yang tersusun dari ribuan molekul yang lebih kecil yang terikat menjadi satu. Plastik banyak jenisnya dengan sifat yang berbeda-beda. Ada jenis plastik yang melunak ketika dipanaskan. Contohnya plastik dari polietilena, yang dibuat dengan menggabungkan ribuan molekul etilen. Polietilen ini digunakan antara lain untuk pembuatan kantong kemas, tas, botol, dan industri bangunan.



Gambar 4.10 Aki dan air aki ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

Sumber: Photo Image

#### Info Sains

##### Makromolekul

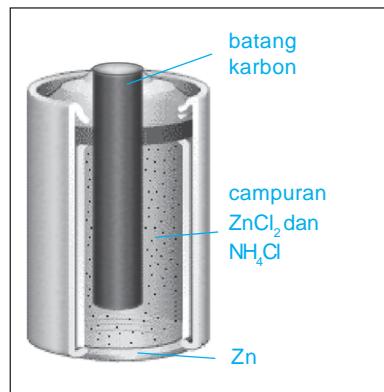
Makromolekul adalah suatu molekul yang terdiri dari banyak atom. Biasanya molekul organik memiliki massa molekul relatif yang sangat besar.

Sumber: Kamus Kimia Bergambar

## 5. Baterai

Baterai banyak kita gunakan sebagai sumber energi, misal pada lampu senter, jam, dan mobil-mobilan. Baterai memiliki lapisan zink ( $Zn$ ) yang berfungsi sebagai anoda atau kutub negatif, di mana lapisan ini dilapisi oleh selubung baja. Coba buka sebuah baterai, maka kamu akan menemukan satu batang karbon di dalamnya. Karbon ini berfungsi sebagai katoda atau kutub positif. Karbon diletakkan di tengah sel dan terhubung pada tonjolan logam di bagian luar atas baterai. Ruang antara batang karbon dan lapisan zink diisi pasta amonium klorida ( $NH_4Cl$ ) dan zink klorida ( $ZnCl_2$ ). Perhatikan gambar baterai di samping.

Pada saat penggunaan baterai maka atom zink ( $Zn$ ) akan teroksidasi atau melepaskan elektron membentuk ion zink ( $Zn^{2+}$ ). Elektron yang dibebaskan oleh atom zink ( $Zn$ ) akan mengalir melalui sirkuit listrik bagian luar sehingga menghasilkan listrik. Elektron ini selanjutnya kembali ke batang karbon. Arus listrik akan terus mengalir sampai zink ( $Zn$ ) habis terpakai. Keadaan ini berarti baterai sudah tidak dapat digunakan kembali atau dikatakan habis, karena baterai tidak dapat diisi kembali.



Gambar 4.11 Baterai

Sumber: Microsoft Student 2006

### Tugas 4.2

Carilah contoh lain penerapan konsep atom, ion, dan molekul dalam produk kimia sehari-hari. Informasi dapat kamu peroleh dari internet ataupun literatur lainnya.

### Latihan 4.1

1. Jelaskan pengertian atom menurut Dalton!
2. Jelaskan pembentukan ion  $K^+$  ( $_19K^{39}$ )!
3. Gambarkan struktur molekul  $H_2$  dan  $H_2O$ , kemudian berilah penjelasan mengenai perbedaannya!
4. Berikan contoh ion positif dan ion negatif!
5. Berikan contoh molekul senyawa!

## Rangkuman

- Teori atom terus berkembang, pencetus teori atom antara lain Democritus, Empedocles, Dalton, Thomson, Rutherford, dan Bohr.

Pengertian atom menurut Dalton adalah partikel terkecil dari suatu zat yang tidak dapat diuraikan menjadi partikel yang lebih kecil dengan reaksi kimia biasa.

Atom tersusun atas tiga jenis partikel subatom yaitu proton, elektron, dan neutron. Sebuah atom ( $X$ ) dengan nomor atom ( $Z$ ) dan nomor massa ( $A$ ) dituliskan seperti berikut.

Ion merupakan atom yang bermuatan. Ion dibedakan menjadi ion positif dan ion negatif.

Molekul dinyatakan dengan rumus kimia yang menunjukkan jenis dan jumlah atom penyusun molekul.

Molekul dibedakan atas molekul unsur dan molekul senyawa. Molekul unsur tersusun satu jenis atom, sedangkan molekul senyawa tersusun lebih dari satu jenis atom.

## Refleksi

Kamu telah selesai mempelajari materi dalam bab ini. Sebelum melanjutkan pelajaran di bab berikutnya, lakukan evaluasi diri dengan menjawab pertanyaan di bawah ini. Jika semua kamu jawab dengan ‘ya’, berarti kamu telah memahami materi bab ini dan boleh melanjutkan ke bab berikutnya. Jika ada pertanyaan yang dijawab dengan ‘tidak’, maka kamu perlu mengulangi materi yang berkaitan dengan pertanyaan itu. Jika ada yang sulit atau tidak dimengerti, bertanyalah kepada Bapak/Ibu Guru.

1. Apakah kamu sudah memahami pengertian atom, ion, dan molekul serta menunjukkan contoh-contohnya?
2. Dapatkah kamu menyebutkan teori atom menurut tokoh-tokoh seperti Democritus, Dalton, Thomson, Rutherford, dan Bohr?
3. Dapatkah kamu memberikan contoh penerapan konsep atom, ion, dan molekul dengan produk kimia yang sering digunakan sehari-hari?
4. Tahukah kamu perbedaan molekul unsur dengan molekul senyawa? Berilah contoh molekul unsur dan senyawa!

## Latih Kemampuan

4

### A. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Partikel terkecil dari sebuah unsur yang tidak dapat dibagi dengan reaksi kimia biasa dinamakan ....
  - a. atom
  - b. unsur
  - c. molekul
  - d. elektron
2. Massa suatu atom ditentukan oleh ....
  - a. jumlah elektron
  - b. jumlah proton
  - c. jumlah elektron dan proton
  - d. jumlah proton dan neutron

3. Jika atom netral melepaskan elektron, maka atom tersebut menjadi ....
- kation
  - anion
  - proton
  - neutron
4. Atom merupakan bagian yang terkecil dan tidak dapat dibagi lagi dengan reaksi kimia biasa adalah pendapat dari ....
- Thomson
  - Rutherford
  - Dalton
  - Aristoteles
5. Di antara molekul berikut yang termasuk molekul unsur adalah ....
- $\text{H}_2\text{O}$
  - $\text{NH}_3$
  - $\text{H}_2\text{SO}_4$
  - $\text{O}_2$
6. Di antara molekul berikut yang termasuk molekul senyawa adalah ....
- $\text{H}_2$
  - $\text{O}_3$
  - NO
  - $\text{Cl}_2$
7. Berikut ini yang merupakan ciri-ciri molekul unsur adalah ....
- terdiri dari satu jenis atom
  - terdiri dari dua sampai tiga jenis atom
  - memiliki lebih dari dua atom
  - tersusun atas proton dan elektron
8. Atom fluor menerima sebuah elektron akan membentuk ....
- $\text{F}^-$
  - $\text{F}^{2-}$
  - $\text{F}^+$
  - $\text{F}^{2+}$
9. Atom-atom yang sejenis membentuk suatu molekul, yaitu ....
- molekul unsur
  - molekul atom
  - molekul senyawa
  - molekul ion
10. Jumlah atom hidrogen dalam satu molekul asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) adalah ....
- 1
  - 2
  - 3
  - 4
11. Bagian inti atom terdiri atas ....
- proton dan neutron
  - proton dan elektron
  - neutron dan elektron
  - kation dan anion
12. Jika atom netral menerima sebuah elektron, maka atom tersebut menjadi ....
- kation
  - anion
  - proton
  - neutron
13. Jumlah atom hidrogen dalam satu molekul urea ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) adalah ....
- 2
  - 4
  - 6
  - 8
14. Senyawa ammonium sulfat terbentuk dari kation dan anion, yaitu ....
- $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{SO}_4^{2-}$
  - $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{SO}_4^-$
  - $\text{NH}_4^{2+}$  dan  $\text{SO}_4^{2-}$
  - $\text{NH}_4^{2+}$  dan  $\text{SO}_4^-$
15. Ion yang bermuatan positif dinamakan ....
- kation
  - elektron
  - anion
  - molekul

## B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan benar!

- Jelaskan teori atom menurut Dalton!
- Apakah perbedaan antara ion positif dan ion negatif?
- Tentukan banyaknya atom pada molekul senyawa berikut!
  - $\text{HNO}_3$
  - $\text{CaCO}_3$
  - $\text{CH}_3\text{COOH}$
- Jelaskan perbedaan antara molekul unsur dengan molekul senyawa!
- Sebutkan molekul unsur dan molekul senyawa sederhana yang sering kamu temui dalam kehidupan sehari-hari!

### Air Oksigen

Berkat kemajuan teknologi pangan, oksigen ( $O_2$ ) kini tak lagi hanya dapat dihirup, tapi bisa juga dimasukkan melalui saluran pencernaan. Sebagai bagian dari gaya hidup modern, kini marak dijual produk air dalam kemasan yang mengandung oksigen dalam berbagai merek, kemasan, dan ukuran. Namun benarkah menyehatkan?

Selama manusia masih hidup, ia akan selalu membutuhkan oksigen. Dalam keadaan normal, manusia membutuhkan oksigen sebanyak 535,7 gram per hari (sekitar 375 liter per hari). Secara alamiah manusia mendapatkan oksigen dengan bernapas dengan paru-paru. Oksigen sampai di paru-paru hingga ke alveoli lalu akan diikat oleh hemoglobin dalam darah. Kemudian menyalurkannya ke seluruh tubuh untuk membantu proses "pembakaran" glukosa menjadi tenaga.



Sekali menghirup napas, paru-paru hanya bisa menampung sekitar 500 mL udara ke dalam tubuh. Dalam kondisi lelah, seperti setelah olahraga, kebutuhan ini akan meningkat 5-10 kali lipat. Saat berolahraga, tubuh merasa lelah karena asupan oksigen berkurang. Jika kelelahan hingga terengah-engah, berarti sulpai oksigen dalam tubuh makin sedikit.

Dalam suhu ruangan, air secara alamiah sudah mengandung oksigen sebanyak 10 ppm (part per million=10 miligram per liter). Pada suhu lebih rendah (misalnya dalam lemari pendingin), kadar oksigen bisa meningkat hingga maksimal 15 ppm.

Namun oksigen kini tak lagi hanya dapat dihirup, tapi bisa juga dimasukkan melalui saluran pencernaan. Hampir sama dengan air minum dalam kemasan lainnya, air oksigen juga berasal dari tanah, atau mata air yang telah melalui proses distilasi. Kemudian di akhir prosesnya, air tersebut ditambahkan dengan oksigen. Melalui *Oxygen Keeper technology*, air yang semula mengandung oksigen relatif sedikit, disuntikkan dengan oksigen sehingga kadarnya bisa 10 kali lipat lebih tinggi. Kadar oksigen dalam air biasanya mengandung 80 ppm per botolnya.

Kelemahannya, oksigen yang sudah larut dalam air sangat labil dan mudah terlepas kembali. Terutama jika air tersebut berada dalam kondisi di atas suhu ruang (25-30 derajat celcius), terkena panas, atau terpapar cahaya matahari langsung. Bila segel dalam air oksigen telah terbuka dan tidak segera diminum, maka kadar oksigen yang ada lama-kelamaan bisa hilang, kemudian berubah menjadi air biasa.

Air dan oksigen merupakan syarat mutlak bagi kehidupan. Tanpa air metabolisme di dalam tubuh tidak bisa jalan. Sebagian besar tubuh kita berupa air (70%). Bila tubuh kehilangan cairan atau dehidrasi maka tubuh dapat menjadi lemas. Tanpa oksigen tubuh tak sanggup membakar glukosa hasil proses pencernaan makanan menjadi energi yang kita gunakan untuk beraktivitas.

Sumber: [www.cbn.net.id](http://www.cbn.net.id)

## Bab V

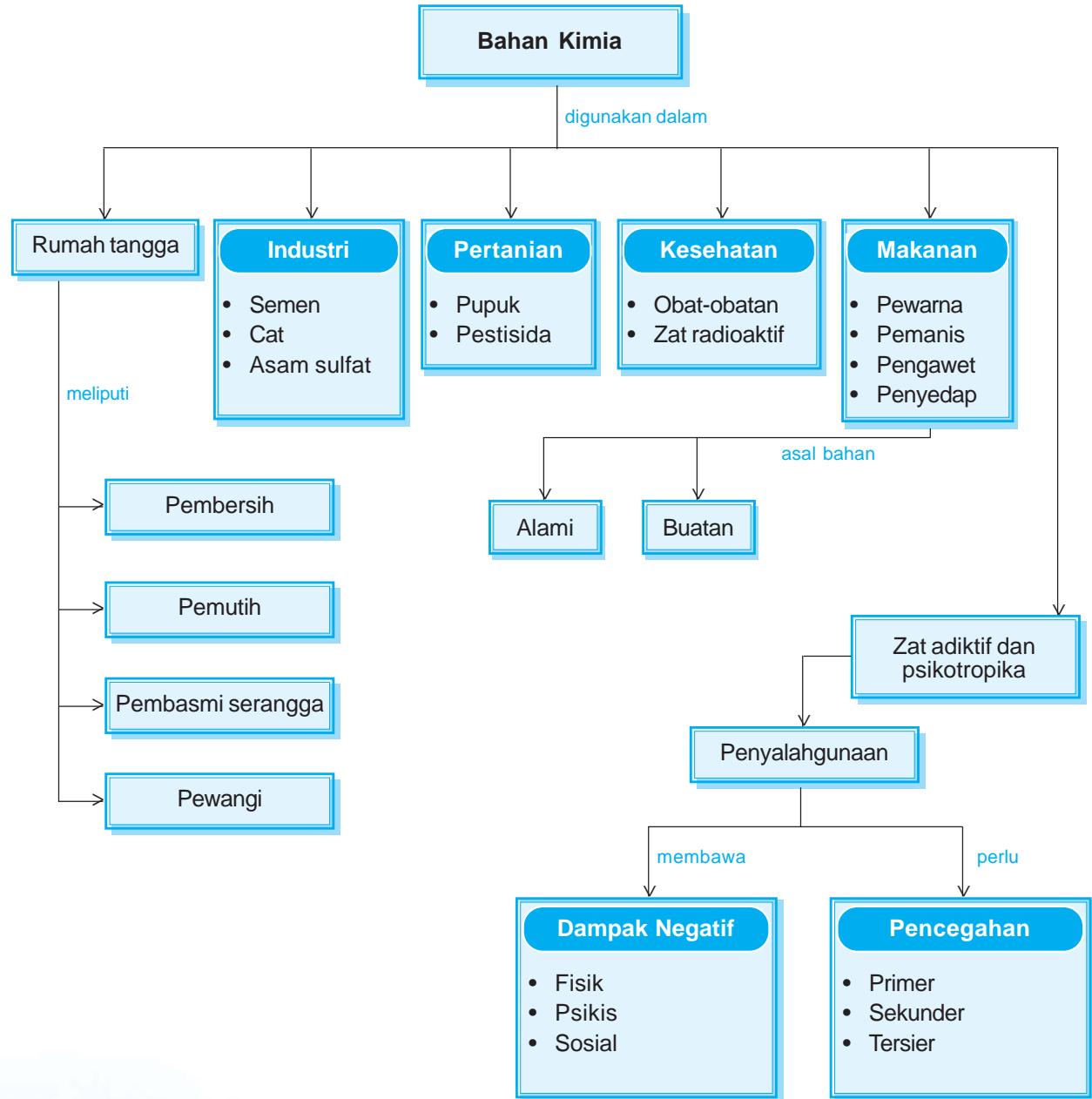
# Bahan Kimia dalam Kehidupan



Bahan apa yang kamu perlukan untuk membersihkan pakaian yang kotor? Tentunya kamu membutuhkan detergen untuk mencuci pakaian kotor. Detergen merupakan salah satu bahan rumah tangga yang mengandung bahan kimia. Makanan dan minuman yang kita konsumsi juga mengandung bahan kimia.

Marilah kita pelajari bab V berikut untuk memahami kegunaan bahan kimia dalam kehidupan. Setelah mempelajari diharapkan kamu dapat mencari informasi dan mengomunikasikan kegunaan dan efek samping bahan kimia, serta mendeskripsikan bahan kimia dalam makanan. Selain itu kamu juga dapat mendeskripsikan pengaruh zat adiktif dan psikotropika dan cara menghindarkan diri dari penyalahgunaannya.

# Peta Konsep



## Kata Kunci

- bahan kimia
- dampak negatif
- pencegahan

Pernahkah kamu mendengar kata bahan kimia? Tahukah kamu apakah sebenarnya bahan kimia itu? Bahan kimia merupakan sesuatu yang tak pernah lepas dari kehidupan sehari-hari. Mulai dari kamu bangun tidur, lalu pergi ke kamar mandi, menggosok gigi, sarapan pagi, dan aktivitas sehari-hari baik di rumah maupun sekolah, sebenarnya kamu telah berinteraksi dengan bahan-bahan kimia.

Bahan kimia dalam kehidupan dibedakan atas bahan kimia rumah tangga, industri, pertanian, kesehatan, dan bahan makanan. Selain itu juga terdapat bahan kimia sebagai zat adiktif dan psikotropika.



## A Bahan Kimia Rumah Tangga

Pada waktu mandi, kamu menggunakan sabun yang mengandung bahan kimia pembersih. Ketika baju seragamu kotor, kamu menggunakan bahan kimia untuk memutihkannya. Begitu juga parfum yang kamu gunakan untuk mengharumkan badanmu juga mengandung bahan kimia. Pada malam hari ketika mau tidur, kamu menggunakan obat nyamuk untuk mengusir nyamuk. Obat nyamuk juga menggunakan bahan kimia.



**Gambar 5.1** Setiap hari kita berinteraksi dengan berbagai macam bahan kimia.

*Sumber: Dokumen Penerbit*

### 1. Pengelompokan Bahan Kimia Rumah Tangga

Bahan kimia rumah tangga dapat kita kelompokkan menjadi empat kelompok yaitu pembersih, pemutih, pewangi, dan pembasmi serangga. Bahan apa saja yang tergolong pembersih, pemutih, pewangi, dan pembasmi serangga? Lakukan kegiatan berikut untuk mencari jawaban dari pertanyaan di atas.

#### Kegiatan 5.1

##### Bahan Kimia Pembersih, Pemutih, Pewangi, dan Pembasmi Serangga di Rumah Tangga

###### Tujuan:

Mengelompokkan bahan kimia pembersih, pemutih, pewangi, dan pembasmi serangga di rumah tangga.

###### Cara kerja:

Tuliskan nama-nama produk pembersih, pemutih, pewangi dan pembasmi serangga pada tabel yang telah kamu buat dalam buku tugasmu seperti **Tabel 5.1** berikut. Tuliskan juga kegunaannya.

**Tabel 5.1** Bahan kimia pembersih, pemutih, pewangi dan pembasmi serangga

| Bahan Kimia       | Nama | Kegunaan |
|-------------------|------|----------|
| Pembersih         |      |          |
| Pemutih           |      |          |
| Pewangi           |      |          |
| Pembasmi serangga |      |          |



**Gambar 5.2** Produk-produk pembersih yang biasa dipakai di rumah tangga.

**Sumber:** Dokumen Penerbit

**a. Pembersih**

Pembersih berfungsi untuk membersihkan berbagai benda di rumah tangga dari kotoran. Ada beberapa jenis bahan kimia yang dapat digunakan sebagai pembersih. Misalnya, pembersih badan, pembersih rambut, pembersih motor dan mobil, pembersih piring, pembersih baju, serta pembersih lantai. Pembersih dikenal secara umum dengan detergen. Fungsi detergen adalah membantu melarutkan lemak atau minyak. Perlu kamu ketahui bahwa air dan minyak/lemak tidak dapat tercampur sehingga memerlukan suatu zat yang membantu melarutkan minyak dan lemak dalam air yaitu detergen.

Sabun yang kamu gunakan untuk mandi memiliki daya pembersih yang tidak sekuat detergen untuk mencuci piring. Beberapa produk pembersih ditunjukkan pada **Gambar 5.2**.

Bagaimana cara menggunakan produk-produk pembersih tersebut? Diskusikanlah dengan teman-temanmu cara menggunakan produk pembersih. Kemudian, ceritakan di depan kelas.

**b. Pemutih**

Produk pemutih berfungsi untuk memutihkan pakaian putih yang terkena noda yang susah dibersihkan dengan pembersih biasa. Selain untuk memutihkan pakaian, ada pula produk pemutih yang berfungsi untuk memutihkan wajah atau tubuh. Nah, produk-produk apa saja yang merupakan produk pemutih?

**c. Pewangi**

Produk pewangi digunakan untuk mengharumkan ruangan atau tubuh. Produk pewangi ada yang berbentuk cair, seperti pengharum tubuh, ruangan, dan pakaian. Produk pewangi cair ini digunakan dengan cara menyemprotkannya ke bagian-bagian tubuh dan ruangan atau merendam pakaian dalam cairan pewangi. Selain yang berbentuk cair, ada juga yang berbentuk padat, seperti kapur barus. Cara menggunakan produk pewangi yang berwujud padat, yaitu dengan menyimpannya di ruangan terbuka. Aroma yang digunakan dalam pewangi biasanya aroma bunga atau buah.

**d. Pembasmi Serangga**

Produk pembasmi serangga atau insektisida digunakan untuk membunuh serangga yang merusak atau mengganggu manusia, seperti nyamuk, lalat, dan kecoa. Sebagian besar produk pembasmi serangga yang beredar di pasaran adalah untuk membasmi nyamuk. Produk ini biasa dikenal dengan sebutan 'obat nyamuk'. Tahukah kamu produk-produk yang dapat digunakan untuk membasmi nyamuk atau serangga? Produk pembasmi serangga ini ada yang berbentuk padat dan cair. Produk pembasmi serangga cair digunakan dengan cara menyemprotkannya ke seluruh ruangan yang banyak



**Gambar 5.3** Produk-produk pewangi yang biasa dipakai di rumah tangga.

**Sumber:** Dokumen Penerbit

terdapat serangga. Ada juga produk pembasmi nyamuk berbentuk cair yang dipakai dengan cara dioleskan ke bagian-bagian tubuh, seperti tangan dan kaki. Produk pembasmi serangga yang berbentuk padat, cara menggunakan ada yang dibakar dan ada juga yang menggunakan listrik.

Bahan pembasmi serangga tergolong zat beracun. Oleh karena itu kamu harus berhati-hati dalam penggunaan maupun penyimpanannya.

## 2. Pengaruh Penggunaan Bahan Kimia Rumah Tangga

Pernahkah kamu memerhatikan kandungan bahan kimia yang ada dalam produk pembersih, pemutih, pewangi, dan pembasmi serangga? Apa saja bahan kimia yang terdapat dalam produk-produk tersebut? Apakah pengaruh yang ditimbulkan oleh bahan kimia yang ada dalam produk pembersih, pemutih, pewangi, dan pembasmi serangga? Mari mencari tahu pengaruh penggunaan bahan kimia pada produk pembersih, pemutih, pewangi, dan pembasmi serangga.

### a. Pengaruh Bahan Kimia pada Produk Pembersih

Pernahkah kamu mencuci piring tanpa menggunakan produk pembersih, misal sabun colek? Jika kamu mencuci piring tanpa menggunakan sabun, piringnya akan terasa lengket dan kurang mengkilap. Mengapa hal ini dapat terjadi? Marilah menyelidiki kandungan bahan kimia yang terdapat dalam produk pembersih melalui **Kegiatan 5.2**.

### Kegiatan 5.2

#### Kandungan Bahan Kimia dalam Produk Pembersih

##### Tujuan:

Menyelidiki kandungan bahan kimia dalam produk pembersih.

##### Cara kerja:

Kumpulkan kemasan produk-produk pembersih. Kemudian, catatlah kandungan bahan-bahan kimia yang ada dalam produk pembersih tersebut pada tabel yang telah kamu buat dalam buku tugasmu seperti **Tabel 5.2** berikut.

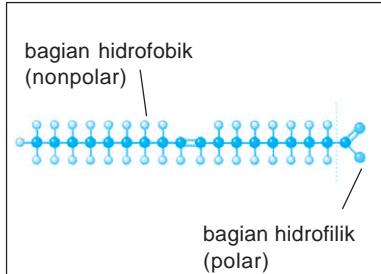
**Tabel 5.2** Kandungan bahan kimia dalam produk pembersih

| No. | Nama Produk Pembersih/Merek | Kandungan Bahan Kimia |
|-----|-----------------------------|-----------------------|
|     |                             |                       |



**Gambar 5.4** Produk-produk pembasmi serangga.

Sumber: Dokumen Penerbit



**Gambar 5.5** Struktur sebuah molekul sabun.

Sumber: Dokumen Penerbit

Produk pembersih umumnya mengandung sabun atau detergen. Tahukah kamu apakah sabun dan detergen itu? *Sabun* adalah bahan kimia yang terbuat dari bahan alam, seperti minyak dan lemak yang direaksikan dengan bahan kimia lain yang disebut basa. Contoh bahan kimia basa, yaitu kalium hidroksida (KOH) dan natrium hidroksida (NaOH). Adapun *detergen* adalah senyawa kimia bernama *alkyl benzene sulfonat* (ABS) yang direaksikan dengan natrium hidroksida (NaOH). Bahan ABS diperoleh dari pengolahan minyak bumi. Perbedaan detergen dengan sabun antara lain daya cuci detergen lebih kuat dibandingkan sabun dan detergen dapat bekerja pada air sadah. Akan tetapi sabun lebih mudah diurai oleh mikroorganisme.

Nah, bagaimanakah pengaruh bahan kimia yang ada dalam produk pembersih sehingga bahan kimia tersebut dapat membersihkan kotoran? Molekul sabun terdiri atas dua bagian yaitu bagian yang bersifat *hidrofilik* dan yang bersifat *hidrofobik*. Bagian hidrofilik adalah bagian yang menyukai air atau bersifat polar. Adapun bagian hidrofobik adalah bagian yang tidak suka air atau bersifat nonpolar.

Kotoran yang bersifat polar biasanya larut dalam air, sehingga kotoran jenis ini tidak perlu dibersihkan dengan menggunakan sabun. Kotoran yang bersifat nonpolar, seperti minyak atau lemak tidak akan hilang jika hanya dibersihkan menggunakan air. Oleh karena itu, diperlukan detergen sebagai pembersihnya. Ujung hidrofob detergen yang bersifat nonpolar mudah larut dalam minyak atau lemak dari bahan cucian. Ketika kamu menggosok atau memeras pakaian membuat minyak atau lemak menjadi butiran-butiran lepas yang dikelilingi oleh lapisan molekul detergen. Gugus polarnya berada di luar lapisan sehingga butiran itu larut di air. Perhatikan **Gambar 5.6**.

## Info Sains

### Sabun

Sabun pertama kali dibuat oleh bangsa Mesir di Lembah Nil. Menjelang tahun 600 SM nelayan Funisia membawa ilmu pengetahuan sabun ini ke pantai-pantai Laut Tengah. Pada Abad I sabun terbaik dibuat dari lemak kambing dan abu pohon Bek. Sabun dibuat dari lemak hewan dan abu kayu sampai akhir abad XVIII. Pada waktu itu ditemukan bahwa soda kaustik, zat alkali yang terbuat dari garam biasa, dapat dipakai sebagai pengganti abu kayu. Sementara itu, minyak nabati, seperti minyak zaitun, minyak palem, minyak kelapa, minyak wijen, minyak kedelai mulai menggantikan lemak hewan ini yang dipakai sampai saat itu.

Sumber: Oxford Ensiklopedi Pelajar



**Gambar 5.6** Proses pencucian dengan detergen.

Sumber: Ensiklopedia IPTEK

Tahukah kamu bagaimana sabun dibuat? Semua jenis sabun dibuat dengan menambahkan minyak nabati atau lemak hewani ke dalam zat basa kuat. Pencampuran ini dilakukan pada suhu tinggi. Hasil dari proses ini adalah sabun dan gliserin (gliserol). Gliserin tercuci oleh larutan garam yang kuat, sedangkan sabun cairnya didinginkan lalu dipotong atau dicetak menurut ukurannya.

Kekurangan dari sabun adalah ujung hidrofilnya (bagian yang suka air) mudah bereaksi dengan garam-garam, misalnya kalsium karbonat (air sadah), membentuk zat yang tidak larut. Endapan yang terjadi membentuk lapisan kusam pada kain yang dicuci sehingga sabun kurang disukai.

Air sadah merupakan air yang mengandung garam kalsium dan magnesium yang larut dari batuan yang dialiri air. Kesadahan dibedakan menjadi dua jenis yaitu kesadahan sementara dan kesadahan tetap. Kesadahan sementara disebabkan garam kalsium hidrogen karbonat ( $\text{CaHCO}_3$ ) yang larut dalam air. Kesadahan ini dapat dihilangkan dengan pendidihan dan menghasilkan zat padat putih tak larut yaitu kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) atau kerak air. Kesadahan tetap disebabkan garam kalsium dan magnesium yang larut dalam air. Kesadahan ini tidak dapat dihilangkan dengan pendidihan tetapi dengan distilasi.

Nah, untuk menghindari hal tersebut, saat ini dipakai detergen sebagai pengganti sabun. Detergen mengandung zat aktif permukaan yang serupa dengan sabun, misalnya natrium benzensulfonat (Na-ABS). Garam kalsium atau magnesium yang larut dalam air sadah jika bereaksi dengan Na-ABS tetap larut dalam air dan tidak mengendap.

Nah, selain sabun dan detergen, dapatkah kamu menyebutkan bahan pembersih lainnya yang sering digunakan dalam rumah tangga? Bahan pembersih lainnya yang juga sering digunakan dalam rumah tangga adalah pembersih lantai dan pasta gigi.

Pada umumnya pembersih lantai menggunakan bahan baku karbol atau amoniak ( $\text{NH}_3$ ) dan zat tambahan tertentu untuk mengatasi bau. Kedua zat tersebut selain dapat membersihkan lantai, juga dapat mematikan bakteri dan mikroorganisme lainnya. Pasta gigi termasuk pembersih. Komponen utama pasta gigi adalah detergen dan abrasif (penggosok). Abrasif yang baik harus cukup keras untuk membersihkan gigi tetapi jangan sampai merusak email. Pasta gigi biasanya ditambahkan senyawa fluorin untuk menguatkan email gigi dan mencegah karies.



**Gambar 5.7** Air sadah meninggalkan kerak pada cerek logam yang digunakan untuk merebusnya.

*Sumber:* Dokumen Penerbit

### Kegiatan 5.3

#### Pembuatan Detergen

##### Tujuan:

Membuat detergen.

##### Cara kerja:

1. Belilah resep detergen di toko kimia.
2. Catatlah jenis dan bahan-bahan yang terdapat dalam resep.
3. Tulislah fungsi dari masing-masing bahan.
4. Pelajarilah terlebih dahulu langkah kerja yang tercantum dalam kemasan resep detergen tersebut.

- Lakukan percobaan membuat detergen.
- Bandingkan daya bersih detergen yang telah kamu buat dengan detergen yang dijual di pasaran.
- Tulislah laporan hasil percobaanmu dalam buku tugasmu.

**b. Pengaruh Bahan Kimia pada Produk Pemutih**

Pakaian yang putih jika terkena kotoran, biasanya sukar dibersihkan dengan produk sabun biasa. Oleh karena itu, diperlukan bahan kimia tambahan untuk memutihkan kembali pakaian yang terkena kotoran yaitu bahan pemutih. Nah, bahan kimia apa saja yang terdapat dalam pemutih? Agar kamu lebih memahaminya lakukan kegiatan berikut.

### Kegiatan 5.4

#### Kandungan Bahan Kimia dalam Produk Pemutih

**Tujuan:**

Menyelidiki kandungan bahan kimia dalam produk pemutih.

**Cara Kerja**

Kumpulkan kemasan produk-produk pemutih. Kemudian, catatlah kandungan bahan-bahan kimia yang ada dalam produk pemutih tersebut pada tabel yang telah kamu buat dalam buku tugasmu seperti **Tabel 5.3** berikut.

**Tabel 5.3** Kandungan bahan kimia dalam produk pemutih

| Nama Produk Pemutih | Kandungan Bahan Kimia |
|---------------------|-----------------------|
|                     |                       |



**Gambar 5.8** Bahan pemutih menggunakan bahan aktif senyawa hipoklorit, misalnya natrium hipoklorit (NaClO).

**Sumber:** Dokumen Penerbit

Bahan aktif pemutih adalah hipoklorit. Misal pada bahan pemutih berupa serbuk mengandung hipoklorit Ca(ClO)2 yang biasanya dikenal kaporit, dan larutan pemutih mengandung natrium hipoklorit (NaClO).

Nah, bagaimana pemutih dapat menghilangkan kotoran yang membandel pada pakaian putih? Bahan pemutih akan mengoksidasi kotoran sehingga kotoran tersebut akan larut dalam air.

Selain produk pemutih untuk kain, ada juga produk pemutih untuk gigi dan kulit. Bahan apa yang terkandung dalam pemutih gigi? Pemutihan gigi dapat dilakukan dalam bidang kedokteran gigi.

Lalu, bahan kimia apa saja yang terkandung pada pemutih kulit? Coba kamu cari informasi di koran, majalah, atau internet, bahan kimia yang digunakan dalam pemutih kulit!

c. Pengaruh Bahan Kimia pada Produk Pewangi

Apa yang kamu lakukan untuk mengharumkan ruangan atau menghilangkan bau apek di lemari pakaian? Tentunya kamu akan menyemprotkan bahan pengharum ruangan agar ruangan menjadi harum. Bahan untuk mengharumkan lemari pakaian biasanya menggunakan kapur barus atau yang lebih dikenal dengan nama kamfer.

Pernahkah kamu menggunakan produk pewangi untuk mengharumkan badanmu? Apakah yang menyebabkan bau harum pada produk pewangi?

Aroma khas dari bahan pewangi umumnya berasal dari aroma buah-buahan dan bunga. Untuk mendapatkan aroma buah-buahan dan bunga dapat dilakukan dengan menekstrak langsung buah-buahan atau bunga yang diinginkan. Akan tetapi, cara seperti ini membutuhkan biaya yang sangat besar sehingga kebanyakan bahan pewangi dibuat secara sintetik dengan meniru senyawa yang terdapat dalam bunga dan buah-buahan.

Produk pewangi yang banyak digunakan adalah dalam bentuk cair, seperti pengharum ruangan dan pengharum badan. Selain berbentuk cair, ada pula pewangi yang berbentuk padat.

d. Pengaruh Bahan Kimia pada Produk Pembasmi Serangga

Bahan kimia apa saja yang biasa kamu gunakan untuk membasmi serangga di rumahmu? Bagaimanakah bentuk dari produk-produk pembasmi serangga tersebut?

Produk pembasmi serangga sangat beraneka ragam. Serangga yang paling sering mengganggu adalah nyamuk. Biasanya bahan kimia yang terdapat pada pembasmi serangga terdiri atas senyawa karbamat, fosfat, dan klorin.



Gambar 5.9 Kapur barus.  
Sumber: Dokumen Penerbit

## Kegiatan 5.5

### Kandungan Bahan Kimia dalam Produk Pewangi dan Produk Pembasmi Serangga

**Tujuan:**

Menyelidiki kandungan bahan kimia dalam produk pewangi dan produk pembasmi serangga.

**Cara kerja:**

Kumpulkan kemasan produk-produk pewangi dan produk pembasmi serangga. Kemudian, catatlah kandungan bahan-bahan kimia yang ada dalam produk tersebut pada tabel yang telah kamu buat dalam buku tugasmu seperti **Tabel 5.4** berikut.

**Tabel 5.4** Kandungan bahan kimia dalam produk pewangi dan produk pembasmi serangga.

| Produk                           | Nama Produk | Kandungan Bahan Kimia |
|----------------------------------|-------------|-----------------------|
| Pewangi :<br>Pembasmi serangga : |             |                       |
|                                  |             |                       |



**Gambar 5.10** Busa detergen sukar diuraikan oleh mikroorganisme.

Sumber: Dokumen Penerbit

### 3. Efek Samping Penggunaan Bahan Kimia Rumah Tangga dan Pencegahannya

Selain menimbulkan manfaat, penggunaan bahan kimia pada produk pembersih, pemutih, pewangi, dan pembasmi serangga yang berlebihan dapat menimbulkan efek samping terhadap tubuh, kesehatan, dan lingkungan.

Apakah efek samping yang diakibatkan dari produk pembersih, pemutih, pewangi, dan pembasmi serangga? Agar lebih memahaminya, pelajari uraian berikut dengan baik.

#### a. Efek Samping Penggunaan Produk Pembersih

Efek samping penggunaan sabun atau detergen adalah menimbulkan limbah rumah tangga berupa busa. Busa yang ditimbulkan sabun dapat diuraikan oleh mikroorganisme yang ada dalam tanah, sedangkan busa yang dihasilkan dari detergen sulit diuraikan oleh mikroorganisme di dalam tanah. Bahan penyusun detergen terdiri atas senyawa berantai lurus dan panjang yang disebut *Linear Alkylbenzene Sulphonate* (LAS) dan senyawa rantai bercabang yang disebut *Alkyl Benzene Sulphonate* (ABS). Senyawa LAS lebih mudah diuraikan oleh mikroorganisme dibandingkan dengan senyawa ABS. Akan tetapi LAS hanya bisa terdegradasi dalam lingkungan aerob (dengan oksigen).

Bahan aktif yang digunakan pada pembersih lantai adalah benzalkonium klorida. Zat ini bersifat detergen sekaligus sebagai desinfektan, bersifat kaustik, dan korosif. Pada konsentrasi berlebih bisa mengiritasi kulit dan jika mengenai mata akan menyebabkan gangguan seperti gatal bahkan dapat menyebabkan kerusakan pada kornea.

Selain menimbulkan limbah busa, sabun dan bahan pencuci merupakan salah satu bahan kimia di rumah tangga yang berbahaya, maka cara penyimpanannya harus benar. Hal ini karena tidak banyak yang mengetahui kandungan dan bahaya bahan aktif yang terdapat di dalamnya.

Apa yang harus kamu lakukan agar efek negatif itu dapat dihindari? Pencegahan yang dapat dilakukan antara lain sebagai berikut.

- 1) Menggunakan detergen dengan konsentrasi yang encer dan kadar ABS yang rendah.
- 2) Menggunakan detergen yang mudah terurai, seperti sodium dodesil sulfat (SDS).
- 3) Menyimpan sabun pada tempat yang benar sehingga jauh dari jangkauan anak.

#### b. Efek Samping Penggunaan Produk Pemutih

Bahan pemutih pakaian umumnya mengandung senyawa klorin yang dapat merusak serat kain dan warna pakaian. Selain itu, senyawa klorin juga dapat menyebabkan iritasi pada kulit.

Bahan pemutih kulit yang mengandung merkuri atau raksa yang berlebihan dapat merusak sistem saraf, karena merkuri

merupakan sejenis bahan kimia beracun dan amat berbahaya bagi kesehatan. Adanya merkuri di dalam tubuh dapat merusak ginjal.

Ada juga bahan pemutih kulit yang mengandung hidrokuinon. Pada dosis yang tepat hidrokuinon aman bagi kulit, tetapi jika kulit alergi akan timbul noda-noda hitam pada wajah.

Pencegahan yang dapat dilakukan untuk menghindari efek samping dari penggunaan pemutih, antara lain:

- 1) Hindari penggunaan jenis pemutih yang mengandung merkuri.
- 2) Hanya menggunakan produk pemutih jika kotoran atau noda sulit dihilangkan oleh sabun atau detergen.

#### c. Efek Samping Penggunaan Produk Pewangi

Hampir setiap produk yang berkaitan dengan wanita mempunyai wewangian, seperti sabun, kosmetik, sampo, pelembut kain, penyubur rambut, kertas tisu dan detergen. Tujuan menggunakan bahan pewangi adalah untuk menghasilkan bau wangi pada si pemakai, barang pribadi, atau udara di sekelilingnya. Namun, kebanyakan kita tidak menyadari bahwa produk pewangi dapat mendatangkan bahaya bagi kesehatan kita, terutama bagi wanita hamil.

Kebanyakan pengharum ruangan bekerja dengan mengganggu daya cium. Pengharum tersebut melapisi saluran hidung dengan selaput minyaknya, atau melepaskan zat pemati saraf pencium. Produk yang tidak mengandung pewangi sebenarnya menambahkan pewangi yang tidak wangi untuk menyamarkan aroma khas bahan tertentu.

Efek samping bahan kimia pewangi pada kesehatan manusia, antara lain mengiritasi mata, hidung, tenggorok, kulit, mengakibatkan mual, pusing, perdarahan, hilang ingatan, kanker, dan tumor, kerusakan hati, menyebabkan iritasi ringan hingga menengah pada paru-paru, termasuk gejala seperti asma.

Selain itu, bahan pewangi yang mengandung *chlorofluorocarbon* (CFC) dapat menyebabkan lapisan ozon di atmosfer berlubang. Pencegahan yang dapat dilakukan untuk menghindari efek samping dari produk pewangi antara lain:

- 1) menggunakan bahan pewangi seperlunya, dan
- 2) tidak menggunakan pewangi yang mengandung CFC.

#### d. Efek Samping Penggunaan Produk Pembasmi Serangga

Saat ini memang zaman serba cepat dan praktis. Nyamuk, semut, atau lalat datang, kita semprot dengan pembasmi serangga. Hal seperti itu mungkin erat menempel di benak para konsumen di Indonesia. Akan tetapi, mereka sesungguhnya tidak mengetahui benar betapa besar ancamannya jika menggunakan produk semacam itu secara sembarangan. Bahan kimia berbahaya dapat masuk ke dalam tubuh melalui dua cara, yaitu:



**Gambar 5.11** Penggunaan produk pemutih yang berlebihan dapat menyebabkan iritasi kulit.

*Sumber:* Dokumen Penerbit



**Gambar 5.12** Lapisan ozon di kutub selatan berlubang (ditunjukkan oleh bagian bumi yang berwarna gelap) disebabkan oleh bahan-bahan kimia yang dilepaskan ke atmosfer.

*Sumber:* Dokumen Penerbit

- 1) Termakan atau terminum bersama makanan atau minuman yang tercemar;
- 2) Dihirup dalam bentuk gas dan uap, termasuk yang langsung menuju paru-paru lalu masuk ke dalam aliran darah, atau terserap melalui kulit dengan atau tanpa terlebih dahulu menyebabkan luka pada kulit.

Produk pembasmi serangga beraerosol dapat menyebabkan penipisan lapisan ozon stratosfer. Ozon stratosfer berperan melindungi kehidupan di bumi dari radiasi ultra ungu. Penipisan ozon akan meningkatkan jumlah penderita penyakit kanker kulit secara signifikan, termasuk melanoma ganas, dan pengidap katarak. Selain itu juga dapat merusakkan produk pertanian.

Antinyamuk termasuk kelompok pestisida (pembasmi hama), sehingga obat antinyamuk juga mengandung racun. Hal itu dibuktikan dengan ditemukannya tiga bahan aktif dalam obat antinyamuk, yaitu jenis diklorvos, propoxur, pyrethroid, dan dietiltoluamida serta bahan kombinasi dari ketiganya.

Menurut WHO *Grade Class*, diklorvos atau diklorovinil dimetil fosfat termasuk berdaya racun tinggi. Jenis bahan aktif ini dapat merusak sistem saraf, mengganggu sistem pernapasan, dan jantung.

Diklorvos sangat berpotensi menyebabkan kanker, menghambat pertumbuhan organ serta kematian prenatal, dan merusak kemampuan reproduksi. Bahan aktif jenis ini menimbulkan gangguan cukup serius bagi hewan dan tumbuhan, sebab bahan ini memerlukan waktu cukup lama untuk dapat terurai baik di udara, air, dan tanah.

Propoxur termasuk racun kelas menengah. Jika terhirup maupun terserap tubuh manusia dapat mengaburkan penglihatan, keringat berlebih, pusing, sakit kepala, dan badan lemah. Propoxur juga dapat menurunkan aktivitas enzim yang berperan pada saraf transmisi, dan berpengaruh buruk pada hati dan reproduksi.

Pyrethroid oleh WHO juga dikelompokkan dalam racun kelas menengah. Efeknya, mengiritasi mata maupun kulit yang sensitif, dan menyebabkan penyakit asma. Sedangkan DEET atau *diethyltoluamid* biasa digunakan sebagai zat aktif pada antinyamuk jenis oles. Efeknya mengiritasi kulit, selain membahayakan kulit yang luka, dan selaput lendir tubuh. Pencegahan yang dapat dilakukan untuk menghindari efek samping dari produk pembasmi serangga, antara lain:

- 1) menggunakan produk pembasmi serangga seperlunya, dan
- 2) tidak menggunakan produk pembasmi serangga aerosol yang mengandung CFC.

## Latihan 5.1

1. Berikan masing-masing tiga contoh produk pembersih, pemutih, pewangi, dan pembasmi serangga serta jelaskan cara menggunakannya!
2. Manakah di antara produk-produk pembasmi serangga yang menurutmu paling aman digunakan, produk pembasmi serangga yang disemprotkan ke seluruh ruangan, produk pembasmi serangga yang dibakar, atau produk pembasmi serangga yang menggunakan listrik? Jelaskan jawabamu!
3. Jelaskan bagaimana sabun dapat menghilangkan kotoran dari badanmu!
4. Jelaskan efek samping penggunaan sabun dan detergen!
5. Sebutkan bahan kimia berbahaya yang terdapat dalam produk pemutih!
6. Jelaskan efek samping dari penggunaan bahan pewangi yang berlebihan! Bagaimana cara mencegahnya?



## B Bahagian Kimia di Bidang Industri, Pertanian, dan Kesehatan

Seiring perkembangan teknologi maka penggunaan bahan kimia juga makin luas. Hampir seluruh bahan kimia tidak dapat digunakan langsung dalam bentuk murninya. Bahan kimia ini harus mengalami proses perubahan di industri kimia sehingga menghasilkan bahan-bahan yang bermanfaat bagi manusia.

### 1. Bahan Kimia di Bidang Industri

Saat ini bahan kimia hampir dipakai dalam setiap bidang kehidupan, termasuk di bidang industri. Industri-industri yang menggunakan bahan kimia antara lain industri semen, cat, dan industri kimia. Nah, tahukah kamu bahan kimia apa saja yang digunakan dalam semen, cat, dan industri kimia?

#### a. Bahan Kimia dalam Semen

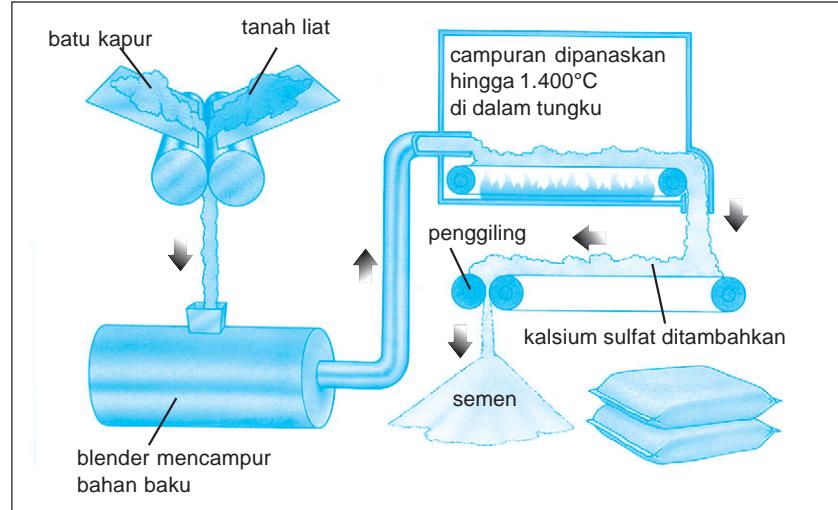
Pertambahan penduduk dari tahun ke tahun terus meningkat. Hal ini menyebabkan kebutuhan manusia akan perumahan juga meningkat. Rumah, gedung sekolah, jembatan, dan pusat pertokoan berkembang di mana-mana. Semua bangunan tersebut dibuat dengan kokoh untuk memberikan kenyamanan bagi setiap orang yang berlindung di dalamnya. Bahan apa yang dipakai untuk membangun sebuah bangunan yang kuat dan kokoh?

Saat ini hampir setiap dinding bangunan terbuat dari batu bata yang direkatkan dengan semen. Tahukah kamu bahan kimia yang ada dalam semen? Perhatikan gambar proses pembuatan semen berikut.



**Gambar 5.13** Dalam proses pembangunan dinding rumah ini, semen digunakan sebagai bahan perekat batu bata agar bangunan menjadi kokoh.

*Sumber:* Dokumen Penerbit



**Gambar 5.14** Proses pembuatan semen.

Sumber: Ensiklopedia IPTEK

## Info Sains

### Semen

Semen telah dikenal sejak zaman dahulu kala. Bahan sejenis semen digunakan oleh bangsa Mesir untuk membuat piramid. Selain itu, bangsa Romawi juga memakai bahan sejenis semen untuk membuat bangunan dan jalan. Bangunan bangsa Romawi yang hingga kini masih berdiri tegak adalah Colosseum. Pada saat itu, semen dibuat dari campuran batuan vulkanik dan batu gamping.

Bahan baku utama untuk membuat semen adalah batu kapur, batu gamping, dan lempung. Adapun bahan baku yang ditambahkan untuk membuat semen adalah bauksit (bijih aluminium), bijih besi, dan pasir. Semua bahan baku tersebut digiling sampai halus, kemudian dicampurkan. Setelah itu, campuran bahan baku semen tersebut dipanaskan dalam sebuah tanur dengan suhu yang tinggi. Setelah didinginkan dan dikeringkan, bahan tersebut digiling halus menjadi semen.

Dalam bahan baku semen tersebut terdapat senyawa kimia trikalsium silikat, dikalsium silikat, kalsium aluminat, dan tetrakalsium aluminofosfat. Selain itu, juga terdapat senyawa kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ), silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ), aluminium oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), dan besi (III) oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

Nah, jika kamu memerhatikan buruh bangunan yang sedang membuat adukan semen, buruh bangunan tersebut mencampurkan semen dengan air dan pasir. Campuran ini dinamakan *mortar* atau adukan.

Semen digunakan sebagai bahan utama untuk membuat bangunan. Semen mempunyai sifat yang mudah merekat dengan pasir dan batu bata serta memiliki sifat yang kuat sehingga mampu menahan tekanan yang tinggi. Mengapa semen memiliki daya rekat yang kuat? Semen yang telah dicampur dengan air, pasir, dan kerikil lambat laun akan mengeras. Daya rekat semen ini disebabkan adanya daya ikat antara ion kalsium, ion silikat, dan molekul air.

## Tugas 5.1

Jika memungkinkan, lakukan kunjungan ke pabrik pembuatan semen yang terdekat. Jika tidak, carilah informasi dari media massa atau internet. Catat bahan-bahan yang diperlukan dalam pembuatan semen serta prosesnya. Tulis hasil pengamatanmu dalam bentuk karya tulis ilmiah.

### b. Bahan Kimia dalam Cat

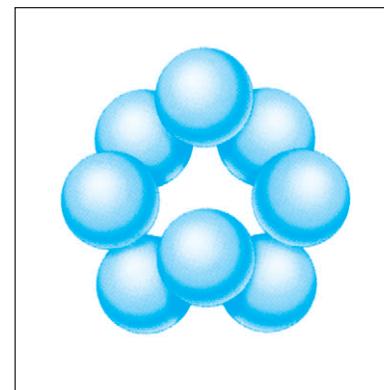
Cat digunakan untuk memperindah ruangan dengan warna-warna yang menarik. Cat yang biasanya sering dipakai adalah cat kayu dan cat tembok. Daya lekat antara cat tembok dan cat kayu berbeda. Cat kayu mempunyai daya rekat yang lebih kuat daripada cat tembok. Nah, tahukah kamu bahan-bahan kimia apa saja yang terdapat dalam cat?

Bahan kimia yang ada dalam cat tembok di antaranya adalah kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ), PVAC (*Poly Vinyl Acrylic*), kaolin, pigmen, dan air. Kalsium karbonat dan titanium dioksida digunakan sebagai bahan baku utama dalam cat tembok. PVAC digunakan sebagai bahan pengental dan perekat. Adapun kaolin digunakan sebagai bahan pengisi dan pigmen sebagai bahan untuk memberikan warna yang diinginkan.

Bahan baku cat kayu hampir sama dengan bahan baku pada cat tembok. Perbedaannya, pada cat kayu ditambahkan lateks (getah karet) dan sebagai pelarutnya digunakan terpentin bukan air. Terpentin digunakan sebagai pelarut karena dapat mlarutkan lateks.

### c. Industri Bahan Kimia

Salah satu bahan kimia yang digunakan di bidang industri, adalah asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Bagaimana cara membuat asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )? Asam sulfat terbuat dari belerang. Belerang yang berbentuk padat dipanaskan sehingga belerang akan bereaksi dengan oksigen membentuk belerang trioksida ( $\text{SO}_3$ ) yang juga berbentuk gas. Senyawa  $\text{SO}_2$  ini dipanaskan kembali hingga membentuk belerang trioksida ( $\text{SO}_3$ ) yang juga berbentuk gas. Gas  $\text{SO}_3$  ini direaksikan dengan air sehingga wujudnya berubah dari gas menjadi cair. Cairan yang terbentuk inilah yang dinamakan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) banyak digunakan dalam dunia industri, seperti industri pembuatan pupuk, industri pengolahan minyak, dan industri pewarnaan tekstil. Asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) banyak digunakan karena harganya yang murah dan merupakan bahan untuk membuat bermacam-macam garam sulfat.



Gambar 5.15 Molekul belerang atau sulfur mengandung delapan atom dalam satu cincin.

Sumber: Dokumen Penerbit

## 2. Bahan Kimia di Bidang Pertanian

Selain di bidang industri, bahan kimia juga sering digunakan di bidang pertanian. Bahan kimia apa saja yang digunakan di bidang pertanian?

Bahan kimia digunakan di bidang pertanian, seperti pada pupuk dan pestisida. Pupuk digunakan untuk menyuburkan tanah sehingga tanaman dapat tumbuh dengan baik, sedangkan pestisida digunakan untuk mencegah dan membasmi hama tanaman.

### a. Bahan Kimia dalam Pupuk

Tahukah kamu unsur hara apa saja yang dibutuhkan tanaman untuk tumbuh dengan subur? Ada sekitar 16 unsur hara yang



Gambar 5.16 Industri penghasil pupuk buatan yang berperan penting dalam meningkatkan produksi pertanian.

Sumber: Dokumen Penerbit

diperlukan oleh tumbuhan agar dapat tumbuh dengan subur. Unsur hara tersebut antara lain unsur karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan belerang (S). Jumlah unsur hara yang tersedia di alam terbatas. Oleh karena itu, para petani membutuhkan unsur hara tambahan yang dapat diperoleh dari pupuk. Ada dua jenis pupuk yang saat ini digunakan, yaitu pupuk alami dan pupuk buatan.

Pupuk alami adalah pupuk yang terbuat dari bahan-bahan alam, seperti dari tumbuhan dan hewan. Contoh pupuk alami, yaitu pupuk kandang dan pupuk kompos. Pupuk kandang adalah pupuk yang diperoleh dari kotoran hewan ternak, seperti kotoran ayam dan kambing. Bahan kimia yang banyak terdapat dalam pupuk kandang di antaranya nitrogen, fosfor, dan kalium. Adapun pupuk kompos adalah pupuk yang diperoleh dari daun-daun yang telah ditimbun dalam tanah dan dicampur dengan kotoran hewan. Saat ini pupuk kompos banyak digunakan untuk menyuburkan tanaman-tanaman hias dalam pot.

Pupuk buatan adalah pupuk yang diperoleh dari hasil olahan industri pupuk. Berikut adalah jenis pupuk buatan.

1) Pupuk yang mengandung unsur nitrogen (N)

Contoh:

- Urea, rumus kimianya  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$
- ZA (*zwavesure ammonia*), rumus kimianya  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

Manfaat unsur hara nitrogen bagi tanaman adalah sebagai berikut.

a) Membuat bagian tanaman menjadi lebih hijau segar karena banyak mengandung butir hijau daun yang penting dalam proses fotosintesa.

b) Mempercepat pertumbuhan.

c) Menambah kandungan protein hasil panen.

2) Pupuk yang mengandung fosfor (P) dan kalsium (Ca)

Contoh:

- TSP (*Triple Superphosphat*), rumus kimianya  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
- SP (*Superphosphat*), rumusnya  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)$

Fosfor berguna dalam pertumbuhan akar dan pemasakan buah. Kekurangan unsur fosfor menyebabkan tanaman kerdil.

3) Pupuk yang mengandung unsur kalium (K)

Contoh: KCl (kalium klorida)

Fungsi kalium adalah membantu pembentukan jaringan tubuh tanaman sehingga meningkatkan daya tahan tanaman terhadap penyakit. Kalium juga membantu tanaman bertahan pada cuaca panas dan hujan.

Selain unsur-unsur di atas, tanaman juga memerlukan unsur-unsur lain meskipun dalam jumlah sedikit, antara lain mangan (Mn), zink (Zn), dan kobalt (Co).

### Info Sains

#### Pembuatan Amoniak

Pupuk ure ( $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ) dibuat dari amoniak ( $\text{NH}_3$ ) dan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ). Darimana amoniak diperoleh? Amoniak dibuat dengan mengubah nitrogen dari udara menjadi amoniak melalui proses Haber.

## b. Bahan Kimia dalam Pestisida

Apakah pestisida itu? Pestisida adalah bahan-bahan racun yang digunakan untuk membunuh makhluk hidup yang mengganggu tumbuhan, ternak dan sebagainya yang diusahakan manusia untuk kesejahteraan hidupnya. Pestisida berasal dari kata *pest* dan *cide*. *Pest* berarti hama, sedangkan *cide* berarti membunuh. Makhluk hidup yang biasanya mengganggu tanaman, antara lain ulat, wereng, tikus, jamur, dan gulma.

Pestisida merupakan bahan racun, maka penggunaanya perlu kehati-hatian. Penyemprotan pestisida perlu memperhatikan keamanan operator (orang yang menyemprotkan pestisida), bahan yang diberi pestisida, dan lingkungan sekitarnya.

Penggolongan pestisida berdasarkan target sasarannya adalah sebagai berikut.

- 1) Insektisida, pestisida yang digunakan untuk membunuh serangga (insekta).
- 2) Fungisida, pestisida yang digunakan untuk membunuh cendawan atau jamur.
- 3) Herbisida, pestisida yang digunakan untuk membunuh gulma atau tumbuhan pengganggu.
- 4) Akarisida, pestisida yang digunakan untuk membunuh tungau dan caplak (acarina).
- 5) Rodentisida, pestisida yang digunakan untuk membunuh binatang penggerat, seperti tikus.
- 6) Nematisida, pestisida yang digunakan untuk membunuh nematoda.

Adapun penggolongan pestisida berdasarkan asal dan sifat kimianya adalah sebagai berikut.

### 1) Pestisida sintetik

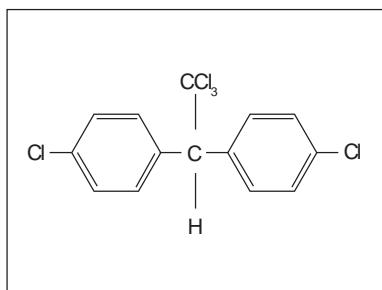
Pestisida sintetik terdiri atas pestisida anorganik dan organik. Pestisida anorganik terdiri atas garam-garam beracun, seperti arsenat, fluorida, tembaga sulfat, dan garam merkuri. Adapun pestisida organik antara lain organoklorin, heterosiklik, organofosfat, karbamat, dinitrofenol, thiosianat, dan sulfonat.

### 2) Pestisida hasil alam, seperti nikotinoida, piretroida, dan rotenoida.

Bagaimana insektisida dapat masuk ke tubuh serangga? Cara insektisida masuk ke dalam tubuh serangga, antara lain:

- 1) melalui dinding badan/kulit,
- 2) melalui mulut dan saluran makanan (racun perut),
- 3) melalui jalan napas (*spirake*) misalnya dengan fumigan.

Bagaimana cara memilih pestisida yang baik? Pestisida yang baik adalah pestisida yang memiliki daya mematikan hama yang tinggi dan aman terhadap manusia terutama operator, juga hewan ternak dan komponen lingkungan lainnya.



**Gambar 5.17** Struktur *Dichloro Diphenyl Trichloroethane* (DDT)

Salah satu jenis insektisida yang pernah digunakan adalah DDT. DDT atau *Dichloro Diphenyl Trichloroethane* adalah insektisida yang pertama kali digunakan secara luas dalam penanggulangan berbagai penyakit yang ditularkan oleh serangga. Akan tetapi, saat ini penggunaan DDT telah dilarang. Molekul DDT merupakan molekul sangat stabil dan tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme di dalam lingkungan. Perhatikan struktur DDT di samping.

Efek keracunan kronis DDT adalah kerusakan sel-sel hati, ginjal, sistem saraf, sistem imunitas, dan sistem reproduksi. Efek keracunan kronis pada unggas sangat jelas antara lain terjadinya penipisan cangkang telur.

Departemen Pertanian RI telah melarang penggunaan DDT di bidang pertanian sedangkan larangan penggunaan DDT di bidang kesehatan dilakukan pada tahun 1995. Komisi Pestisida RI juga sudah tidak memberi perizinan bagi penggunaan pestisida golongan hidrokarbon-berklor (*chlorinated hydrocarbons*) atau organoklorin (golongan insektisida termasuk DDT).

### Tugas 5.3

Carilah informasi mengenai dampak negatif dari penggunaan pestisida yang berlebihan atau tidak sesuai aturan pemakaian melalui buku-buku di perpustakaan atau internet. Tuliskan hasilnya dalam bentuk karya tulis dan bacakan hasilnya di depan kelas untuk didiskusikan.

### 3. Bahan Kimia di Bidang Kesehatan

Bahan kimia sangat erat kaitannya dengan kesehatan. Pemanfaatan bahan kimia dalam bidang kesehatan antara lain obat-obatan dan zat radioaktif.

#### a. Bahan Kimia dalam Obat-obatan

Bahan kimia apa saja yang terdapat dalam obat-obatan? Lakukanlah kegiatan berikut untuk mencari tahu kandungan bahan kimia dalam obat influenza (flu).

### Kegiatan 5.6

#### Bahan Kimia dalam Obat Flu

##### Tujuan:

Mengetahui bahan kimia dalam obat flu.

##### Cara kerja:

1. Kumpulkanlah kemasan obat flu yang biasa dijual di sekitar rumah atau sekolahmu.
2. Perhatikan bungkusnya, kemudian catatlah bahan yang tertulis dalam bungkus obat tersebut. Tulislah hasil pengamatamu pada tabel yang telah kamu buat dalam buku tugasmu seperti tabel berikut.

Tabel 5.5 Kandungan obat flu

| Nama Obat | Komposisi | Indikasi | Efek Samping |
|-----------|-----------|----------|--------------|
|           |           |          |              |

Dari Kegiatan 5.6 kamu dapat mengetahui komposisi yang ada di dalam obat flu. Biasanya komposisi obat flu terdiri atas analgesik, antipiretik, dekongestan, dan obat alergi.

Apakah analgesik itu? *Analgesik* adalah obat untuk menghilangkan rasa nyeri, seperti sakit kepala, sakit gigi, dan nyeri tulang atau otot. Obat-obatan yang termasuk analgesik, di antaranya asetaminofen atau parasetamol, kafein, dan asetosal (aspirin).

Obat *antipiretik* merupakan obat untuk menurunkan panas atau demam. Adapun obat *dekongestan* digunakan untuk membantu melegakan saluran hidung sehingga tidak tersumbat dan obat antialergi digunakan untuk membantu menghilangkan gatal-gatal di hidung.

Golongan obat analgesik dan antipiretik dapat menimbulkan kantuk. Kedua obat ini bekerja dengan menekan sistem saraf pusat.

#### b. Bahan Kimia dalam Zat Radioaktif

Apakah zat radioaktif itu? *Zat radioaktif* adalah zat yang dapat memancarkan sinar-sinar radioaktif. Sinar radioaktif terdiri atas sinar alfa, beta, dan gamma. Zat radioaktif dalam dunia kedokteran digunakan untuk mendeteksi organ tubuh yang sakit. Selain itu, zat radioaktif juga dapat digunakan untuk merusak sel-sel yang tidak diinginkan, seperti sel-sel kanker.

Zat radioaktif yang biasa digunakan dalam bidang kesehatan antara lain iodin-131, kobalt-60, dan fosfor-32. Pemakaian iodin-131 kini telah terdesak oleh Tc-99. Hal ini karena sifat Tc-99 yang ideal dari segi proteksi radiasi dan pembentukan citra, dapat diperoleh dengan mudah dan harganya relatif murah. Namun demikian, I-131 masih sangat diperlukan untuk diagnosa dan terapi, khususnya kanker kelenjar tiroid.

#### Latihan 5.2

1. Mengapa semen mempunyai daya rekat yang sangat kuat?
2. Jelaskan manfaat bahan kimia seperti asam sulfat dalam bidang industri!
3. Jelaskan manfaat belerang dalam bidang industri!
4. Jelaskan unsur-unsur hara yang diperlukan oleh tumbuhan agar dapat tumbuh dengan baik!

- Jelaskan manfaat pemberian pupuk urea pada tanaman!
- Sebutkan jenis-jenis pestisida berdasarkan target sasarannya!
- Apakah kandungan bahan kimia yang biasa terdapat dalam obat batuk?
- Apakah fungsi analgesik dan antipiretik itu?
- Sebutkan zat-zat radioaktif yang biasa digunakan dalam dunia kedokteran, dan jelaskan fungsinya!
- Apakah penggunaan zat radioaktif dalam dunia kedokteran tidak ada efek sampingnya? Jelaskan pendapatmu!



## Bahan Kimia dalam Bahan Makanan

Saat ini, makanan dibuat sedemikian rupa agar terasa lezat, terlihat menarik, dan tahan lama. Untuk mencapai tujuan tersebut, pada makanan ditambahkan berbagai bahan kimia yang dinamakan zat aditif. Apakah yang dimaksud zat aditif dan apa saja yang termasuk zat aditif?

*Zat aditif* adalah bahan kimia yang dicampurkan ke dalam makanan yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas makanan, menambahkan kelezatan, dan mengawetkan makanan. Penggunaan zat aditif sebenarnya sudah dimulai sejak ribuan tahun yang lalu. Nenek moyang kita telah menggunakan garam untuk mengawetkan daging dan ikan, serta rempah-rempah untuk melezatkan makanan. Zat aditif yang digunakan sebagai pewarna telah digunakan untuk memberi warna kuning pada mentega sejak abad ke-14. Penduduk Asia juga sudah menggunakan sejenis bahan penyedap seperti *monosodium glutamat* (MSG) atau biasa disebut vetsin.

Di zaman modern seperti sekarang ini, bahan tambahan makanan digunakan dalam skala yang makin luas. Luasnya penggunaan bahan tambahan makanan dapat dilihat dari pengelompokannya seperti diatur dalam peraturan Menkes nomor 235 (1979). Dalam peraturan Menkes tersebut, disebutkan bahwa berdasarkan fungsinya, bahan tambahan makanan (zat aditif) dikelompokkan menjadi 14, di antaranya, yaitu: antioksidan dan antioksidan sinergis, pengasam, penetrat, pemanis buatan, pemutih dan pematang, penambah gizi, pengawet, pengemulsi (pencampur), pemantap dan pengental, pengeras, pewarna alami dan sintetis, penyedap rasa dan aroma, dan lainnya.

Nah, pernahkah kamu memerhatikan label komposisi bahan pada makanan kemasan? Komposisi adalah semua bahan baku pembuat makanan kemasan, termasuk zat aditif yang digunakan dalam pembuatan atau persiapan pangan dalam kemasan. Bahan aditif yang mesti dicantumkan dalam kandungan isi meliputi bahan buatan atau alami yang ditambahkan untuk memperbaiki penampilan, bau, rasa, konsistensi atau lama penyimpanannya.



**Gambar 5.18** Kue ditambahkan bahan kimia tambahan untuk menambah cita rasa dan agar lebih menarik.

**Sumber:** Dokumen Penerbit

Biasanya, bahan aditif diberi kode huruf E (Eropa) dan diikuti dengan tiga angka. Misalnya, E 100 sebagai kode pewarna, E 200 kode konsevator, E 300 kode antioksida, dan E 400 kode pengemulsi atau stabilisator. Contoh bahan aditif itu adalah E 200 asam sorbat, E 201 Na sorbat, E 300 asam askorbat, E 311 oktil gallat, E 320 butil hidroksilanisol (BHA), dan E 321 butilhidroksil toluena (BHT).

Berdasarkan asalnya, bahan aditif pada makanan dibedakan menjadi dua, yaitu alami dan buatan.

## 1. Bahan Kimia Tambahan Alami pada Makanan

Sejak dulu nenek moyang kita sudah menggunakan bahan tambahan untuk memberi warna, pemanis, pengawet, dan penyedap. Nah, bahan kimia tambahan alami apa saja yang digunakan dalam makanan?

### a. Bahan Pewarna Alami

Pernahkah kamu makan nasi kuning? Dari mana asalnya warna kuning pada nasi kuning? Warna kuning itu berasal dari bumbu masakan yang disebut kunyit.

Bahan pewarna alami lain yang juga sering digunakan, antara lain seperti berikut.

- 1) daun pandan dan daun suji untuk menghasilkan warna hijau;
- 2) gula merah dan karamel untuk menghasilkan warna cokelat;
- 3) cabai, tomat, dan paprika untuk menghasilkan warna merah.

Pewarna alami lebih aman dikonsumsi tetapi macamnya terbatas, dan sulit untuk memperolehnya dalam jumlah besar sehingga industri makanan lebih senang menggunakan pewarna sintetis.

### b. Bahan Pemanis Alami

Jika kamu ingin membuat air teh yang manis, bahan apa yang ditambahkan ke dalam air teh? Kamu pasti akan menambahkan gula pasir. Gula pasir merupakan salah satu contoh bahan pemanis alami yang sering digunakan dalam rumah tangga.

Terbuat dari apakah gula pasir dan gula merah itu? Gula pasir diolah dari tanaman tebu, sedangkan gula merah diolah dari pohon kelapa atau aren.

Zat pemanis alami yang biasa digunakan, dibedakan menjadi dua, yaitu sebagai berikut.

#### 1) Pemanis nutritif

*Pemanis nutritif* adalah pemanis alami yang menghasilkan kalori. Pemanis nutritif berasal dari tanaman (sukrosa/gula tebu, gula bit, xylitol dan fruktosa), dari hewan (laktosa, madu), dan dari hasil penguraian karbohidrat (sirop glukosa, dekstrosa, sorbitol).

Kelebihan pemanis ini dapat mengakibatkan obesitas, karena kandungan kalorinya yang tinggi.



Gambar 5.19 Nasi kuning menggunakan pewarna kunyit.

Sumber: Dokumen Penerbit

## Info Sains

### Pasteurisasi

Louis Pasteur (1822-1895) menyimpulkan bahwa mikroba dapat dibunuh melalui pemanasan. Prinsip ini digunakan untuk pengawetan susu, yang disebut pasteurisasi yaitu pemanasan berulang-ulang. Susu dipanaskan dengan suhu yang tidak terlalu tinggi yaitu 70°C kemudian didinginkan dan setelah itu dipanaskan kembali. Hal ini dilakukan berulang-ulang. Tujuan pasteurisasi adalah membunuh bakteri patogen tetapi membiarkan bakteri yang tidak berbahaya tetap hidup.

### 2) Pemanis nonnutritif

*Pemanis nonnutritif* adalah pemanis alami yang tidak menghasilkan kalori. Pemanis nonnutritif berasal dari tanaman (steviosida), dan dari kelompok protein (miralin, monellin, thaumatin).

### c. Bahan Pengawet Alami

Bahan pengawet alami yang sering digunakan adalah garam, cuka, dan gula. Bahan pengawet alami ini digunakan untuk mengawetkan makanan agar selalu berada dalam kondisi baik. Metode pengawetan menggunakan garam dapur ( $\text{NaCl}$ ) telah dilakukan masyarakat luas selama bertahun-tahun. Larutan garam yang masuk ke dalam jaringan diyakini mampu menghambat pertumbuhan aktivitas bakteri penyebab busuk, sehingga makanan tersebut jadi lebih awet. Pengawetan dengan garam ini memungkinkan daya simpan yang lebih lama dibanding dengan produk segarnya yang hanya bisa bertahan beberapa hari atau jam saja. Contoh ikan yang hanya tahan beberapa hari, bila diasinkan dapat awet selama berminggu-minggu. Tentu saja prosedur pengawetan ini perlu mendapat perhatian karena konsumsi garam secara berlebihan dapat memicu penyakit darah tinggi. Selain itu, garam digunakan untuk membuat telur asin dan ikan asin. Cuka digunakan agar sayuran dapat bertahan lama. Gula digunakan dalam pembuatan kecap yang berfungsi sebagai bahan pengawet.

Selain dengan penambahan bahan pengawet, untuk mengawetkan makanan dapat dilakukan dengan pemanasan, pengeringan, pembekuan, pengalengan, dan irradiasi dengan sinar ultraviolet atau sinar gamma.

### d. Bahan Penyedap Alami

Bahan penyedap alami yang sering digunakan untuk menimbulkan rasa gurih pada makanan, antara lain santan kelapa, susu sapi, dan kacang-kacangan. Selain itu, bahan penyedap lainnya yang biasa digunakan sebagai bumbu masakan, antara lain lengkuas, ketumbar, cabai, kayu manis, dan pala.

Tujuan ditambahkannya penyedap adalah meningkatkan cita rasa makanan, mengembalikan cita rasa makanan yang mungkin hilang saat pemrosesan dan memberi cita rasa tertentu pada makanan.

## Tugas 5.4

Carilah informasi mengenai bahan-bahan alam yang dapat dijadikan sebagai bahan tambahan pewarna, pemanis, pengawet, dan penyedap makanan atau minuman yang dapat dibuat dalam skala besar dan biaya murah sehingga dapat digunakan dalam industri makanan atau minuman.

## 2. Bahan Kimia Tambahan Buatan pada Makanan

Sama halnya seperti bahan kimia tambahan alami, bahan kimia tambahan buatan dapat juga digolongkan menjadi pewarna, pemanis, pengawet, dan penyedap bahan makanan kemasan. Nah, apa saja yang termasuk bahan kimia buatan yang tergolong sebagai pewarna, pemanis, pengawet, dan penyedap?

### a. Bahan Pewarna Buatan

Pernahkah kamu melihat makanan dengan tampilan warna yang sangat menarik? Agar makanan terlihat menarik, para produsen makanan biasanya menambahkan bahan pewarna. Nah, bahan pewarna buatan apa saja yang biasa digunakan dalam makanan?

Bahan pewarna yang masih diperbolehkan untuk dipakai yaitu *amarant* (pewarna merah), *tartrazine* (pewarna kuning), *erythrosine* (pewarna merah), *fast green FCF* (pewarna hijau), *sunset yellow* (pewarna kuning), dan *brilliant blue* (pewarna biru).

Meskipun bahan pewarna tersebut diizinkan, kamu harus selalu berhati-hati dalam memilih makanan yang menggunakan bahan pewarna buatan karena penggunaan yang berlebihan tidak baik bagi kesehatanmu.

Penggunaan *tartrazine* yang berlebihan dapat menyebabkan reaksi alergi, asma, dan hiperaktif pada anak. Penggunaan *erythrosine* yang berlebihan dapat menyebabkan reaksi alergi pada pernapasan, hiperaktif pada anak, tumor tiroid pada tikus, dan efek kurang baik pada otak dan perilaku. Penggunaan *Fast Green FCF* secara berlebihan dapat menyebabkan reaksi alergi dan produksi tumor. Adapun penggunaan *sunset yellow* yang berlebihan dapat menyebabkan radang selaput lendir pada hidung, sakit pinggang, muntah-muntah, dan gangguan pencernaan.

Selain itu, terdapat beberapa bahan tambahan makanan yang dilarang penggunaannya untuk pangan meskipun saat ini masih banyak digunakan. Misalnya, formalin, boraks, rhodamin-B (pewarna merah), dan *methanil yellow* (pewarna kuning). Pewarna ini tergolong pewarna sintetis. Khusus untuk *methanil yellow* dan rhodamin-B hanya diperbolehkan untuk pewarna barang hasil industri seperti plastik, tekstil, kertas, keramik, ubin, dan sebagainya. Zat pewarna sintetis ini bersifat racun jika digunakan dalam pewarna makanan dan dapat memicu pertumbuhan zat karsinogenik yang menyebabkan munculnya penyakit kanker.

Oleh karena itu, kamu harus berhati-hati dalam memilih makanan yang mempunyai warna sangat menarik karena ada oknum pedagang yang masih menggunakan pewarna tekstil untuk membuat makanan. Jadi jangan hanya tertarik pada warnanya tetapi ingatlah dampak negatifnya.

### b. Bahan Pemanis Buatan

Pemanis buatan adalah bahan tambahan makanan buatan yang ditambahkan pada makanan atau minuman untuk menciptakan rasa manis. Bahan pemanis buatan ini sama



Gambar 5.20 Makanan yang diberi bahan tambahan pewarna buatan.

Sumber: Dokumen Penerbit

### Info Sains

#### Pembuatan Terasi

Sebagian masyarakat kita menyukai sambal terasi. Bahan baku terasi adalah udang rebon dan ikan petet. Agar terasi menarik, produsen menambahkan pewarna. Terasi biasanya berwarna merah dan sebenarnya warna aslinya seperti tanah, cokelat kehitaman. Pewarna untuk terasi yang biasa adalah anci yang biasa digunakan sebagai pewarna kue. Tetapi akhir-akhir ini, ditemukan terasi dengan warna merah yang lebih mencolok. Ternyata produsen terasi tersebut menggunakan pewarna rhodamine-B, yang sebenarnya sebagai pewarna tekstil dan kertas.

Rhodamine-B sangat berbahaya jika dikonsumsi dalam jangka panjang, karena memicu kanker. Rhodamine-B tidak bisa larut dan dicerna tubuh.

Sumber: Kompas, 9 November 2005 dengan pengubahan seperlunya.

sekali tidak mempunyai nilai gizi. Contoh pemanis buatan antara lain sakarin, siklamat dan aspartam. Sakarin atau "biang gula" memiliki tingkat kemanisan 350 – 500 kali gula alami.

Pemanis buatan direkomendasikan untuk diet bagi penderita diabetes atau penyakit gula, karena mereka memerlukan diet rendah kalori. Pemanis ini tidak boleh digunakan untuk orang yang sehat. Sakarin ditemukan pada tahun 1879, mulai umum digunakan pada tahun 1950 dan 1960 yang dikombinasikan dengan siklamat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan sakarin dan siklamat dapat mengakibatkan tumor kantung kemih pada binatang percobaan.

Sebaliknya di Indonesia, banyak makanan dan minuman yang ditambah sakarin dan siklamat karena harganya yang jauh lebih murah dari harga gula. Namun penggunaan sakarin sekarang diganti dengan aspartam yang memiliki tingkat kemanisan 180 kali gula tebu. Aspartam ditemukan pada tahun 1981. Aspartam banyak digunakan sebagai pemanis dalam permen dan berbagai jenis makanan olahan. Tahun 1998, FDA (*Food and Drug Administrasision*) menyetujui penggunaan pemanis baru yaitu sukralose yang memiliki tingkat kemanisan 600 kali gula, molekul pemanis ini tidak diserap oleh tubuh. Makanan olahan yang biasa menggunakan pemanis buatan antara lain sirop, es mambo, kue atau roti.

### c. Bahan Pengawet Buatan

Menurutmu adakah makanan dalam kemasan tanpa menggunakan bahan pengawet? Pada zaman modern ini rasanya hal itu tidak mungkin karena zaman sekarang ini menuntut penyajian yang serba cepat dan tahan lama. Oleh sebab itu, hampir setiap hari perut kita tidak pernah absen menerima pasokan makanan yang mengandung pengawet. Sesuai SK Menkes RI No.722 tahun 1988 tentang Bahan Tambahan Makanan, yang dimaksud bahan pengawet adalah bahan tambahan makanan yang mencegah atau menghambat fermentasi, pengasaman, atau peruraian lain terhadap makanan yang disebabkan oleh mikroorganisme. Menurut FDA, keamanan suatu pengawet makanan harus mempertimbangkan jumlah yang mungkin dikonsumsi dalam produk makanan atau jumlah zat yang akan terbentuk dalam makanan dari penggunaan pengawet, efek akumulasi dari pengawet dalam makanan dan potensi toksitas yang dapat terjadi (termasuk menyebabkan kanker) dari pengawet jika dicerna oleh manusia atau hewan. Pengawet juga tidak boleh digunakan untuk mengelabui konsumen dengan mengubah tampilan makanan dari seharusnya, contohnya pengawet yang mengandung sulfit dilarang digunakan pada daging karena zat tersebut dapat menyebabkan warna merah pada daging

## Info Sains

### Dampak negatif timbal

Jajanan di pinggir jalan yang tidak ditutup atau dikemas secara aman, kemungkinan besar tercemar timbal (Pb). Pb dapat mengakibatkan idiot, infertilitas, keguguran, kelumpuhan, kram perut, sembelit, mual, muntah-muntah, sakit kepala, bingung, pikiran kacau, sering pingsan, gagal ginjal, kaku, kelemahan, tidak ingin bermain, peka terhadap rangsangan, dan sulit berbicara.

Sumber: MyQuran.com

sehingga tidak dapat diketahui dengan pasti apakah daging tersebut merupakan daging segar atau bukan.

Pengawet sebenarnya dibutuhkan untuk mencegah aktivitas mikroorganisme ataupun mencegah proses peluruhan yang terjadi sesuai dengan pertambahan waktu, untuk menjaga kualitas yang memadai sebagaimana yang diinginkan. Namun kita harus tetap mempertimbangkan keamanannya.

Di masyarakat kita sekarang ini, penggunaan pengawet yang tidak sesuai masih sering terjadi dan sudah sedemikian luas penggunaannya sehingga tidak lagi mengindahkan dampaknya terhadap kesehatan konsumen.

Mengapa bahan pengawet ditambahkan ke dalam makanan kemasan? Penambahan bahan pengawet dimaksudkan untuk mempertahankan makanan terhadap serangan bakteri, ragi dan jamur. Dengan pengawetan ini, makanan bisa tahan berhari-hari, bahkan berbulan-bulan sehingga dapat menguntungkan produsen atau pedagang.

Alasan lain menggunakan bahan pengawet karena beberapa zat pengawet berfungsi sebagai penambah daya tarik makanan itu sendiri. Misalnya, penambahan kalium nitrit agar olahan daging tampak berwarna merah segar. Tampilan yang menarik biasanya membuat pembeli tertarik untuk membelinya.

Secara garis besar zat pengawet dibedakan menjadi tiga macam, yaitu:

- 1) GRAS (*Generally Recognized as Safe*) yang umumnya bersifat alami, sehingga aman dan tidak berefek racun sama sekali.
- 2) ADI (*Acceptable Daily Intake*), yang selalu ditetapkan batas penggunaan harinya (*daily intake*) guna melindungi kesehatan konsumen.
- 3) Zat pengawet yang memang tidak layak dikonsumsi atau berbahaya seperti boraks, formalin, dan rhodamin-B. Formalin tidak boleh digunakan karena dapat menyebabkan kanker paru-paru dan gangguan pada alat pencernaan dan jantung. Adapun penggunaan boraks sebagai pengawet makanan dapat menyebabkan gangguan pada otak, hati, dan kulit.

Beberapa bahan pengawet diperbolehkan untuk dipakai, namun kurang aman jika digunakan secara berlebihan. Bahan-bahan pengawet tersebut, antara lain sebagai berikut.

#### 1) Kalsium Benzoat

Bahan pengawet ini dapat menghambat pertumbuhan bakteri penghasil toksin (racun), bakteri spora, dan bakteri bukan pembusuk. Senyawa ini dapat memengaruhi rasa. Bahan makanan atau minuman yang diberi benzoat dapat memberikan kesan aroma fenol, yaitu seperti aroma obat cair. Kalsium benzoat digunakan untuk mengawetkan minuman ringan, minuman anggur, saus sari buah, sirup, dan ikan asin. Bahan ini bisa menyebabkan dampak negatif pada penderita asma



**Gambar 5.21** Daging diawetkan dengan kalium nitrit sehingga daging tampak berwarna merah segar.

Sumber: Dokumen Penerbit



**Gambar 5.22** Senyawa benzoat merupakan contoh bahan pengawet untuk makanan.

Sumber: Dokumen Penerbit

dan bagi orang yang peka terhadap aspirin. Kalsium benzoat bisa memicu terjadinya serangan asma.

2) Sulfur Dioksida ( $\text{SO}_2$ )

Bahan pengawet ini juga banyak ditambahkan pada sari buah, buah kering, kacang kering, sirop, dan acar. Meskipun bermanfaat, penambahan bahan pengawet tersebut berisiko menyebabkan perlukaan lambung, mempercepat serangan asma, mutasi genetik, kanker, dan alergi.

3) Kalium Nitrit

Kalium nitrit berwarna putih atau kuning dan kelarutannya tinggi dalam air. Bahan ini dapat menghambat pertumbuhan bakteri pada daging dan ikan dalam waktu yang singkat. Kalium nitrit sering digunakan pada daging yang telah dilakukan untuk mempertahankan warna merah agar tampak selalu segar, semisal daging kornet. Penggunaan yang berlebihan, bisa menyebabkan keracunan. Selain memengaruhi kemampuan sel darah membawa oksigen ke berbagai organ tubuh, juga menyebabkan kesulitan bernapas, sakit kepala, anemia, radang ginjal, dan muntah-muntah.

4) Kalsium Propionat/Natrium Propionat

Keduanya termasuk dalam golongan asam propionat, sering digunakan untuk mencegah tumbuhnya jamur atau kapang. Bahan pengawet ini biasanya digunakan untuk produk roti dan tepung. Penggunaan yang berlebihan bisa menyebabkan migrain, kelelahan, dan kesulitan tidur.

5) Natrium Metasulfat

Sama dengan kalsium dan natrium propionat, natrium metasulfat juga sering digunakan pada produk roti dan tepung. Bahan pengawet ini diduga bisa menyebabkan alergi pada kulit.

6) Asam Sorbat

Beberapa produk beraroma jeruk, berbahan keju, salad, buah, dan produk minuman kerap ditambahkan asam sorbat. Meskipun aman dalam konsentrasi tinggi, asam ini bisa membuat perlukaan di kulit.

Berdasarkan Permenkes No.722/88 terdapat 25 jenis pengawet yang diizinkan untuk digunakan dalam makanan. Meskipun termasuk kategori aman, hendaknya bahan pengawet tersebut harus digunakan dengan dosis di bawah ambang batas yang telah ditentukan. Perhatikan daftar bahan pengawet yang diizinkan untuk digunakan dalam makanan pada tabel berikut.

Tabel 5.6 Bahan pengawet yang diizinkan untuk digunakan dalam makanan.

| No. | Bahan Pengawet                  | No. | Bahan Pengawet                     |
|-----|---------------------------------|-----|------------------------------------|
| 1.  | asam benzoat                    | 14. | kalsium sorbat                     |
| 2.  | asam propionat                  | 15. | kalsium benzoat                    |
| 3.  | asam sorbat                     | 16. | natrium benzoat                    |
| 4.  | sulfur dioksida                 | 17. | metil- <i>p</i> -hidroksi benzoat  |
| 5.  | etil <i>p</i> -hidroksi benzoat | 18. | natrium sulfit                     |
| 6.  | kalium benzoat                  | 19. | natrium bisulfit                   |
| 7.  | kalium sulfit                   | 20. | natrium metabisulfit               |
| 8.  | kalium bisulfit                 | 21. | natrium nitrat                     |
| 9.  | kalium nitrat                   | 22. | natrium nitrit                     |
| 10. | kalium nitrit                   | 23. | natrium propionat                  |
| 11. | kalium propionat                | 24. | nisin                              |
| 12. | kalium sorbat                   | 25. | propil- <i>p</i> -hidroksi benzoat |
| 13. | kalsium propionat               |     |                                    |

Adapun bahan-bahan pengawet yang tidak aman dan berbahaya bagi kesehatan, antara lain sebagai berikut.

1) Natamysin

Bahan ini biasa digunakan pada produk daging dan keju. Bahan ini bisa menyebabkan mual, muntah, tidak nafsu makan, diare, dan perlukaan kulit.

2) Kalium Asetat

Makanan yang asam umumnya ditambahkan bahan pengawet ini. Padahal bahan pengawet ini diduga bisa menyebabkan rusaknya fungsi ginjal.

3) Butil Hidroksi Anisol (BHA)

Biasanya terdapat pada daging babi dan sosisnya, minyak sayur, *shortening*, keripik Kentang, pizza, dan teh instan. Bahan pengawet jenis ini diduga bisa menyebabkan penyakit hati dan memicu kanker.

d. Bahan Penyedap Buatan

Zat penyedap buatan dibedakan menjadi dua macam, yaitu zat penyedap aroma dan zat penyedap rasa. Zat penyedap aroma buatan terdiri dari senyawa golongan ester, antara lain oktil asetat (aroma buah jeruk), iso amil asetat (aroma buah pisang), dan iso amil valerat (aroma buah apel). Zat penyedap rasa yang banyak digunakan adalah *monosodium glutamate* (MSG) atau lebih populer dengan nama vetsin dengan berbagai merek yang beredar di pasar.

Berdasarkan Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) tahun 1987, MSG dimasukkan ke dalam kategori *Acceptable Daily Intake (ADI) not specified*, artinya MSG dapat digunakan secukupnya yang diatur sesuai dengan cara produksi pangan yang baik. Jumlah bahan tambahan makanan ini dikonversikan per kg berat badan



**Gambar 5.23** Beberapa jenis bahan penyedap aroma untuk makanan dan minuman.

Sumber: Dokumen Penerbit

yang juga dikonsumsi setiap hari seumur hidup tidak akan memberikan risiko bagi kesehatan. Meskipun demikian, MSG tidak diperkenankan untuk dikonsumsi kepada bayi berumur kurang dari 12 minggu (3 bulan).

Bagi orang yang alergi atau tidak tahan MSG, maka makanan yang dikonsumsi mengandung MSG dapat menyebabkan penyakit "Restoran Cina" (*Chinese Restaurant Syndrome*). Gejala penyakit ini adalah 20 – 30 menit setelah makan makanan yang dibubuh MSG yang berlebihan, maka akan timbul rasa mual, haus, pegal-pegal pada tengkuk, sakit dada, dan sesak napas. Akibat lainnya adalah penyakit kanker.

### Latihan 5.3

1. Jelaskan tujuan penambahan bahan pengawet dalam kue!
2. Sebutkan bahan-bahan penyedap alami!
3. Jelaskan dampak negatif dari mengonsumsi penyedap buatan (MSG) yang berlebihan!
4. Apakah yang dimaksud dengan bahan pewarna buatan? Berikan contohnya!
5. Jelaskan pendapatmu mengenai banyaknya jajanan di sekitar kita yang mengandung bahan kimia tambahan buatan!



## D Zat Adiktif dan Psikotropika

Tahukah kamu bahwa zat adiktif dan psikotropika tergolong narkoba? Narkoba (singkatan dari narkotika, psikotropika, dan bahan adiktif berbahaya lainnya) adalah bahan/zat yang jika dimasukkan dalam tubuh manusia, baik secara oral/diminum, dihirup, maupun disuntikkan, dapat mengubah pikiran, suasana hati atau perasaan, dan perilaku seseorang. Narkoba dapat menimbulkan ketergantungan (adiksi) fisik dan psikologis.

Narkotika dalam bahasa Yunani disebut *narkose* yang artinya beku, lumpuh, dan dungu. Narkotika berasal dari bahasa Inggris yaitu *narcotics* yang berarti obat bius.

*Narkotika* adalah zat atau obat yang berasal dari tanaman atau bukan tanaman, baik sintetis maupun semi sintetis yang dapat menyebabkan penurunan atau perubahan kesadaran, hilangnya rasa nyeri dan dapat menimbulkan ketergantungan (Undang-Undang No. 22 tahun 1997). Yang termasuk jenis narkotika adalah tanaman papaver, opium mentah, opium masak (candu, jicing, jicingko), opium, morfin, kokain, ekgonin, tanaman ganja, dan damar ganja.

*Zat adiktif* adalah bahan-bahan alamiah, semi sintetis maupun sintetis yang dapat menimbulkan ketagihan dan ketergantungan bagi pemakainya. Zat adiktif ini biasa dipakai sebagai pengganti morfin atau kokain yang dapat mengganggu

sistem saraf pusat. Kelompok yang termasuk zat adiktif ini antara lain rokok, minuman keras, serta alkohol yang mengandung etil etanol, inhalen/sniffing (bahan pelarut) berupa zat organik (karbon) yang menghasilkan efek yang sama dengan yang dihasilkan oleh minuman yang beralkohol atau obat anaestetik jika aromanya dihisap, seperti lem/perekat, aseton, dan eter.

Zat psikotropika adalah zat atau obat, baik alamiah maupun sintetis bukan narkotika, yang berkhasiat psikoaktif melalui pengaruh selektif pada susunan saraf pusat yang menyebabkan perubahan pada aktivitas mental dan perilaku (Undang-Undang No. 5/1997). Zat yang termasuk psikotropika antara lain sedatin (Pil BK), rohypnol, magadon, valium, mandarax, amfetamin, fensiklidin, metakualon, metifenidat, fenobarbital, flunitra-zepam, ekstasi, shabu-shabu, dan LSD (*Lycergic Alis Diethyl-amide*).

## 1. Dampak Negatif

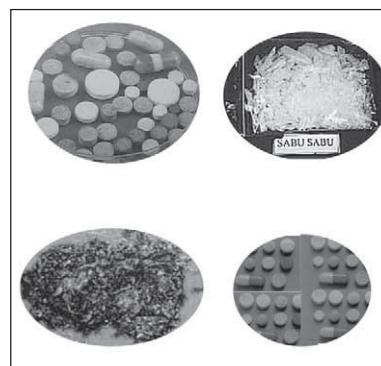
Dalam lima tahun terakhir ini, penyalahgunaan zat adiktif dan psikotropika telah banyak memakan korban. Kebanyakan korban penyalahgunaan zat adiktif dan psikotropika ini adalah usia remaja, yaitu usia 15 – 19 tahun. Hal ini terjadi karena kekurangpahaman para remaja tentang dampak negatif penyalahgunaan zat adiktif dan psikotropika. Nah, agar kamu dapat melindungi diri dari penyalahgunaan zat adiktif dan psikotropika pelajarilah uraian berikut dengan baik.

### a. Dampak Negatif Asap Rokok

Tahukah kamu, zat-zat apa saja yang terdapat pada rokok sehingga asap rokok dapat membahayakan orang yang menghisapnya? Asap rokok mengandung sekitar 3.800 zat kimia. Sekitar 40 zat kimia di antaranya termasuk senyawa racun dan karsinogenik atau pemicu kanker. Bahan-bahan kimia yang terdapat dalam rokok, antara lain nikotin, karbon monoksida, senyawa kimia dalam tar, senyawa golongan alkohol, dan senyawa golongan amina.

Nikotin merupakan zat insektisida yang berbahaya. Pada sebatang rokok terdapat kadar nikotin antara 8 mg hingga 12 mg. Penggunaan nikotin pada dosis rendah menyebabkan tekanan darah naik, sakit kepala, meningkatkan sekresi getah lambung yang menyebabkan sakit maag, muntah-muntah, dan diare. Penggunaan nikotin pada dosis tinggi menyebabkan keracunan, kejang-kejang, kesulitan bernapas, dan berhentinya kerja jantung. Nikotin merupakan zat kimia perangsang yang dapat merusak jantung dan sirkulasi darah dan membuat pemakai nikotin menjadi kecanduan.

Karbon monoksida (CO) merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau yang dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna senyawa karbon. Merokok merupakan salah satu contoh pembakaran tidak sempurna yang menghasilkan asap putih (partikel karbon) dan karbon monoksida.



**Gambar 5.24** Contoh zat-zat adiktif dan psikotropika, yaitu ekstasi, shabu-shabu, ganja, dan inex.

**Sumber:** Dokumen Penerbit

Hemoglobin lebih mudah mengikat karbon monoksida daripada oksigen. Hal ini mengakibatkan jantung bekerja lebih keras agar darah mampu mengikat oksigen. Keracunan karbon monoksida dapat menyebabkan kematian. Jika ibu hamil mengisap asap rokok dapat mengganggu perkembangan janinnya bahkan bisa menimbulkan cacat.

Selain itu tar pada rokok dapat merusak sel paru-paru, meningkatkan produksi dahak/lendir di paru-paru dan menyebabkan kanker paru-paru. Berdasarkan penelitian, dapat dipastikan bahwa merokok dapat menyebabkan:

- 1) kanker saluran pernapasan, dan paru-paru,
- 2) penyempitan pembuluh darah,
- 3) penyakit jantung koroner,
- 4) naiknya kadar gula (sakit diabetes),
- 5) kerusakan sel reproduksi pria dan wanita sehingga menyebabkan impotensi dan kemandulan,
- 6) naiknya kadar lemak, dan
- 7) meningkatkan jumlah bayi yang lahir prematur.

Asap rokok tidak hanya berbahaya bagi perokoknya tetapi juga berbahaya bagi orang di sekitarnya yang secara tidak langsung ikut menghisap (perokok pasif). Risiko asap rokok bagi perokok antara lain perokok pasif dewasa dapat terkena kanker paru-paru, bayi yang dikandung oleh ibu perokok pasif berpotensi mempunyai kelainan, dan anak-anak dari perokok lebih rentan terhadap infeksi saluran pernapasan. Oleh karena itu, bagi yang bukan perokok disarankan menghindari keinginan untuk mencoba merokok, berani (tidak malu) menyatakan keberatan terhadap perokok di dekatnya untuk tidak merokok atau memintanya mencari tempat lain untuk merokok. Hindari tempat-tempat di mana orang bebas merokok.

#### b. Dampak Negatif Minuman Keras

Minuman keras dapat merusak kesehatan jasmani dan rohani. Minuman keras mengandung alkohol sehingga dapat menyebabkan timbulnya rasa ketagihan dan ketergantungan. Alkohol adalah senyawa organik yang mengandung satu atau lebih gugus hidroksida (gugus fungsi  $-OH$ ) pada setiap molekulnya. Alkohol yang terkandung dalam minuman keras adalah etanol ( $C_2H_5OH$ ).

Alkohol dibuat melalui fermentasi berbagai jenis bahan yang mengandung gula, misalnya buah-buahan (anggur), biji-bijian (beras dan gandum), dan umbi-umbian (singkong). Untuk mendapatkan kadar alkohol yang lebih tinggi dilakukan dengan penyulingan.

Alkohol (etanol) berkhasiat menekan aktivitas susunan saraf dan dalam bidang kedokteran berfungsi sebagai depresan. Alkohol dalam minuman keras digolongkan sebagai berikut.

- 1) Golongan A, kadar etanol 1% – 5%, contoh: bir.
- 2) Golongan B, kadar etanol 5% – 20%, contoh: anggur, whiskey.
- 3) Golongan C, kadar etanol 20% – 55%, contoh: brandy, arak.

Alkohol yang masuk ke dalam tubuh dapat menyebabkan iritasi saluran pencernaan, seperti lambung dan usus sehingga dapat menimbulkan pendarahan. Lambung yang terluka dapat menimbulkan penyakit maag, sedangkan usus yang berlubang menyebabkan terganggunya penyerapan makanan. Hal ini dapat menyebabkan badan menjadi kurus karena kekurangan gizi dan nutrisi. Alkohol juga berdampak pada kesehatan rohani karena alkohol dapat bereaksi langsung dengan sel-sel saraf pusat (otak) sehingga dapat menyebabkan gangguan mental, seperti mudah marah dan tersinggung.

Dalam jumlah sedikit, hati masih dapat membuang alkohol dari dalam tubuh. Akan tetapi, dalam jumlah yang banyak kerja hati akan berat. Hal ini dapat menyebabkan pengertutan hati, sakit lever, dan kanker hati. Sama halnya dengan rokok, ibu hamil yang meminum minuman keras (beralkohol tinggi) dapat menghambat pertumbuhan janin sehingga bayi yang lahir kemungkinan besar akan cacat fisik.

Secara sosial, minuman keras membawa dampak buruk. Beberapa kasus kejahatan dilakukan di bawah pengaruh minuman keras, bahkan kecelakaan lalu lintas juga sering terjadi akibat pengendara minum minuman keras.

Oleh karena itu, jauhilah minuman keras. Selain diharamkan oleh agama, minuman keras tidak ada sedikit pun nilai positifnya malahan lebih banyak nilai negatifnya. Jadi, jika kamu sayang terhadap diri sendiri dan masa depanmu yang masih panjang, jauhilah minuman keras!

### c. Dampak Negatif Zat Psikotropika

Saat ini zat psikotropika sudah memasuki kalangan remaja dan pelajar. Hal ini tentu saja membahayakan masa depan negara kita karena masa depan negara ini berada di pundak para remaja. Nah, agar kamu dapat terhindar dari penyalahgunaan zat psikotropika kamu harus memahami betul dampak negatif yang ditimbulkan oleh zat psikotropika.

Amfetamin yang tergolong zat psikotropika sering digunakan untuk mengurangi berat badan karena menghilangkan rasa lapar. Amfetamin juga dapat menghilangkan rasa kantuk bahkan kadang dipakai olahragawan sebagai *dopping* (tetapi pemakaian *dopping* tidak sah).

LSD (*Lysergic Acid Diethylamide*) merupakan zat halusinagen. Halusinagen adalah zat-zat yang dapat mengubah persepsi, pikiran, dan perasaan seseorang serta menimbulkan halusinasi (khayalan).

Jika zat psikotropika digunakan secara terus menerus atau melebihi takaran yang telah ditentukan akan mengakibatkan ketergantungan. Kecanduan inilah yang akan mengakibatkan gangguan fisik dan psikologis, karena terjadinya kerusakan pada sistem saraf pusat dan organ-organ tubuh seperti jantung, paru-paru, hati dan ginjal.



**Gambar 5.25** Minuman keras dapat membahayakan kesehatan.

*Sumber:* Dokumen Penerbit

Dampak penyalahgunaan narkoba pada seseorang sangat tergantung pada jenis narkoba yang dipakai, kepribadian pemakai dan situasi atau kondisi pemakai. Secara umum, dampak kecanduan narkoba dapat terlihat pada fisik, psikis maupun sosial seseorang.

Dampak terhadap fisik, antara lain gangguan pada sistem saraf, gangguan pada jantung dan pembuluh darah (*kardiovaskuler*), gangguan pada kulit (*dermatologis*), dan gangguan pada paru-paru (*pulmoner*).

Dampak terhadap psikis (rohani), antara lain lamban kerja, ceroboh, sering tegang dan gelisah, hilang kepercayaan diri, apatis, pengkhayal, penuh curiga, agitatif, menjadi ganas dan tingkah laku yang brutal, sulit berkonsentrasi, perasaan kesal dan tertekan, cenderung menyakiti diri, perasaan tidak aman, bahkan bunuh diri.

Dampak sosial bagi pecandu zat psikotropika, antara lain gangguan mental, antisosial dan asusila, dikucilkan oleh lingkungan, merepotkan dan menjadi beban keluarga, pendidikan menjadi terganggu, serta masa depan suram.

Dampak fisik, psikis dan sosial saling berhubungan erat. Ketergantungan fisik akan mengakibatkan rasa sakit yang luar biasa (*sakaw*) bila terjadi putus obat (tidak mengonsumsi obat pada waktunya). Hal ini dapat menyebabkan dorongan psikologis berupa keinginan sangat kuat untuk mengonsumsi. Gejala fisik dan psikologis ini juga berkaitan dengan gejala sosial seperti dorongan untuk membohongi orang tua, mencuri, pemarah, dan manipulatif.

### Tugas 5.5

Buatlah kliping tentang narkotika, zat adiktif, dan psikotropika serta dampak negatifnya! Sumber informasi dapat kamu peroleh dari koran, majalah, atau internet.

## 2. Ciri-Ciri Fisik Korban Ketergantungan Zat Adiktif dan Psikotropika

Orang yang telah kecanduan zat adiktif dan psikotropika dapat kita lihat dari fisiknya. Ciri-ciri korban ketergantungan zat adiktif dan psikotropika adalah sebagai berikut.

- Mengalami gangguan pada sistem saraf (*neurologis*)  
Contoh gangguan pada sistem saraf, antara lain kejang-kejang, halusinasi, gangguan kesadaran, dan kerusakan saraf tepi.
- Mengalami gangguan pada jantung dan pembuluh darah (*kardiovaskuler*).  
Gangguan pada jantung dan pembuluh darah, antara lain infeksi akut otot jantung dan gangguan peredaran darah.
- Mengalami gangguan pada kulit (*dermatologis*)  
Contoh gangguan pada kulit, antara lain penanahan (*abses*), alergi, dan eksim.

- d. Mengalami gangguan pada paru-paru (*pulmoner*)  
Contoh gangguan paru-paru, antara lain penekanan fungsi pernapasan, kesukaran bernapas, dan pengerasan jaringan paru-paru.
- e. Sering sakit kepala, mual-mual dan muntah, suhu tubuh meningkat, pengecilan hati, dan sulit tidur.
- f. Mengalami gangguan kesehatan reproduksi, yaitu pada endokrin, seperti penurunan fungsi hormon reproduksi (estrogen, progesteron, testosteron), serta gangguan fungsi seksual.
- g. Pada remaja perempuan, mengalami perubahan periode menstruasi, ketidakteraturan menstruasi, dan *amenorrhoe* (tidak haid).

Pada pecandu narkotika seperti putaw (heroin) biasanya mengalami kehilangan berat badan sehingga tampak kurus. Pecandu yang sudah parah biasanya takut pada sinar matahari atau air. Kalau panas ia akan sangat kepanasan, begitupun kalau dingin, akan sangat kedinginan. Oleh karena itu, biasanya pecandu akan lebih banyak tinggal di dalam kamar.

Penyalahgunaan narkoba bisa berakibat fatal ketika terjadi *over dosis* yaitu konsumsi narkoba melebihi kemampuan tubuh untuk menerimanya. *Over dosis* bisa menyebabkan kematian.

### 3. Cara Pencegahan dan Penyembuhan Akibat Penggunaan Zat Adiktif dan Psikotropika

Pencegahan penyalahgunaan zat adiktif dan psikotropika adalah upaya yang dilakukan terhadap faktor-faktor yang berpengaruh atau penyebab, baik secara langsung maupun tidak langsung, agar seseorang atau sekelompok masyarakat mengubah keyakinan, sikap, dan perilakunya sehingga tidak memakai narkoba atau berhenti memakai zat adiktif dan psikotropika.

Upaya menghentikan penyalahgunaan zat adiktif dan psikotropika tidaklah mudah. Hal ini dikarenakan sifat ketagihan dan ketergantungan yang ditimbulkannya sangat kuat. Oleh karena itu, upaya pengobatan harus diikuti dengan upaya pencegahan agar mantan pecandu tidak kembali lagi menjadi pecandu. Meskipun demikian, masih banyak yang dapat dilakukan untuk mencegah penyalahgunaan dan membantu remaja yang sudah terjerumus penyalahgunaan zat adiktif dan psikotropika. Ada tiga tingkat pencegahan, yaitu sebagai berikut.

#### a. Pencegahan Primer

Pencegahan primer adalah upaya pencegahan agar orang sehat tidak terlibat penyalahgunaan zat adiktif dan psikotropika. Pencegahan ini biasanya dilakukan dalam bentuk pendidikan, penyebaran informasi mengenai bahaya narkoba, dan pendekatan melalui keluarga.

Instansi pemerintah, seperti halnya BKKBN, lebih banyak berperan pada tahap intervensi ini. Kegiatan dilakukan seputar pemberian informasi melalui berbagai bentuk materi yang ditujukan kepada remaja langsung dan keluarga.



**Gambar 5.26** Paru-paru perokok yang terkena kanker terlihat berwarna terang di tengah, sedangkan daerah tepi yang berwarna gelap menunjukkan residu tar yang terdapat pada rokok.

*Sumber:* Dokumen Penerbit

Bagaimana cara mencegah penyalahgunaan zat adiktif dan psikotropika di keluarga? Berikut ini adalah upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah anggota keluarga terjerumus penyalahgunaan zat adiktif dan psikotropika.

- 1) Pelajari fakta dan gejala dini penyalahgunaan zat adiktif dan psikotropika.

- 2) Menjadikan orang tua sebagai teladan.

Orang tua yang baik, hendaknya berhenti merokok, minum minuman beralkohol, atau memakai zat adiktif dan psikotropika serta membuang semua peralatan dan persediaan rokok atau minuman beralkohol.

- 3) Kembangkan kemampuanmu untuk menolak penyalahgunaan zat adiktif dan psikotropika.

Jika ada teman yang memaksa atau membujuk menggunakan narkoba, kamu berhak menolak. Carilah kawan sejati yang tidak menjerumuskan.

- 4) Mengikuti kegiatan yang sehat dan kreatif.

- 5) Mematuhi norma dan peraturan yang berlaku di masyarakat.

**b. Pencegahan Sekunder**

Pencegahan sekunder adalah upaya pencegahan pada saat penggunaan sudah terjadi dan diperlukan upaya penyembuhan (terapi). Tahapan ini meliputi:

- 1) Tahapan penerimaan awal (*initial intake*)

Tahapan ini dilakukan antara 1 sampai 3 hari dengan melakukan pemeriksaan fisik dan mental.

- 2) Tahapan detoksifikasi dan terapi komplikasi medik

Tahapan ini dilakukan antara 1 sampai 3 minggu untuk melakukan pengurangan ketergantungan bahan-bahan adiktif secara bertahap.

**c. Pencegahan Tersier**

Pencegahan tersier adalah upaya untuk merehabilitasi mereka yang sudah memakai dan dalam proses penyembuhan. Tahap ini biasanya terdiri atas:

- 1) Tahapan stabilisasi

Tahapan stabilisasi dilakukan antara 3 sampai 12 bulan, untuk mempersiapkan pengguna kembali ke masyarakat.

- 2) Tahapan sosialisasi dalam masyarakat

Tahapan ini dilakukan agar mantan penyalahgunaan zat adiktif dan psikotropika mampu mengembangkan kehidupan yang bermakna di masyarakat. Tahap ini biasanya berupa kegiatan konseling, membuat kelompok-kelompok dukungan, dan mengembangkan kegiatan alternatif.

**Tugas 5.6**

Carilah pusat pelayanan informasi dan rehabilitasi yang ada di sekitarmu, kemudian carilah informasi seputar upaya pencegahan penyalahgunaan zat adiktif dan psikotropika. Bacakan hasilnya di depan kelas.

## 4. Penggunaan Zat Adiktif dan Psikotropika dalam Bidang Kesehatan

Sebenarnya zat adiktif dan psikotropika bermanfaat dalam bidang kesehatan, tetapi dalam dosis yang wajar dan sesuai dengan kebutuhan pengobatan. Penggunaan zat adiktif dan psikotropika yang berlebihan dan tidak sesuai dosis dapat menyebabkan dampak-dampak negatif, seperti yang telah dijelaskan pada uraian sebelumnya. Berikut ini zat adiktif dan psikotropika yang digunakan dalam bidang kesehatan.

### a. Zat Stimulan

Zat stimulan adalah zat yang merangsang fungsi tubuh dan meningkatkan kegairahan serta kesadaran sehingga kemampuan beraktivitas akan meningkat selama beberapa jam. Jenis zat stimulan, antara lain kafein, kokain, dan amfetamin. Contoh zat stimulan yang sekarang disalahgunakan adalah shabu-shabu dan ekstasi.

### b. Zat Depresan

Dalam bidang kedokteran, zat depresan adalah zat yang menekan sistem saraf pusat dan mengurangi aktivitas fungsional tubuh sehingga pemakai merasa tenang, bahkan bisa membuat pemakai tidur dan tak sadarkan diri. Kelebihan dosis zat ini dapat mengakibatkan kematian. Jenis zat adiktif depresan, antara lain opioida dan berbagai turunannya, seperti morfin dan heroin. Contoh yang populer adalah putaw.

### c. Zat Narkotika

Dalam bidang kedokteran zat narkotika digunakan sebagai zat analgesik kuat yang dapat menghilangkan rasa nyeri dalam pembedahan. Zat yang termasuk kelompok narkotika adalah ganja, opium, dan kokain.

### d. Alkohol

Di bidang kesehatan, alkohol digunakan sebagai zat desinfektan. Zat desinfektan adalah zat yang digunakan untuk membunuh kuman dan bakteri. Alkohol juga dipakai untuk mencuci alat-alat kedokteran.

### Latihan 5.4

1. Jelaskan dan berikan contoh zat adiktif dan zat psikotropika!
2. Sebutkan bahan kimia dalam asap rokok yang berbahaya untuk kesehatan!
3. Jelaskan dampak negatif yang ditimbulkan rokok!
4. Jelaskan dampak terhadap fisik dari korban ketergantungan zat adiktif dan psikotropika!
5. Menurutmu, apa penyebab meningkatnya penyalahgunaan zat adiktif dan psikotropika di kalangan remaja?
6. Siapakah yang sangat berperan dalam upaya pencegahan penyalahgunaan zat adiktif dan psikotropika? Jelaskan pendapatmu!
7. Jelaskan upaya untuk mencegah penyalahgunaan zat adiktif dan psikotropika!
8. Jelaskan manfaat zat narkotika dalam bidang kedokteran!

## Rangkuman

- Bahan kimia dapat kita temukan dalam kehidupan sehari-hari, antara lain dalam rumah tangga, industri, pertanian, kesehatan, makanan, serta adiktif dan psikotropika.
- Bahan kimia rumah tangga dibagi dalam kelompok pembersih, pemutih, pewangi, dan pembasmi serangga.
- Bahan kimia juga ditemukan dalam berbagai industri, misal industri semen, cat, dan asam sulfat. Bahan kimia juga digunakan dalam bidang pertanian, antara lain dalam pupuk dan pestisida.
- Terdapat beberapa jenis pupuk, antara lain pupuk nitrogen, fosfor, kalsium, dan kalium. Berdasarkan target sasarannya, maka pestisida dibedakan atas insektisida, fungisida, herbisida, akarisida, rodentisida, dan nematisida.
- Bahan kimia di bidang kesehatan, antara lain dalam obat-obatan dan zat radioaktif.
- Penggunaan bahan kimia yang ditambahkan dalam makanan, berdasarkan asalnya dibedakan atas bahan alami dan buatan. Adapun secara garis besar, bahan kimia yang ditambahkan dalam makanan dikelompokkan menjadi bahan pewarna, pemanis, pengawet, dan penyedap.
- Bahan-bahan kimia memiliki kegunaan yang sangat berarti dalam kehidupan sehari-hari, namun memiliki dampak negatif jika digunakan secara berlebihan.
- Zat adiktif dan psikotropika tergolong narkoba. Sebenarnya zat-zat tersebut berguna dalam bidang kedokteran tetapi terkadang disalahgunakan.
- Zat adiktif antara lain rokok dan minuman keras. Adapun zat psikotropika merupakan golongan narkoba yang berkhasiat psikotropika. Kelompok zat ini antara lain sedatin, amfetamin, ekstasi, shabu-shabu, dan LSD.
- Penyalahgunaan zat adiktif dan psikotropika membawa dampak negatif secara fisik, psikis, dan sosial.
- Pencegahan penyalahgunaan zat adiktif dan psikotropika dapat dilakukan secara primer, sekunder, dan tersier.

## Refleksi

Kamu telah selesai mempelajari materi **Bahan Kimia dalam Kehidupan** pada bab ini. Sebelum melanjutkan ke Bab VI di Semester II, lakukan evaluasi dengan menjawab pertanyaan di bawah ini. Jika semua pertanyaan kamu jawab dengan ‘ya’, berarti kamu telah menguasai materi bab ini dan boleh melanjutkan ke bab berikutnya. Namun jika ada pertanyaan yang dijawab dengan ‘tidak’, kamu harus mengulangi materi yang berkaitan dengan pertanyaan itu. Jika ada yang sukar dimengerti, bertanyalah kepada Bapak/Ibu Guru.

1. Dapatkah kamu menyebutkan bahan-bahan kimia yang sering dipakai dalam kehidupan sehari-hari beserta kegunaan dan efek samping yang ditimbulkannya?
2. Dapatkah kamu menunjukkan bahan kimia yang sering digunakan dalam makanan, baik bahan alami maupun buatan beserta kegunaan dan efek sampingnya?
3. Apakah kamu sudah mengetahui jenis-jenis zat adiktif dan psikotropika beserta sifat dan pengaruh zat-zat tersebut?
4. Apakah kamu dapat menjelaskan bahaya penggunaan zat adiktif dan psikotropika serta menunjukkan cara menghindarinya?

**A. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!**

1. Berikut ini yang merupakan dampak dari minuman keras adalah ....
  - a. meningkatnya tindak kejahatan
  - b. menimbulkan kanker saluran pernafasan
  - c. menyebabkan penyempitan pembuluh darah
  - d. timbulnya halusinasi
2. Pencegahan primer sangat diperlukan untuk mencegah ....
  - a. pecandu ringan menjadi pecandu berat
  - b. orang sehat menjadi pecandu zat adiktif
  - c. pecandu shabu-shabu menjadi pecandu morfin
  - d. mantan pecandu menjadi pecandu kembali
3. Zat aktif dalam obat antinyamuk jenis oles, adalah ....
  - a. diklorvos                   c. dietiltoluamid
  - b. propoxur                   d. pirethroid
4. Bahan pemutih pakaian biasanya mengandung senyawa ....
  - a. klorin
  - b. ABS
  - c. natrium hidroksida
  - d. hidrofilik
5. Obat analgesik berfungsi untuk ....
  - a. menghilangkan gatal-gatal dihidung
  - b. melancarkan saluran pernapasan
  - c. menurunkan panas badan
  - d. menghilangkan rasa nyeri
6. Gas dalam asap rokok yang dapat berikatan dengan hemoglobin adalah ....
  - a. karbon monoksida
  - b. karbon dioksida
  - c. oksigen
  - d. nikotin
7. Unsur hara yang terdapat dalam pupuk ZA adalah ....
  - a. belerang dan nitrogen
  - b. belerang dan hidrogen
  - c. hidrogen dan nitrogen
  - d. hidrogen dan fosfor
8. Belerang digunakan sebagai bahan dasar pembuatan ....
  - a. asam klorida              c. amoniak
  - b. asam sulfat               d. pupuk urea
9. Komponen utama yang terdapat pada pembersih adalah ....
  - a. sabun dan pewarna
  - b. detergen dan pewangi
  - c. sabun dan detergen
  - d. sabun dan pewangi
10. Kegunaan narkotika dalam bidang kesehatan adalah ....
  - a. zat disinfektan
  - b. menghilangkan rasa nyeri dalam pembedahan
  - c. menghilangkan rasa kantuk
  - d. penenang
11. Bagian dari sabun yang menyukai air atau bersifat polar dinamakan ....
  - a. hidrofilik                  c. ABS
  - b. hidrofobik               d. NaOH
12. Bahan pewarna tekstil yang berbahaya jika digunakan sebagai pewarna makanan adalah ....
  - a. rhodamine-B              c. amaran
  - b. tartrazine               d. brilliant blue
13. Insektisida, seperti DDT sangat berbahaya bagi lingkungan karena ....
  - a. mengandung bahan-bahan kimia yang merusak tanah
  - b. hanya membasmi nyamuk
  - c. menyesakkan napas
  - d. sukar terurai sehingga cenderung bertahan dalam lingkungan
14. Penambahan zat pengawet bertujuan agar makanan dalam kemasan ....
  - a. tidak ditumbuhinya oleh bakteri dan jamur
  - b. terasa manis
  - c. terlihat menarik
  - d. tambah lezat
15. Bahan penyedap yang biasa digunakan dalam mi bakso adalah ....
  - a. sakarin                   c. asam benzoat
  - b. tartrazine               d. MSG

## B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan benar!

1. Bagaimakah cara kerja sabun atau detergen ketika membersihkan kotoran?
2. Mengapa semen mempunyai daya rekat yang kuat sehingga digunakan dalam bangunan?
3. Tuliskan pemanfaatan zat radioaktif dalam bidang kedokteran!
4. Jelaskan fungsi bahan pengawet yang digunakan pada makanan kemasan!
5. Menurutmu upaya apa yang harus dilakukan agar penyalahgunaan zat adiktif dan psikotropika di sekolahmu dapat dihindari?

### Wacana Sains

#### Cara Menghilangkan Kandungan Formalin

Menurut hasil temuan Dosen Program Studi Teknologi Pangan Universitas Katolik (UNIKA) Soegijapranata, Ita Sulistyawati STP MSc bahwa menghilangkan kadar formalin dalam produk makanan ternyata tidak terlalu sulit. Cukup direndam dengan air biasa, direbus hingga mendidih, dan digoreng, maka kadar formalin di dalam makanan bisa luntur.

Ita mengatakan, karakteristik formalin adalah mudah larut dalam air sampai dengan konsentrasi 55 persen. Formalin juga sangat reaktif dalam kondisi basa. Oleh karena itu, formalin dalam makanan mudah larut apabila direndam dalam air biasa maupun air panas. Selain itu, titik didih formalin relatif rendah. Hal ini membuat kandungan formalin pada makanan akan mudah menguap saat perebusan atau penggorengan.

Jadi, deformalinisasi itu sebenarnya tidak terlalu sulit. Secara sadar atau tidak, padagang tahu atau ibu rumah tangga sudah melakukan deformalinisasi itu dengan cara merendam tahu sebelum dimasak. Jarang sekali ada tahu yang dikonsumsi mentah.

Menurut penelitian Ita, formalin yang masuk ke pencernaan tidak akan berpengaruh negatif. Formalin yang melalui proses metabolisme akan sangat cepat (sekitar 1,5 menit) terurai menjadi karbon dioksida dan air seni.

Penelitian Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) menyebutkan, kadar formalin baru akan menimbulkan toksifikasi atau pengaruh negatif jika mencapai enam gram. Kadarnya formalin lebih dari enam gram berpotensi menimbulkan efek kesehatan.

Pada tahap akut, efek itu bisa berupa muntah, diare darah, kejang-kejang, vertigo, dan muntah darah. Adapun pada efek kronis dapat menimbulkan dermatitis kronis, bronkitis, serta kemungkinan kanker.

Sumber: *Kompas*, 7 Desember 2006 dengan pengubahan seperlunya.

## Latihan Semester I

### A. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Urutan perkembangan embrio adalah ....
  - a. zigot, morula, gastrula, blastula
  - b. zigot, blastula, morula, gastrula
  - c. zigot, morula, blastula, gastrula
  - d. zigot, blastula, gastrula, morula
2. Organisme mengalami metagenesis misalnya ....
  - a. salamander
  - b. katak
  - c. suplir
  - d. serangga
3. Ulat merupakan bagian dari metamorfosis kupu-kupu pada tahap ....
  - a. pupa
  - b. larva
  - c. telur
  - d. nimfa
4. Salah satu ciri perkembangan tanda kelamin sekunder pada remaja laki-laki adalah ....
  - a. jakun mulai tumbuh
  - b. tumbuh kumis dan janggut
  - c. mulai tertarik pada lawan jenis
  - d. otot berkembang lebih kekar
5. Jumlah tulang rusuk palsu adalah ....
  - a. 7 pasang
  - b. 3 pasang
  - c. 31 pasang
  - d. 5 ruas
6. Zat makanan yang sangat dibutuhkan tubuh adalah ....
  - a. karbohidrat, protein, mineral, lemak vitamin, dan air
  - b. karbohidrat, protein, mineral, dan vitamin
  - c. protein dan vitamin
  - d. karbohidrat dan air
7. Dalam tenggorokan, kotoran yang masuk akan dikeluarkan oleh ...
  - a. selaput lendir dan rambut getar
  - b. bulu cambuk
  - c. jakun dan pita suara
  - d. rambut hidung dan lendir
8. Agar makanan tidak masuk ke dalam saluran pernapasan, ada satu alat untuk memisahkannya yang dinamakan ....
  - a. jakun
  - b. bronkus
  - c. alveolus
  - d. epiglotis
9. Bagian akar yang membantu proses penyerapan unsur hara dalam tanah adalah ....
  - a. tudung akar
  - b. rambut akar
  - c. ujung akar
  - d. akar utama
10. Contoh tumbuhan yang menyimpan cadangan makanan pada akar adalah ....
  - a. beringin
  - b. anggrek
  - c. singkong
  - d. mentimun
11. Faktor yang harus tersedia pada tumbuhan agar berlangsung proses fotosintesis adalah ....
  - a. cahaya matahari
  - b. klorofil
  - c. oksigen
  - d. air
12. Mekarnya bunga pukul empat pada waktu sore hari termasuk gerak ....
  - a. endonom
  - b. taksis
  - c. nasti
  - d. tropi
13. Atom Na memiliki nomor atom 11, maka konfigurasi elektronnya adalah ....
  - a. 2 9
  - b. 2 8 1
  - c. 2 7 2
  - d. 2 6 3
14. Di antara molekul berikut yang tergolong molekul senyawa adalah ....
  - a.  $P_4$
  - b.  $S_8$
  - c. NO
  - d.  $Cl_2$

15. Berikut merupakan partikel subatom, *kecuali* ....
- proton
  - elektron
  - neutron
  - nukleon
16. Komponen utama dalam pasta gigi adalah ....
- detergen dan abrasif
  - detergen dan pemutih
  - kapur dan detergen
  - pemutih dan pewangi
17. Bahan kimia yang sering ditemukan pada pemutih pakaian adalah ....
- hipoklorit
  - fosfat
  - alkali
  - sulfonat
18. Bahan kimia utama dalam pembuatan industri asam sulfat adalah ....
- hidrogen
  - oksigen
  - belerang
  - sulfat
19. Zat kimia berikut dalam dunia kedokteran sering digunakan sebagai stimulan adalah ...
- kafein
  - kokain
  - heroin
  - amfetamin
20. Bahan kimia tambahan buatan yang jika dikonsumsi berlebihan dapat menimbulkan sindrom restoran cina adalah ....
- sakarin
  - MSG
  - garam
  - sulfat

### B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

- Jelaskan siklus hidup lumut yang menunjukkan terjadinya metagenesis!
- Jelaskan perkembangan psikologis remaja yang mengalami pubertas!
- Sebutkan persendian yang terdapat pada anggota gerak bagian atas!
- Mengapa darah yang ada di dalam tubuh kita perlu disaring oleh ginjal?
- Mengapa kecambah yang diletakkan di tempat gelap akan mengalami etiolasi?
- Jelaskan struktur anatomi daun! Apakah peranan bagian-bagian daun itu dalam proses fotosintesis?
- Jelaskan kelemahan teori atom Rutherford!
- Jelaskan perbedaan sifat sabun dengan detergen!
- Sekarang ini banyak jajanan yang mengandung pemanis buatan. Berikan pendapatmu mengenai fenomena di atas!
- Bagaimana cara mengatasi penyalahgunaan zat adiktif dan psikotropika di kalangan pelajar?

# Semester II



# Bab VI

## Gaya

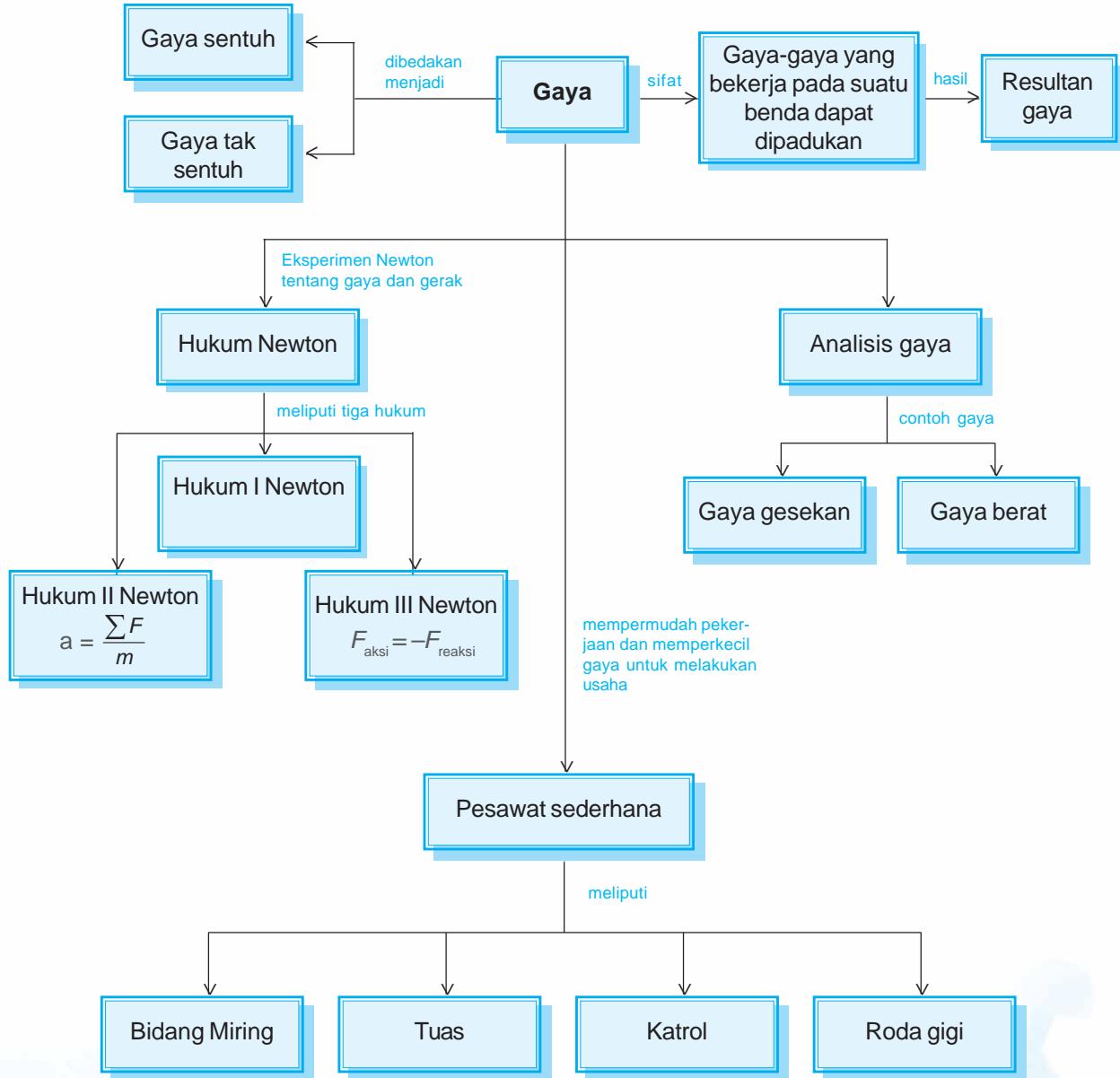


Seorang pendayung harus mengayuh air ke belakang agar perahu ter dorong ke depan. Prinsip apakah yang digunakan pendayung tersebut?

Dalam kehidupan sehari-hari, manusia berusaha menciptakan alat yang dapat meringankan pekerjaannya. Dalam masyarakat desa, orang mengambil air dari sumur dengan menggunakan timba. Bagaimana prinsip kerja timba air?

Kedua hal di atas merupakan contoh peranan usaha, gaya, dan energi dalam kehidupan sehari-hari. Dalam pembelajaran ini, kamu dapat mengidentifikasi jenis-jenis gaya beserta penjumlahan dan pengaruhnya pada suatu benda, menerapkan Hukum Newton untuk menjelaskan berbagai peristiwa, serta melakukan percobaan tentang pesawat sederhana dan penerapannya.

# Peta Konsep



## Kata Kunci

- gaya
- Newton
- pesawat sederhana



## A Besaran Gaya

Kamu tentu sering mendengar kata gaya. Apakah pengertian dari kata gaya yang sering kamu dengar tersebut? Samakah pengertian tersebut dengan gaya dalam Sains? Untuk mengetahui jawabannya, mari mempelajari tentang gaya!

### 1. Pengertian Gaya

Apakah yang disebut gaya? Untuk memahami pengertian gaya, mari perhatikan **Gambar 6.1**!



**Gambar 6.1** a. Tendangan pemain bola menyebabkan bola bergerak.  
b. Dorongan mesin menyebabkan mobil bergerak.  
c. Kayuhan pedal menyebabkan sepeda dapat bergerak.

Dari **Gambar 6.1a** kamu dapat mengamati bahwa bola dapat bergerak karena menerima gaya berupa tendangan pemain sepak bola. Mobil pada **Gambar 6.1b** bergerak karena menerima gaya dari dorongan mesin mobil. Begitu juga halnya dengan sepeda pada **Gambar 6.1c** dapat bergerak karena menerima gaya jika dikayuh pedal sepedanya.

Dari contoh-contoh tersebut, dapatkah kamu menjelaskan pengertian gaya? Dalam Sains, **gaya** di definisikan sebagai suatu tarikan atau suatu dorongan. Pengaruh gaya pada benda antara lain sebagai berikut.

- Menyebabkan perubahan kecepatan gerak benda.
- Menyebabkan benda diam menjadi bergerak dan sebaliknya.
- Mengubah arah gerak benda.
- Mengubah bentuk suatu benda.

Dapatkah kamu menyebutkan jenis-jenis gaya? Gaya terdiri atas gaya sentuh dan gaya tak sentuh. Tahukah kamu, apakah gaya sentuh dan gaya tidak sentuh itu?

**Gaya sentuh** adalah gaya yang bekerja pada suatu benda dengan melalui sentuhan pada permukaan benda tersebut. Contoh gaya sentuh antara lain seorang anak yang mendorong meja, seorang ibu yang mengangkat barang belanjaannya, seorang anak yang mengayuh sepeda, dan pemain basket yang melempar bola basket.

Pernahkah kamu melihat buah mangga yang jatuh dari tangainya? Atau, pernahkah kamu mengamati besi yang ditarik magnet? Adakah gaya otot yang memengaruhi jatuhnya buah mangga dan tertariknya besi oleh magnet? Jika benda dapat bergerak tanpa dibantu oleh dorongan atau tarikan gaya otot, berarti benda itu bergerak oleh gaya tak sentuh. Jadi, **gaya tak sentuh** dapat didefinisikan sebagai gaya yang bekerja pada benda tanpa menyentuh benda tersebut.

### Tugas 6.1

Carilah contoh gaya sentuh dan gaya tak sentuh yang biasa terjadi di sekitarmu! Kemudian, bacakan hasilnya di depan kelas!

Tahukah kamu alat ukur apa yang digunakan untuk mengukur gaya? Gaya dapat diukur dengan menggunakan neraca pegas atau dinamometer. Satuan gaya dalam SI adalah newton (disingkat N). Satuan ini dipakai untuk menghormati tokoh Fisika **Sir Isaac Newton**. Satuan lain yang juga sering dipakai adalah dyne, di mana 1 Newton setara dengan 100.000 dyne.

### Latihan 6.1

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan gaya!
2. Tuliskan empat perubahan yang dapat ditimbulkan oleh gaya yang bekerja pada suatu benda!
3. Apakah dimaksud dengan gaya sentuh? Berikan contohnya!
4. Apakah dimaksud dengan gaya tak sentuh? Berikan contohnya!
5. Alat ukur apa yang digunakan untuk mengukur gaya?

## 2. Resultan Gaya

Dalam Fisika, gaya termasuk besaran vektor. Artinya, gaya adalah suatu besaran yang memiliki besar dan juga arah. Oleh karena gaya termasuk besaran vektor, maka gaya dapat dilukiskan dengan diagram vektor yang berupa anak panah. Nah, bagaimanakah cara melukiskan gaya dengan menggunakan diagram panah?

Pernahkah kamu dan teman-temanmu mendorong meja secara bersama-sama?

Pada Gambar 6.2 dua orang anak berusaha mendorong meja pada arah yang sama. Jika anak pertama mengeluarkan gaya sebesar 15 N dan anak kedua mengeluarkan gaya sebesar 10 N, tahukah kamu besar resultan gaya yang dikeluarkan kedua anak tersebut? Besar resultan gaya yang dikeluarkan oleh kedua anak tersebut dapat dilukiskan dengan menggunakan diagram panah seperti pada Gambar 6.3.

Resultan gaya dari kedua gaya tersebut dapat dinyatakan dengan  $F_R = F_1 + F_2 = 15 \text{ N} + 25 \text{ N} = 40 \text{ N}$ . Panjang anak panah menyatakan nilai atau besar gaya, sedangkan arah anak panah menyatakan arah gaya. Gaya yang mengarah ke kanan atau atas bernilai positif dan gaya yang mengarah ke kiri atau bawah bernilai negatif. Jadi, untuk melukiskan gaya digunakan aturan sebagai berikut.

- Panjang anak panah melukiskan besarnya gaya.
- Arah anak panah merupakan arah gaya.
- Pangkal anak panah merupakan titik tangkap gaya.

### Contoh

Sebuah gaya  $F$  yang berarah ke kanan dan besarnya 8 N dilukiskan dengan diagram vektor yang panjangnya 4 satuan, seperti pada gambar berikut.

$$F = 8 \text{ N}$$



Lukiskan diagram vektor gaya-gaya berikut ini!

- $F_1 = 6$  Newton ke kanan
- $F_2 = 10$  Newton ke kanan
- $F_3 = -4$  Newton ke kiri

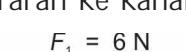
Jawab:

Oleh karena gaya 8 N dilukiskan dengan panjang 4 satuan, maka

gaya 1 N dapat dilukiskan dengan panjang  $\frac{4 \text{ satuan}}{8 \text{ N}} \times 8 \text{ N} =$

$$\frac{1}{2} \text{ satuan}$$

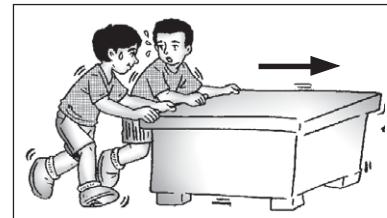
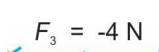
- Karena  $F_1 = 6$  N, maka panjangnya  $6 \times \frac{1}{2}$  satuan = 3 satuan  
(berarah ke kanan)



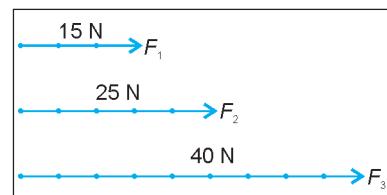
- Karena  $F_2 = 10$  N, maka panjangnya  $10 \times \frac{1}{2}$  satuan = 5 satuan  
(berarah ke kanan)



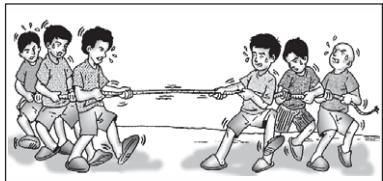
- Karena  $F_3 = -4$  N, maka panjangnya  $(-4) \times \frac{1}{2}$  satuan = -2 satuan  
(berarah ke kiri)



Gambar 6.2 Dua orang anak mendorong meja menghasilkan gaya-gaya searah.



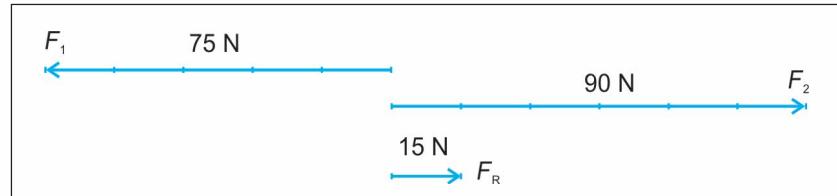
Gambar 6.3 Diagram panah resultan dua gaya searah ( $F_R = F_1 + F_2$ ).



**Gambar 6.4** Lomba tarik tambang menghasilkan gaya-gaya yang berlawanan arah.

Pernahkah kamu mengamati perlombaan tarik tambang? Perhatikan **Gambar 6.4!** Pada perlombaan tarik tambang, gaya-gaya yang bekerja pada tambang tersebut berlawanan arah.

Misalkan kelompok pertama pada **Gambar 6.4** menarik tambang ke arah kiri sebesar 75 N dan kelompok kedua menarik tambang ke arah kanan sebesar 90 N. Tahukah kamu, berapa besar resultan yang dihasilkan oleh dua kelompok tersebut pada tambang? Perhatikan **Gambar 6.5!**



**Gambar 6.5** Resultan dua gaya yang berlawanan arah.

Dari **Gambar 6.5**, resultan gaya kedua vektor itu dapat dinyatakan dengan  $F_R = F_1 + F_2 = (-75) \text{ N} + 90 \text{ N} = 15 \text{ N}$ . Oleh karena gaya yang dihasilkan kelompok kedua lebih besar daripada gaya yang dihasilkan kelompok pertama, maka resultan gaya yang bekerja pada tambang adalah 15 N ke arah kanan.

Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa resultan gaya adalah perpaduan dua buah gaya atau lebih yang dihasilkan suatu benda menjadi satu gaya. Secara matematis, resultan gaya dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$F_R = F_1 + F_2 \quad \dots \dots (6.1)$$

### Contoh

1. Andi dan Budi bersama-sama mendorong sebuah gerobak ke arah kanan. Jika Andi mengeluarkan gaya sebesar 25 N dan Budi mengeluarkan gaya sebesar 35 N, berapakah resultan gaya yang dikeluarkan Andi dan Budi?

Jawab:

$$\text{Diketahui: } F_{\text{Andi}} = 25 \text{ N}$$

$$F_{\text{Budi}} = 35 \text{ N}$$

$$F_R = \dots ?$$

Oleh karena  $F_{\text{Andi}}$  dan  $F_{\text{Budi}}$  searah, maka

$$\begin{aligned} F_R &= F_{\text{Andi}} + F_{\text{Budi}} \\ &= 25 \text{ N} + 35 \text{ N} = 60 \text{ N} \end{aligned}$$

2. Anton mendorong meja ke arah kanan dengan gaya 18 N dan Yudi mendorong meja yang sama ke arah kiri dengan gaya 22 N. Tentukanlah resultan dan arah gayanya!

Jawab:

$$\text{Diketahui: } F_{\text{Anton}} = 18 \text{ N (ke kanan)}$$

$$F_{\text{Yudi}} = -22 \text{ N (ke kiri)}$$

$$F_R = \dots ?$$

Resultan gayanya adalah:

$$F_R = F_{\text{Anton}} + F_{\text{Yudi}} = 18 \text{ N} + (-22) \text{ N} = -4 \text{ N}$$

Tanda negatif (-) menyatakan arahnya ke kiri. Jadi,  $F_R = 4 \text{ N}$  dengan arah ke kiri (karena  $F_{\text{Yudi}}$  lebih besar dari  $F_{\text{Anton}}$ ).

Dapatkah gaya-gaya berada dalam keadaan setimbang? Suatu benda dikatakan setimbang jika benda berada dalam keadaan stabil. Secara umum, **kesetimbangan** adalah keadaan ketika resultan gaya yang bekerja pada sebuah benda sama dengan nol. Benda yang berada dalam keadaan setimbang tidak mengalami perubahan gerak. Secara matematis, persamaan gaya setimbang dinyatakan sebagai berikut.

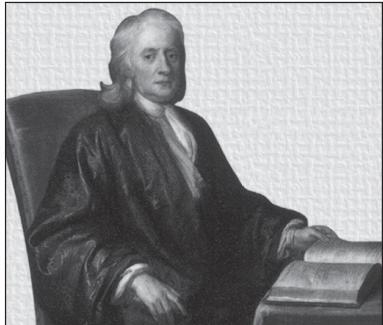
$$F_R = F_1 + F_2 = 0 \dots\dots (6.2)$$

## Latihan 6.2

1. Sebuah gaya  $F$  yang berarah ke kanan dan besarnya 20 N dilukiskan dengan diagram vektor yang panjangnya 4 cm. Lukiskan diagram vektor gaya-gaya berikut ini!
  - a.  $F_1 = 25$  Newton ke kanan
  - b.  $F_2 = 15$  Newton ke kanan
  - c.  $F_3 = 30$  Newton ke kiri
  - d.  $F_4 = 10$  Newton ke kiri
2. Diketahui gaya  $F_1 = 4$  N ke kanan, gaya  $F_2 = 6$  N ke kiri,  $F_3 = 8$  N ke kanan, dan  $F_4 = 5$  N ke kiri. Tentukanlah besar dan arah resultan gaya berikut!
  - a.  $F_1 + F_2$
  - b.  $F_3 + F_4$
  - c.  $F_1 + F_2 + F_3$
  - d.  $F_2 + F_3 + F_4$
3. Gaya setimbang dapat terjadi pada dua buah gaya yang berlawanan. Nah, jika dua buah gaya tersebut searah, mungkinkah terjadi kesetimbangan? Jelaskan!
4. Pada sebuah benda bekerja gaya-gaya sebagai berikut.  
 $F_1 = 8$  N (ke bawah)       $F_3 = 13$  N (ke kiri)  
 $F_2 = 9$  N (ke atas)       $F_4 = 14$  N (ke kanan)
  - a. Tentukanlah besar dan arah resultan gayanya!
  - b. Apakah benda berada dalam keadaan setimbang?
5. Diketahui gaya  $F_1 = 12$  N ke kanan, gaya  $F_2 = 8$  N ke kiri,  $F_3 = 6$  N ke kanan, dan  $F_4 = 10$  N.
  - a. Dengan mengambil skala 2 N dilukiskan dengan panjang 1 cm, lukislah vektor-vektor gaya  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ , dan  $F_4$ !
  - b. Tentukan besar dan arah resultan gaya dari:
    - 1)  $F_1 + F_2 + F_3$
    - 2)  $F_2 + F_3 + F_4$



## B Hukum Newton tentang Gaya



Gambar 6.6 Sir Isaac Newton.

Pada tahun 1687, **Sir Isaac Newton**, ilmuwan Fisika berkebangsaan Inggris, berhasil menemukan hubungan antara gaya dan gerak. Dari hasil pengamatan dan eksperimenanya, Newton merumuskan tiga hukum mengenai gaya dan gerak yang dikenal dengan Hukum I Newton, Hukum II Newton, dan Hukum III Newton. Nah, agar kamu lebih memahami ketiga hukum Newton tentang gerak, mari mempelajari uraian berikut dengan baik.

### 1. Hukum I Newton

Pernahkah kamu mengalami peristiwa seperti berikut? Ketika kamu berada dalam kendaraan umum yang sedang melaju, tiba-tiba sopir kendaraan umum tersebut mengerem secara mendadak, tubuhmu seolah-olah terdorong ke depan berlawanan arah dengan gaya penggeraman kendaraan yang arahnya ke belakang. Hal ini terjadi karena tubuhmu cenderung mempertahankan posisinya yang terus bergerak ke arah depan, namun karena kendaraan direm mengakibatkan ada gaya yang menahan gerak ini sehingga kamu seperti terdorong ke depan. Oleh karena itulah, maka undang-undang lalu lintas mewajibkan pengendara mobil memakai sabuk pengaman untuk menghindari kecelakaan mobil.

Begini juga ketika kamu berada dalam kendaraan yang diam. Kemudian tiba-tiba kendaraan tersebut bergerak, tubuhmu akan terasa seperti terdorong ke belakang. Hal ini terjadi karena tubuhmu cenderung mempertahankan posisinya yang diam.

Peristiwa ini dijelaskan dalam Hukum I Newton yang dinyatakan sebagai berikut.

Sebuah benda terus dalam keadaan diam atau terus bergerak dengan kelajuan tetap, kecuali jika ada gaya luar yang memaksa benda tersebut mengubah keadaannya.

Secara matematis, Hukum I Newton dinyatakan sebagai berikut.

$$\Sigma F = 0 \quad \dots\dots (6.3)$$

Hukum I Newton juga menggambarkan sifat benda yang selalu mempertahankan keadaan diam atau keadaan bergeraknya yang dinamakan **inersia** atau **kelembaman**. Oleh karena itu, Hukum I Newton dikenal juga dengan sebutan Hukum Kelembaman. Nah, agar kamu lebih memahami tentang Hukum I Newton, lakukanlah **Kegiatan 6.1!**

## Kegiatan 6.1

### Hukum I Newton

#### Tujuan:

Mempelajari Hukum I Newton.

#### Alat dan bahan:

Sebuah uang logam, gelas kaca, dan selembar kartu remi.

#### Prosedur kerja:

1. Susunlah alat-alat tersebut, seperti pada gambar.
2. Jentikkan jarimu secara kuat dan cepat pada kartu remi. Apa yang terjadi? Apakah koin terlempar ke luar?



## 2. Hukum II Newton

Pernahkah kamu mengamati pemain sepak bola menendang bola yang sedang menuju ke arahnya? Apakah arah dan laju bola akan berubah?

Dari Gambar 6.7, kamu dapat mengamati bahwa bola akan berubah arah ketika ada gaya yang mengenai bola tersebut. Dalam contoh tersebut, bola mengalami percepatan.

Ukuran kemampuan benda mempertahankan keadaan diam atau keadaan geraknya dinamakan inersia. Hal ini berarti percepatan gerak benda dipengaruhi inersianya, sedangkan kualitas inersia diukur oleh massanya.

Dari hubungan tersebut, Newton merumuskan Hukum II Newton sebagai berikut.

Percepatan yang dihasilkan oleh resultan gaya yang bekerja pada suatu benda berbanding lurus dengan resultan gaya dan berbanding terbalik massa benda.



Gambar 6.7 Bola akan berubah arah ketika pemain menendangnya.

Secara matematis, Hukum II Newton dinyatakan sebagai berikut.

$$a = \frac{\sum F}{m} \quad \dots\dots (6.4)$$

#### Keterangan:

$F$  = resultan gaya (Newton)

$m$  = massa benda (kg)

$a$  = percepatan benda (Newton/kg)

#### Contoh

Sebuah mesin perahu motor menghasilkan gaya 15.000 N. Berapa percepatan perahu motor jika massa perahu motor 1.000 kg dan total gaya gesekan perahu motor dengan air adalah 1.000 N?

Jawab:



Perhatikan gambar di atas!

$$\begin{aligned}\Sigma F &= F - f \\ &= 15.000 \text{ N} - 1.000 \text{ N} \\ &= 14.000 \text{ N}\end{aligned}$$

Percepatan perahu motor tersebut adalah:

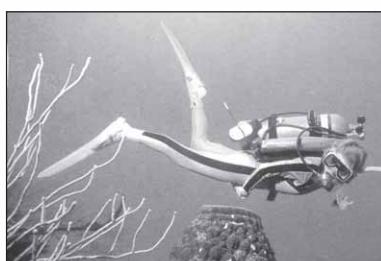
$$a = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{14.000 \text{ N}}{1.000 \text{ kg}} = 14 \text{ N/kg}$$

### 3. Hukum III Newton

Pernahkah kamu memukul tembok dengan tanganmu? Apa yang kamu rasakan? Tanganmu akan terasa sakit, bukan? Hal ini terjadi sebagai reaksi dari gaya yang kamu keluarkan untuk memukul tembok sehingga tembok mengerjakan gaya yang sama besar pada tanganmu. Semakin keras kamu memukul tembok, tanganmu akan terasa semakin sakit.

Hal ini dijelaskan Newton dalam Hukum III Newton yang dinyatakan sebagai berikut.

Jika kamu memberikan gaya pada suatu benda (gaya aksi), kamu akan mendapatkan gaya yang sama besar, tetapi arahnya berlawanan (gaya reaksi) dengan gaya yang kamu berikan.



**Gambar 6.8** Menyelam merupakan contoh penerapan Hukum III Newton.

Secara matematis, Hukum III Newton dinyatakan sebagai berikut.

$$F_{\text{aksi}} = -F_{\text{reaksi}} \quad \dots\dots (6.5)$$

Contoh Hukum III Newton dalam kehidupan sehari-hari ditunjukkan pada **Gambar 6.8**. Tahukah kamu, bagaimana penyelam dapat berenang di dalam laut? Kaki dan tangan penyelam mendorong air ke belakang (gaya aksi) sehingga badan penyelam ter dorong ke depan sebagai gaya reaksi.

### Tugas 6.2

Carilah beberapa contoh penerapan Hukum III Newton dalam kehidupan sehari-hari! Diskusikan dengan teman-temanmu, kemudian bacakan hasilnya di depan kelas!

### Latihan 6.3

- Berilah dua contoh penerapan Hukum I Newton dalam kehidupan sehari-hari!
- Sebuah mobil bergerak dengan gaya mesin sebesar 7.500 N dan mengalami percepatan sebesar 7N/kg. Jika gaya gesekan ban mobil dengan jalan sebesar 500 N, tentukan massa mobil tersebut!
- Dengan menggunakan Hukum II Newton, isilah tabel berikut! Kerjakan di buku tugasmu.

| Resultan Gaya (N) | Massa (kg) | Percepatan (N/kg) |
|-------------------|------------|-------------------|
| 4                 | 2          | ....              |
| ....              | 4,5        | 2                 |
| 5                 | ....       | 2,5               |
| ....              | 6          | 1,5               |



## C Analisis Gaya Gesekan dan Gaya Berat

Dua gaya yang sering kamu jumpai dalam kehidupan sehari-hari adalah gaya gesekan dan gaya berat. Apakah gaya gesekan itu? Apa pula gaya berat?

### 1. Gaya Gesekan

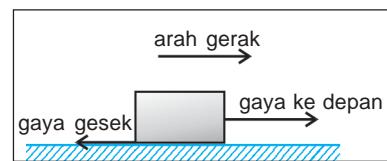
Pernahkah kamu mengamati permukaan ban mobil? Mobil memiliki permukaan ban yang kasar dan beralur. Jika mobil dipakai terus-menerus, lama-kelamaan permukaan ban yang kasar dan beralur ini menjadi aus dan gundul. Tahukah kamu, mengapa permukaan ban mobil tersebut menjadi aus dan gundul?

Bagian ban mobil selalu berhadapan dengan permukaan jalan yang kasar. Permukaan jalan kasar inilah yang terus-menerus mengikis permukaan ban mobil hingga akhirnya menjadi aus dan gundul. Nah, gesekan antara permukaan jalan yang kasar dan ban mobil dinamakan gaya gesekan. Gaya gesekan selalu memiliki arah yang berlawanan dengan arah gerak benda. Perhatikan Gambar 6.10!

Tahukah kamu, apa yang memengaruhi besar atau kecilnya gaya gesekan? Agar kamu lebih memahami hal-hal yang memengaruhi besar atau kecilnya gaya gesekan, lakukanlah Kegiatan 6.2!



Gambar 6.9 Ban mobil akan aus jika dipakai terus menerus.



Gambar 6.10 Diagram gaya-gaya yang bekerja pada ban mobil.

## Kegiatan 6.2

### Gaya Gesekan

#### Tujuan:

Mengamati pengaruh permukaan benda terhadap gaya gesek.

#### Alat dan bahan:

Neraca pegas, sebuah balok kayu, meja yang permukaannya kasar, kaca, dan minyak goreng.

#### Prosedur kerja:

1. Letakkan balok kayu di atas meja yang permukaannya kasar. Kemudian, tariklah balok tersebut dengan sebuah neraca pegas. Amati skala yang ditunjukkan neraca pegas pada saat balok tepat akan bergerak.
2. Letakkan balok kayu di atas kaca yang permukaannya agak kasar. Kemudian, tariklah balok tersebut dengan sebuah neraca pegas. Amati skala yang ditunjukkan neraca pegas pada saat balok tepat akan bergerak.
3. Lumuri permukaan kaca dengan minyak goreng sehingga permukaannya menjadi licin. Letakkan balok kayu di atas kaca licin. Kemudian, tariklah balok tersebut dengan sebuah neraca pegas. Amati skala yang ditunjukkan neraca pegas pada saat balok tepat akan bergerak.

#### Diskusikan pertanyaan berikut untuk mendapatkan kesimpulan!

1. Pada permukaan manakah neraca pegas menunjukkan skala yang terkecil?
2. Pada permukaan manakah neraca pegas menunjukkan skala yang terbesar?
3. Kesimpulan apa yang kamu dapatkan setelah melakukan kegiatan ini?

Dari Kegiatan 6.2, kamu dapat mengamati bahwa kekasaran atau kehalusan bentuk permukaan dapat memengaruhi besar gaya gesekan. Semakin kasar bentuk permukaan, semakin besar gaya gesekannya. Sebaliknya, semakin halus bentuk permukaan, semakin kecil gaya gesekannya.

Apakah keuntungan atau kerugian gaya gesek bagi manusia? Gaya gesek yang dapat menguntungkan manusia adalah sebagai berikut.

- a. Akibat dari adanya gaya gesek, kamu dapat berjalan di atas tanah dengan nyaman. Jika tidak ada gaya gesek, mustahil kamu dapat berjalan karena kamu pasti tergelincir.
- b. Gaya gesek antara ban mobil dengan jalan membuat mobil dapat bergerak dengan baik. Jika tidak ada gaya gesek, mobil tidak dapat bergerak dengan baik karena mobil tersebut pasti tergelincir.
- c. Gaya gesek dapat dimanfaatkan pula pada rem kendaraan. Dengan adanya gaya gesek antara karet rem dan roda kendaraan, maka kamu dapat mengurangi atau menghentikan gerak kendaraan.

Kerugian gaya gesek bagi manusia adalah sebagai berikut.

- a. Gaya gesekan pada bagian-bagian yang ada dalam mesin mobil atau motor dapat menimbulkan panas yang ber-



**Gambar 6.11** Gesekan antara ban dan jalan diperlukan agar mobil dapat berjalan dengan baik.

- lebihan. Hal ini dapat menyebabkan mesin mobil cepat rusak. Untuk mengatasi hal ini mesin diberi oli agar gesekan antara bagian-bagian mesin lebih kecil.
- b. Gesekan antara ban mobil dan jalan menyebabkan ban mobil cepat aus. Selain itu, gesekan ini dapat menghambat gerak mobil sehingga mobil tidak dapat bergerak dengan kelajuan tinggi.
  - c. Gesekan antara air laut dan kapal laut dapat menghambat gerak kapal laut. Untuk mengatasi hal ini, ujung kapal laut dibuat lancip sehingga gesekan antara kapal laut dan air laut dapat diperkecil.



**Gambar 6.12** Gesekan antara air laut dan kapal laut dapat menghambat gerak kapal laut.

### Tugas 6.2

Carilah beberapa contoh lain gaya gesekan yang menguntungkan dan gaya gesekan yang merugikan di sekitar lingkunganmu!

### Latihan 6.3

1. Apakah gaya gesekan itu?
2. Mengapa oli pada kendaraan bermotor harus selalu diganti setelah menempuh jarak tertentu?
3. Apakah yang terjadi jika tidak ada gaya gesekan di dunia ini?
4. Mengapa bentuk permukaan pesawat terbang dibuat lancip (*streamline*)?
5. Jelaskanlah hal-hal yang dapat memperkecil atau memperbesar gaya gesekan!

## 2. Gaya Berat

Dalam kehidupan sehari-hari, istilah berat kadang-kadang disalahartikan, seperti "Ayah membeli beras seberat 50 kg" atau "Berapakah berat badanmu?" Istilah berat pada contoh di atas tidaklah tepat karena kata berat yang dimaksud, sebenarnya adalah **massa** benda. Nah, tahukah kamu apa perbedaan antara massa dan berat?

**Massa** adalah ukuran banyaknya materi yang terkandung dalam suatu benda. Massa diukur dengan menggunakan neraca. Satuan massa dalam SI adalah kilogram. Massa merupakan besaran yang tidak memiliki arah. Oleh karena itu, massa termasuk besaran skalar.

**Berat** adalah gaya gravitasi bumi yang bekerja pada suatu benda. Berat merupakan besaran yang memiliki arah. Arah berat selalu tegak lurus terhadap permukaan bumi. Berat merupakan salah satu bentuk gaya. Berat dapat diukur dengan menggunakan neraca pegas atau dinamometer. Satuan berat dalam SI dinyatakan dalam Newton.

Nah, bagaimanakah hubungan antara massa dan berat? Agar kamu lebih memahaminya, lakukanlah **Kegiatan 6.3!**

### Kegiatan 6.3

#### Gaya Berat

##### Tujuan:

Menyelidiki hubungan antara massa dengan berat benda.

##### Alat dan bahan:

Sebuah neraca pegas dengan skala pengukur sampai 20 N.

Empat buah balok dengan massa berturut-turut 1 kg, 2 kg, 3 kg, dan 4 kg.

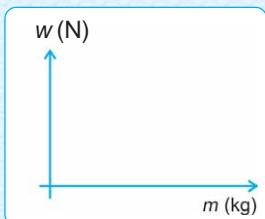
Selebar kertas grafik.

##### Prosedur kerja:

1. Gantungkanlah balok pada neraca pegas secara bergantian, kemudian bacalah berat tiap-tiap balok.
2. Catatlah data massa dan beratnya pada tabel berikut, kemudian hitunglah perbandingan antara berat dan massanya. Buatlah tabel ini di buku tugasmu!

| Massa ( $m$ ) | Berat ( $w$ ) | $\frac{w}{m}$ |
|---------------|---------------|---------------|
| 1 kg          | ....          | ....          |
| 2 kg          | ....          | ....          |
| 3 kg          | ....          | ....          |
| 4 kg          | ....          | ....          |

3. Buatlah grafik hubungan antara berat ( $w$ ) terhadap massa ( $m$ ) pada kertas grafik seperti gambar di bawah. Kerjakan di buku tugasmu!



*Diskusikan pertanyaan berikut untuk mendapatkan kesimpulan!*

1. Bagaimanakah hasil perhitungan  $\frac{w}{m}$ ?
2. Bagaimanakah bentuk grafik berat terhadap massa yang kamu peroleh?
3. Apa kesimpulan yang kamu dapatkan dari percobaan ini?

Dari Kegiatan 6.3, kamu mendapatkan bahwa nilai perbandingan  $w$  dan  $m$  selalu menunjukkan nilai yang sama (tetap), yaitu  $\pm 9,8 \text{ N/kg}$ . Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa nilai perbandingan antara gaya berat dan massa setiap benda pada suatu tempat tertentu selalu tetap. Nilai perbandingan itu harganya sama dengan percepatan benda yang jatuh bebas ke bumi yang dinamakan **percepatan gravitasi bumi**.

Secara matematis, percepatan gravitasi bumi dituliskan:

$$g = \frac{w}{m} \quad \dots\dots (6.6)$$

Berdasarkan persamaan tersebut diperoleh persamaan gaya berat dan persamaan massa sebagai berikut.

$$w = m \times g \text{ atau } m = \frac{w}{g} \quad \dots\dots (6.7)$$

#### Keterangan:

$g$  = percepatan gravitasi bumi (N/kg)

$w$  = gaya berat (N)

$m$  = massa (kg)

#### Contoh

Massa Ani, Dewi, dan Anggun berturut-turut adalah 45 kg, 40 kg, dan 50 kg. Jika percepatan gravitasi bumi 9,8 N/kg, hitunglah berat Ani, Dewi, dan Anggun!

#### Jawab:

Berat Ani:  $w = m \times g$   
=  $45 \text{ kg} \times 9,8 \text{ N/kg}$   
= 441 N

Berat Dewi:  $w = m \times g$   
=  $40 \text{ kg} \times 9,8 \text{ N/kg}$   
= 392 N

Berat Anggun:  $w = m \times g$   
=  $50 \text{ kg} \times 9,8 \text{ N/kg}$   
= 490 N

Besarnya percepatan gravitasi di permukaan bumi tidak tepat sama. Misalnya, percepatan gravitasi di daerah khatulistiwa dan daerah kutub tidaklah sama. Hal ini dikarenakan jari-jari bumi di daerah Kutub Utara atau Kutub Selatan lebih kecil daripada jari-jari bumi di daerah khatulistiwa. Percepatan gravitasi di daerah kutub sekitar 9,83 N/kg, sedangkan percepatan gravitasi di daerah khatulistiwa sekitar 9,78 N/kg. Jadi, percepatan gravitasi bumi di daerah kutub lebih besar daripada percepatan gravitasi bumi di daerah khatulistiwa.

Nah, apakah besar percepatan gravitasi di setiap permukaan planet sama? Ternyata besarnya percepatan gravitasi di setiap permukaan planet tidaklah sama. Hal ini karena percepatan gravitasi dipengaruhi oleh massa dan ukuran planet.

Perlu diingat bahwa berat dipengaruhi oleh percepatan gravitasi sehingga berat astronot di planet Mars berbeda dengan berat astronot ketika ada di bumi. Berbeda halnya dengan massa, massa benda tidak dipengaruhi oleh percepatan gravitasi sehingga massa astronot ketika di bumi sama dengan massa astronot ketika di planet Mars.

### Contoh

Massa sebuah batu di bumi 20 kg. Jika percepatan gravitasi bumi 9,8 N/kg dan percepatan gravitasi bulan seperenam percepatan gravitasi bumi. Berapakah berat batu yang hilang ketika dibawa ke bulan?

Jawab:

Massa di bumi sama dengan massa di bulan,  $m_{\text{Bumi}} = m_{\text{Bulan}} = 20 \text{ kg}$   
percepatan gravitasi bumi,  $g_{\text{Bumi}} = 9,8 \text{ N/kg}$

percepatan gravitasi bulan,  $g_{\text{Bulan}} = \frac{1}{6} \times 9,8 \text{ N/kg} = 1,6 \text{ N/kg}$

berat batu di bumi,  $w_{\text{Bumi}} = m_{\text{Bumi}} \times g_{\text{Bumi}}$   
 $= 20 \text{ kg} \times 9,8 \text{ N/kg} = 196 \text{ N}$

berat batu di bulan,  $w_{\text{Bulan}} = m_{\text{Bulan}} \times g_{\text{Bulan}}$   
 $= 20 \text{ kg} \times 1,6 \text{ N/kg} = 32 \text{ N}$

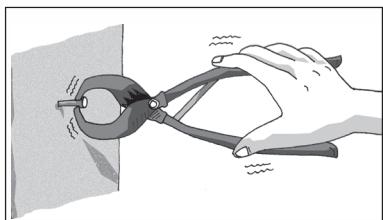
Jadi, batu kehilangan berat sebesar  $= 196 \text{ N} - 32 \text{ N} = 164 \text{ N}$

### Latihan 6.5

1. Tuliskan 3 faktor yang memengaruhi gaya berat!
2. Manakah yang lebih besar, berat Ana di kota Solo dengan berat Ana ketika pergi ke Kutub Utara? Jelaskan!
3. Jika percepatan gravitasi Bumi 9,8 N/kg, hitunglah berat tiap batu yang memiliki massa berturut-turut 5 kg, 15 kg, dan 7,5 kg!
4. Massa Tina di Bumi 45 kg. Percepatan gravitasi bumi 9,8 N/kg dan percepatan gravitasi bulan seperenam percepatan gravitasi bumi. Berapakah berat Tina yang hilang ketika berada di bulan?
5. Sebutkan 4 perbedaan antara massa dan berat!



### D Pesawat Sederhana



Gambar 6.13 Catut untuk mencabut paku.

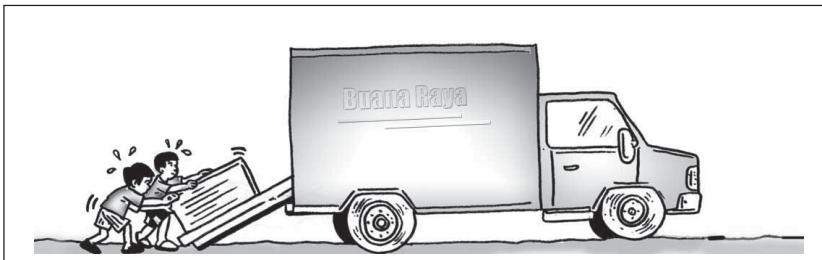
Banyak kehidupan sehari-hari yang tampak biasa-biasa saja, tetapi tidak seperti itu bagi seorang fisikawan. Kejadian-kejadian tersebut selalu saja menimbulkan pertanyaan-pertanyaan. Sebagai contoh, ketika kamu ingin mencabut paku yang tertancap di dinding, kamu akan sulit bahkan tidak mampu melakukannya tanpa bantuan alat. Jika kamu menggunakan catut, pekerjaan itu akan mudah dilakukan.

Mengapa mencabut paku dengan catut terasa lebih mudah? Mengapa dayung dapat menggerakkan perahu dengan tenaga yang tidak terlalu besar? Jawaban dari pertanyaan-pertanyaan ini akan kamu temukan dalam pembelajaran berikut ini.

Gilang dan Garin sedang membantu ayah dan ibu mereka yang sedang berkemas karena keluarga mereka akan pindah ke luar kota. Sebagian barang dimasukkan ke dalam kotak kayu besar. Tentu saja kotak ini sangat berat. Ketika kotak ini akan dipindahkan ke bak mobil, permasalahan baru timbul. Mereka

hanya mampu mendorong atau menarik kotak, tetapi tidak mampu mengangkat kotak secara vertikal ke atas. Bagaimana mereka menyelesaikan masalah ini?

Ayah mereka menggunakan papan kayu untuk membuat sebuah bidang miring antara tanah dan bak mobil. Dengan cara demikian, mereka dapat mendorong kotak tersebut melewati bidang miring. Ternyata, dengan bantuan bidang miring ini mereka mampu menaikkan kotak berat ke dalam bak mobil.



Gambar 6.14 Bidang miring digunakan untuk mempermudah menaikkan kotak.

Perhatikan tukang bangunan yang sedang membangun sebuah gedung yang tinggi. Ketika sedang menembok bagian gedung di lantai atas, mereka menggunakan sebuah katrol untuk mengangkat bahan yang digunakan untuk menembok misalnya campuran semen dan pasir. Mengapa menggunakan katrol dan tidak memilih mengangkat dengan cara dibawa oleh seseorang dengan cara berjalan menaiki tangga?

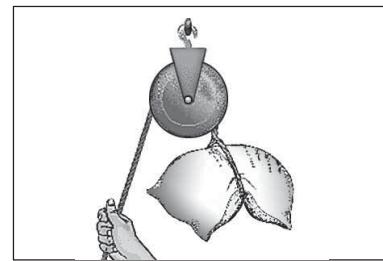
Perhatikan juga gigi-gigi roda pada sepedamu. Sepeda menggunakan gigi-gigi roda untuk memutar roda belakang. Gaya yang digunakan untuk memutar roda tersebut berasal dari kayuhan kakimu. Ketika kamu menaiki sepeda dan melewati sebuah tanjakan, apa yang akan kamu lakukan? Kamu akan mengubah posisi rantai sedemikian rupa sehingga gigi rantai depan pada posisi gigi kecil dan rantai belakang pada posisi gigi besar. Demikian roda sepeda akan berputar lambat tetapi kayuhan kakimu akan terasa ringan. Oleh karena itu, sepedamu dapat menaiki tanjakan dengan mudah.

Contoh-contoh peristiwa di atas merupakan penerapan pesawat sederhana dalam kehidupan sehari-hari. Dengan bantuan alat-alat tersebut, pekerjaan manusia akan terasa lebih mudah. Jadi, dapat dikatakan bahwa **pesawat sederhana** adalah alat-alat yang digunakan untuk mempermudah pekerjaan.

Dari contoh di atas terlihat bahwa ada 4 jenis pesawat sederhana, yaitu bidang miring, tuas, katrol, dan roda gigi. Mari kita bahas keempat alat sederhana tersebut!

## 1. Bidang Miring

Sesuai dengan namanya, bidang miring merupakan sebuah bidang miring yang digunakan untuk memindahkan sebuah benda ke ketinggian tertentu. Di bagian lalu telah diberikan contoh bagaimana Garin dan Gilang dapat dengan mudah memindahkan kotak ke atas bak mobil. Mengapa memindahkan kotak melalui bidang miring lebih mudah daripada



Gambar 6.15 Katrol mempermudah mengangkat barang.



Gambar 6.16 Gigi-gigi roda sepeda dapat digunakan untuk mengatur gaya.

mengangkat secara langsung? Untuk menjawabnya, mari kita melakukan perhitungan!

Misalnya, berat kotak adalah 8.000 N berarti untuk memindahkan kotak diperlukan gaya paling sedikit 8.000 N, ketinggian permukaan bak mobil dari tanah 1,5 m. Usaha yang dilakukan untuk mengangkat kotak tersebut adalah sebagai berikut.

$$W = F \times h \\ = 8.000 \text{ N} \times 1,5 \text{ m} = 12.000 \text{ Nm}$$

Bagaimana jika menggunakan bidang miring sepanjang 5 m? Usaha untuk memindahkan kotak ini adalah sama yaitu 12.000 Nm. Akan tetapi, karena jaraknya ( $s$ ) lebih besar, gaya yang diperlukan untuk memindahkan kotak melalui bidang miring lebih sedikit. Perhatikan **Gambar 6.17!**

$$F = \frac{W}{s} = \frac{12.000 \text{ Nm}}{5 \text{ m}} = 2.400 \text{ N}$$

Perhatikan bahwa gaya yang diperlukan untuk memindahkan kotak melalui bidang miring lebih kecil daripada memindahkan kotak dengan cara mengangkat secara langsung, meskipun panjang bidang miring lebih besar daripada jarak antara bak mobil dan tanah. Dengan demikian, penggunaan bidang miring mempunyai keuntungan yang disebut dengan keuntungan mekanis yang dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{keuntungan mekanis} = \frac{\text{bebannya}}{\text{kuasanya}} = \frac{\text{jarak perpindahan}}{\text{ketinggian}}$$

$$\text{Keuntungan mekanis} = \frac{W}{F} = \frac{s}{h} \quad \dots \dots (6.8)$$

Dengan demikian keuntungan mekanis penggunaan bidang miring pada uraian di atas adalah sebagai berikut.

$$\text{Keuntungan mekanis} = \frac{8.000}{2.400} = 3,33$$

### Contoh

Seorang mendorong sebuah peti seberat 600 N. Pria ini menggunakan sebuah papan dengan panjang 4 m yang digunakan sebagai bidang miring. Jika jarak permukaan tanah dan bak truk 2 m, hitunglah keuntungan mekanis penggunaan bidang miring ini!

**Jawab:**

$$\text{berat (\textit{w})} = 600 \text{ N}$$

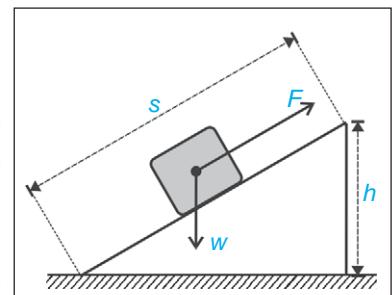
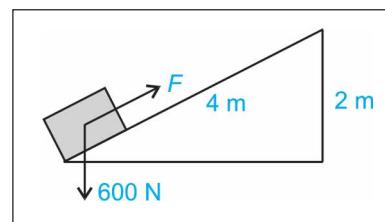
$$\text{jarak tanah dan bak truk} = 2 \text{ m}$$

$$\text{panjang bidang miring (\textit{s})} = 4 \text{ m}$$

$$\text{keuntungan mekanis} = \dots \dots ?$$

Usaha yang dilakukan:

$$W = w \times h \\ = 600 \text{ N} \times 2 \text{ m} \\ = 1.200 \text{ N.m}$$



**Gambar 6.17** Gaya-gaya yang bekerja pada bidang miring.

Jika menggunakan bidang miring, gaya yang dibutuhkan adalah:

$$F = \frac{W}{s} = \frac{1.200 \text{ Nm}}{4 \text{ m}} = 300 \text{ N}$$

$$\text{Keuntungan mekanis} = \frac{\text{beban}}{\text{kuasa}} = \frac{600}{300} = 2$$

Jadi, keuntungan mekanis penggunaan bidang miring ini adalah 2.

## 2. Tuas

Paku yang menancap di dinding dapat dicabut dengan mudah menggunakan catut. Catut termasuk pesawat sederhana yang digolongkan sebagai tuas. Sistem kerja tuas terdiri atas tiga komponen, yaitu beban, titik tumpu, dan kuasa.

Beban adalah benda yang akan dipindahkan atau dicabut. Pada contoh mencabut paku, yang menjadi bebananya adalah paku yang menancap di dinding. Titik tumpunya adalah bagian catut yang berada di antara beban dan tangan. Kuasa adalah gaya yang diberikan oleh tangan untuk mendorong tuas.

Dari penjelasan di atas diperoleh kesimpulan bahwa tuas adalah pesawat sederhana yang memiliki lengan yang berputar pada sebuah titik tumpu. Perbandingan antara beban dan kuasa adalah sama dengan perbandingan antara lengan kuasa dan lengan beban. Agar lebih jelas lakukan kegiatan berikut.

### Kegiatan 6.4

#### Tuas

##### Tujuan:

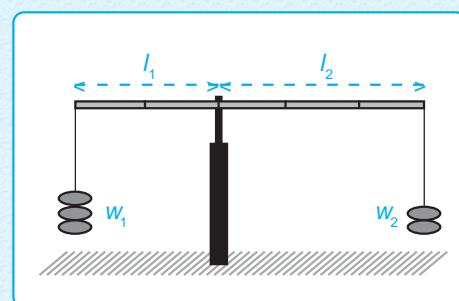
Memahami prinsip kerja tuas.

##### Alat dan bahan:

Satu batang besi, penyanga dan lima buah beban dengan berat masing-masing sama.

##### Prosedur kerja:

1. Susunlah alat seperti gambar.
2. Ulangi langkah 1 dengan memvariasi beban dan panjang lengan, tetapi posisi batang besi harus seimbang.
3. Tulis hasil percobaan pada tabel berikut. Buatlah tabel ini di buku tugasmu!



| No | $l_1$ | $l_2$ | $w_1$ | $w_2$ | $l_1 \cdot w_1$ | $l_2 \cdot w_2$ |
|----|-------|-------|-------|-------|-----------------|-----------------|
|    |       |       |       |       |                 |                 |

4. Apakah kesimpulan dari percobaan di atas?

Hubungan antara lengan kuasa, lengan beban, beban, dan kuasa secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\frac{w}{F} = \frac{L_K}{L_B} \Leftrightarrow F \times L_K = w \times L_B \dots\dots (6.9)$$

#### Keterangan:

$F$  = gaya (N)

$w$  = berat beban (N)

$L_B$  = lengan beban (m)

$L_K$  = lengan kuasa (m)

#### Contoh

Sebuah batu seberat 700 N akan dipindahkan dengan tuas yang panjangnya 2 m. Untuk membuat sistem pengungkit, digunakan sebuah batu sebagai tumpuan. Jika jarak titik tumpu terhadap beban 0,5 m, hitunglah gaya yang diperlukan untuk menggerakkan batu!

Jawab:

panjang tuas = 2 m

$L_B$  = 0,5 m

$L_K$  = (2 m - 0,5 m) = 1,5 m

$w$  = 700 N

$F$  = .... ?

$$\begin{aligned}\frac{w}{F} &= \frac{L_K}{L_B} \Leftrightarrow \frac{700 \text{ N}}{F} = \frac{1,5 \text{ m}}{0,5 \text{ m}} \\ &\Leftrightarrow F = \frac{0,5 \text{ m} \times 700 \text{ N}}{1,5 \text{ m}} \\ &= 233,3 \text{ N}\end{aligned}$$

Jadi, gaya yang diperlukan untuk menggerakkan batu adalah 233,3 N.

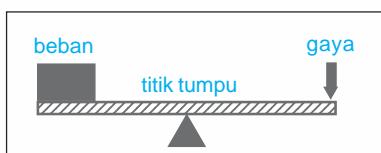
Tuas dapat dibedakan menjadi 3 jenis. Pembagian ini berdasarkan pada letak titik gaya, titik beban, titik tumpu.

#### a. Tuas Jenis Pertama

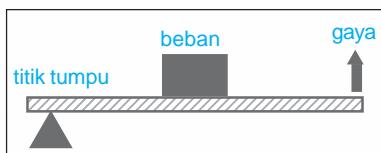
Jenis tuas ini mempunyai ciri titik tumpunya terletak di antara titik gaya (kuasa) dan titik beban. Perhatikan sebuah catut yang digunakan untuk mencabut paku. Letak titik tumpu berada di antara beban dan tangan kamu. Dengan demikian catut termasuk tuas jenis pertama. Contoh lain adalah gunting dan tang. Coba kamu cari contoh lain alat-alat sederhana yang termasuk tuas jenis pertama!

#### b. Tuas Jenis Kedua

Jenis tuas ini mempunyai ciri titik beban terletak di antara titik gaya (kuasa) dan titik tumpunya. Perhatikan sebuah pembuka botol yang digunakan untuk membuka botol! Letak titik bebannya terletak di antara titik tumpu dan titik kuasa. Dengan demikian, pembuka tutup botol termasuk tuas jenis kedua.



Gambar 6.19 Skema prinsip kerja tuas jenis pertama.

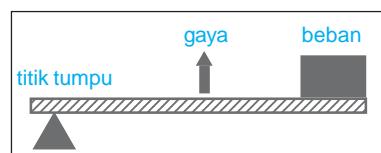


Gambar 6.20 Skema prinsip kerja tuas jenis kedua.

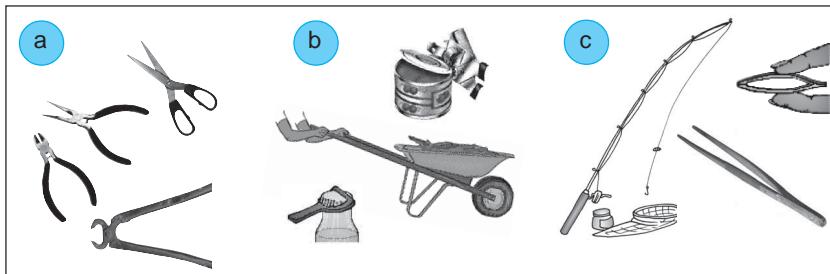
### c. Tuas Jenis Ketiga

Jenis tuas ini mempunyai ciri titik gaya terletak di antara titik tumpu dan titik beban. Contoh tuas ini adalah pinset.

Perhatikan contoh-contoh alat yang bekerja dengan menggunakan prinsip kerja tuas pada **Gambar 6.22!**



**Gambar 6.21** Skema prinsip kerja tuas jenis ketiga.



**Gambar 6.22** Alat-alat yang menggunakan prinsip kerja tuas.

- Tuas jenis pertama.
- Tuas jenis kedua.
- tuas jenis ketiga.

### Tugas 6.4

Carilah contoh-contoh tuas jenis pertama, kedua, dan ketiga beserta gambar-gambarnya, gambarkan pula skemanya. Buatlah kliping dari gambar-gambar tuas tersebut!

### 3. Katrol

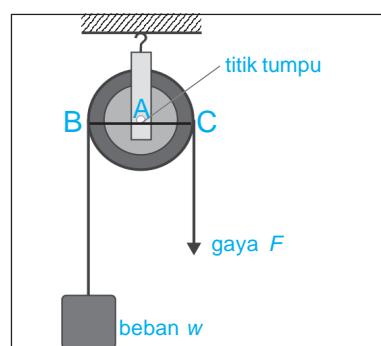
Pada uraian yang telah diberikan sebelumnya, tukang bangunan menggunakan katrol untuk mengangkat campuran pasir dan semen ke lantai atas. Hal ini disebabkan penggunaan katrol untuk mengangkat campuran pasir dan semen mempunyai keuntungan mekanik yang besar. Katrol sangat baik digunakan untuk memindahkan beban ke atas. Katrol dapat dibedakan menjadi katrol tunggal tetap, katrol tunggal bergerak, dan takal.

#### a. Katrol Tunggal Tetap

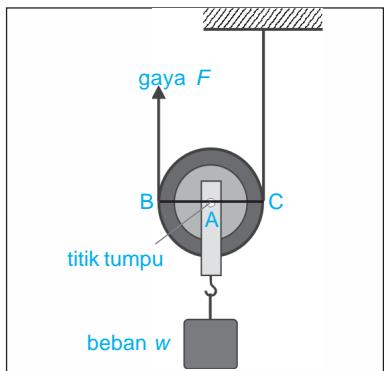
Sesuai dengan namanya, sistem katrol ini dibuat sedemikian rupa sehingga katrol tersebut tetap pada posisinya. Contoh yang sering kamu lihat sehari-hari, seperti katrol yang digunakan untuk menimba air.

Perhatikan **Gambar 6.23!** Titik tumpu yang merupakan pusat lingkaran katrol diberi nama A, kemudian AB dan AC masing-masing disebut lengan beban dan lengan gaya. Keuntungan katrol jenis tunggal ini sama dengan 1. Hal ini dikarenakan perbandingan antara lengan beban dan lengan gaya sama dengan 1. Dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$Km = \frac{w}{F} = \frac{AB}{AC} = 1 \quad \dots\dots (6.10)$$



**Gambar 6.23** Skema prinsip kerja katrol tunggal tetap.



Gambar 6.24 Skema prinsip kerja katrol tunggal bergerak.

### b. Katrol Tunggal Bergerak

Katrol tunggal jenis ini dirancang sedemikian rupa sehingga katrol ini bergerak. Perhatikan Gambar 6.24!

Titik C merupakan titik tumpu katrol, AC adalah lengan beban dan BC adalah lengan gaya. Katrol jenis ini mempunyai keuntungan mekanis 2, artinya perbandingan antara berat beban dan gaya sama dengan dua. Jika kamu mengangkat beban menggunakan katrol jenis ini, kamu hanya perlu memberikan gaya sebesar setengah kali berat beban. Dapat dirumuskan sebagai berikut.

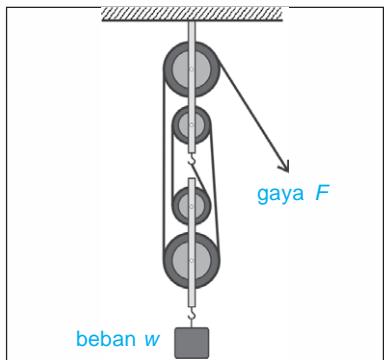
$$Km = \frac{w}{F} = \frac{BC}{AC}$$

Karena  $BC = 2AC$  maka keuntungan mekanisnya:

$$Km = \frac{BC}{AC} = \frac{2AC}{AC} = 2 \quad \dots\dots (6.11)$$

### c. Katrol Takal

Takal adalah katrol majemuk yang terdiri atas katrol-katrol tetap dan katrol-katrol bergerak. Takal biasa digunakan untuk mengangkat beban yang berat. Takal dapat menggunakan dua katrol di mana satu sebagai katrol tetap dipasang di atas dan satu lagi sebagai katrol bergerak. Takal juga dapat menggunakan tiga atau empat katrol. Perhatikan Gambar 6.25! Keuntungan mekanik tergantung jumlah katrol dan tali yang menanggung beban.

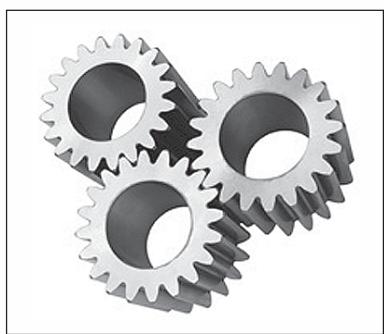


Gambar 6.25 Katrol takal.

## 4. Gigi Roda

Gigi roda merupakan contoh pesawat sederhana. Gigi roda banyak digunakan pada mesin-mesin mobil, sepeda motor, dan sepeda. Pernahkah kamu memperhatikan ketika kamu naik sepeda? Ketika kamu melewati tanjakan, sepeda kamu akan terasa berat. Hal ini dikarenakan tarikan gaya gravitasi yang bekerja pada badan dan sepedamu. Sepeda masa kini telah dilengkapi dengan gigi roda yang lebih dari satu. Gigi roda ini berfungsi meningkatkan atau menurunkan putaran.

Ketika sepeda akan melewati tanjakan, kamu pasti memindahkan gigi roda belakang sedemikian rupa sehingga rantai akan terhubung dengan gigi roda yang paling besar. Gigi roda depan yang berhubungan langsung dengan pedal tempat mengayuh pun diubah sedemikian rupa sehingga rantai akan terhubung pada gigi roda yang paling kecil. Hal ini mengakibatkan laju sepeda akan melambat, tetapi kamu akan merasakan kayuhan kakimu menjadi ringan. Sehingga dengan gaya sama seperti digunakan untuk mengayuh sepeda pada jalan datar, kamu dapat melewati tanjakan.



Gambar 6.26 Gigi roda.

### Latihan 6.6

1. Apa yang dimaksud dengan pesawat sederhana?
2. Sebutkan contoh-contoh pesawat sederhana dalam kehidupan sehari-hari!
3. Apa yang dimaksud dengan tuas, bidang miring, katrol, dan gigi roda?

4. Seorang pria akan memindahkan sebuah peti seberat 800 N dari tanah ke dalam truk. Ketinggian bak truk dari tanah adalah 1,5 m. Jika pria tersebut menggunakan sebuah papan dengan panjang 6 m untuk membuat bidang miring, hitunglah:
  - a. usaha yang dilakukan pria ini jika ia mengangkat secara langsung tanpa menggunakan bidang miring!
  - b. keuntungan mekanik jika ia menggunakan bidang miring untuk memindahkan peti tersebut!
5. Sebutkan alat-alat sederhana yang termasuk jenis bidang miring, katrol, tuas, dan gigi roda! Jelaskan pula cara kerjanya!

## Rangkuman

- Gaya adalah suatu tarikan atau dorongan yang bekerja pada benda. Gaya merupakan besaran vektor yang mempunyai nilai (besar) dan arah.
  - a. Gaya sentuh, yaitu gaya akibat sentuhan pada permukaan benda.
  - b. Gaya tidak sentuh, yaitu gaya yang terjadi tanpa adanya sentuhan pada benda.
- Resultan gaya adalah gabungan dari beberapa gaya yang bekerja pada sebuah benda.
- Kesetimbangan adalah keadaan suatu benda di mana resultan gaya sama dengan nol. Pada keadaan setimbang, benda tidak mengalami perubahan keadaan.
- Hukum I Newton menyatakan bahwa sebuah benda tetap dalam keadaan diam atau terus bergerak dengan kelajuan tetap, kecuali jika ada gaya luar yang bekerja pada benda tersebut.  

$$\Sigma F = 0$$
- Hukum II Newton menyatakan bahwa percepatan yang dihasilkan gaya pada suatu benda sebanding dengan resultan gaya dan berbanding terbalik dengan massa benda.  

$$a = \frac{\Sigma F}{m}$$
- Hukum III Newton menyatakan bahwa dari suatu gaya yang bekerja pada benda terjadi gaya reaksi yang sama besar dan arahnya berlawanan.  

$$F_{\text{aksi}} = -F_{\text{reaksi}}$$
- Gaya yang sering kita jumpai adalah gaya gesekan dan gaya berat. Gaya gesekan adalah gaya yang terjadi akibat pergerakan suatu benda di atas permukaan bidang. Sedangkan gaya berat adalah perkalian antara percepatan gravitasi bumi dengan massa benda.
- Pesawat sederhana adalah alat-alat yang digunakan untuk mempermudah pekerjaan manusia. Ada empat jenis pesawat sederhana, yaitu bidang miring, tuas, katrol, dan roda gigi.

## Refleksi

Kamu telah selesai mempelajari materi dalam bab ini. Sebelum melanjutkan bab berikutnya, lakukan evaluasi dengan menjawab pertanyaan di bawah ini. Jika semua pertanyaan dijawab dengan ‘ya’, kamu dapat melanjutkan ke bab berikutnya. Jika ada pertanyaan yang dijawab dengan ‘tidak’, maka kamu perlu mengulangi materi yang berkaitan dengan pertanyaan itu. Jika ada kesulitan atau ada yang tidak dimengerti, tanyakan kepada Bapak/Ibu Guru.

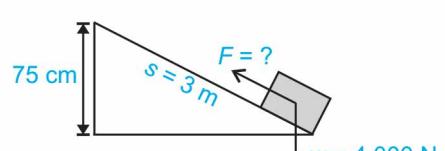
1. Apakah yang kamu ketahui tentang gaya? Dapatkah kamu menyebutkan jenis-jenis gaya, cara penjumlahan gaya, dan pengaruh gaya pada suatu benda?

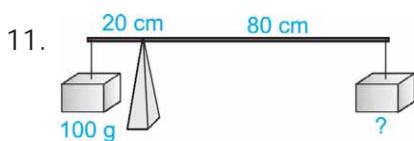
- Dapatkan kamu menyebutkan bunyi hukum Newton tentang gaya dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari?
- Dapatkan kamu menjelaskan pengertian gaya gesek serta menyebutkan keuntungan dan kerugiannya dalam kehidupan sehari-hari?
- Apakah kamu dapat mengemukakan perbedaan massa dan berat serta menjelaskan pengaruh gravitasi terhadap gaya berat?
- Apakah kamu dapat menjelaskan pengertian pesawat sederhana dan memberikan contoh penerapannya dalam kehidupan sehari-hari?

## Latih Kemampuan 6

### I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- Salah satu contoh gaya tak sentuh adalah ....
    - gaya berat
    - gaya menarik meja
    - gaya gesekan
    - gaya mendorong lemari
  - Apabila gaya 12 N digambarkan dengan anak panah sepanjang 6 cm, maka anak panah sepanjang 30 cm menggambarkan gaya sebesar ....
 

|         |         |
|---------|---------|
| a. 90 N | c. 50 N |
| b. 60 N | d. 40 N |
  - Dua buah gaya  $F_1 = 45 \text{ N}$  dan  $F_2 = 55 \text{ N}$  memiliki arah yang berlawanan. Resultan kedua gaya tersebut adalah ....
    - 10 N searah dengan  $F_1$
    - 10 N searah dengan  $F_2$
    - 100 N searah dengan  $F_1$
    - 100 N searah dengan  $F_2$
  - Empat buah gaya bekerja pada suatu benda seperti pada gambar.
- 
- Besarnya dan arah resultan gaya pada benda tersebut sama dengan ....
- 3 N ke kiri
  - 3 N ke kanan
  - 6 N ke kiri
  - 6 N ke kanan
- Benda dalam keadaan setimbang jika pada benda tersebut ....
    - terdapat sejumlah gaya yang besarnya sama
    - resultan seluruh gaya yang bekerja sama dengan nol
    - terdapat dua gaya yang searah
    - terdapat empat gaya yang searah
  - Berikut ini yang merupakan keuntungan dari gaya gesekan adalah ....
    - gesekan pada bagian dalam mesin
    - gesekan air pada kapal laut yang sedang bergerak.
    - gesekan angin pada mobil yang sedang bergerak.
    - pengereaman untuk memperlambat gerak mobil
  - Untuk menjaga suatu benda dengan berat 30 N tetap bergerak dengan kecepatan konstan sepanjang permukaan mendatar, diperlukan sebuah gaya 20 N. Gaya gesekan antara permukaan dan benda adalah ....
    - 0 N
    - 5 N
    - 10 N
    - 50 N
  - Berat suatu benda 34,3 N. Jika percepatan gravitasi bumi 9,8 N/kg, massa benda tersebut adalah ....
    - 3,50 g
    - 35,0 g
    - 350 g
    - 3.500 g
  - Berat sebuah batu 48 N ketika berada di bulan. Jika percepatan gravitasi bulan 1,6 N/kg, massa batu tersebut ketika dibawa ke bumi adalah ....
    - 5 kg
    - 24 kg
    - 30 kg
    - 48 kg
  - 
- Gaya yang diperlukan untuk mendorong beban pada sistem di atas adalah ....
- 500 N
  - 750 N
  - 1.000 N
  - 1.500 N



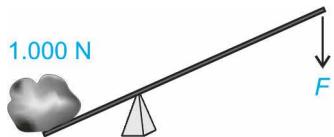
Agar sistem seimbang, maka massa kuasa adalah ....

- a. 20 gr
- c. 30 gr
- b. 25 gr
- d. 35 gr

12. Berikut ini peralatan yang merupakan tuas jenis pertama adalah ....

- a.
- c.
- b.
- d.

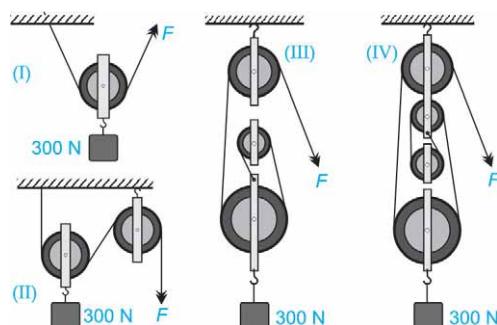
13. Perhatikan gambar berikut!



Untuk mengangkat beban 1.000 N digunakan tuas yang panjangnya 300 cm dan lengan beban 50 cm. Maka gaya yang diperlukan adalah ....

- a. 150 N
- b. 167 N
- c. 200 N
- d. 250 N

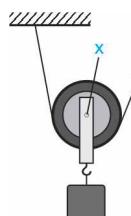
14. Perhatikan gambar berikut!



Dari gambar di atas, yang memiliki keuntungan mekanis paling besar adalah ....

- a. I
- b. II
- c. III
- d. IV

15. Perhatikan gambar berikut ini!



Bagian yang ditunjuk dengan huruf x adalah ....

- a. titik beban
- b. lengan gaya
- c. titik tumpu
- d. titik gaya

## B. Kerjakan soal-soal di bawah ini dengan benar!

1. Resultan dua buah gaya yang arahnya berlawanan dan segaris adalah 14 N. Jika besar gaya yang searah dengan gaya resultan tersebut 26 N, berapakah besar dan arah gaya lainnya?
2. Massa sebuah batu di bumi 40 kg. Jika percepatan gravitasi bumi 9,8 N/kg dan percepatan gravitasi bulan seperenam percepatan gravitasi bumi, berapakah berat batu yang hilang ketika dibawa ke bulan?
3. Sebuah batu besar seberat 1.000 N akan digulingkan menggunakan tuas sepanjang 5 m, lengan bebannya 2 meter. Hitunglah besar gaya yang harus diberikan!
4. Mengapa keuntungan mekanis katrol tunggal tetap lebih kecil daripada keuntungan mekanis katrol tunggal bergerak?
5. Berilah contoh-contoh pekerjaan sehari-hari yang menggunakan pesawat sederhana!

### Ban, Mengapa Begitu Penting?



Berbeda dengan komponen lain, ban adalah komponen yang paling sering diributkan di F1 (Formula 1). Sedemikian pentingkah peran ban dalam meningkatkan performa mobil? Bagaimana potensi eksplorasi teknologi untuk meningkatkan performa ban itu sendiri? Bagaimana pula performa ban bisa mengurangi kebutuhan mobil akan *downforce*?

Untuk memahami cara kerja ban, ada baiknya kita mengerti dulu konsep gaya gesek. Jika kita ingin menggeser sesuatu, ada gaya yang harus kita lawan, itulah gaya gesek (dalam hal ini gaya gesek statis). Gaya gesek ada dua macam, statis untuk gesekan antara dua permukaan yang belum bergerak dan dinamis untuk gesekan antara dua permukaan yang telah bergerak satu sama lain. Gaya gesek statis selalu lebih besar daripada gaya gesek dinamis (itulah sebabnya tenaga yang kita butuhkan saat mendorong lemari dari kondisi diam, selalu lebih besar daripada kita mendorongnya saat lemari itu sudah bergerak).

Sekarang kita lihat fenomena ban pada F1. Sebetulnya fungsi ban pada mobil F1 dan mobil komersial adalah sama, yaitu sebagai satu-satunya media untuk mentransfer torsi dari *engine* ke permukaan aspal dan akhirnya menyebabkan mobil bergerak. Torsi jika dibagi dengan jarak antara poros roda dengan permukaan kontak ban dengan aspal akan menghasilkan gaya dorong, yaitu gaya yang menyebabkan mobil bergerak. Yang perlu diperhatikan adalah gaya dorong ini tidak boleh melebihi gaya gesek yang timbul antara permukaan ban dengan aspal. Jika kondisi ini dilanggar, yang terjadi adalah *skid* alias timbul gesekan antara ban dengan aspal, sehingga mengakibatkan ban berputar tetapi mobil tidak berjalan secara semestinya.

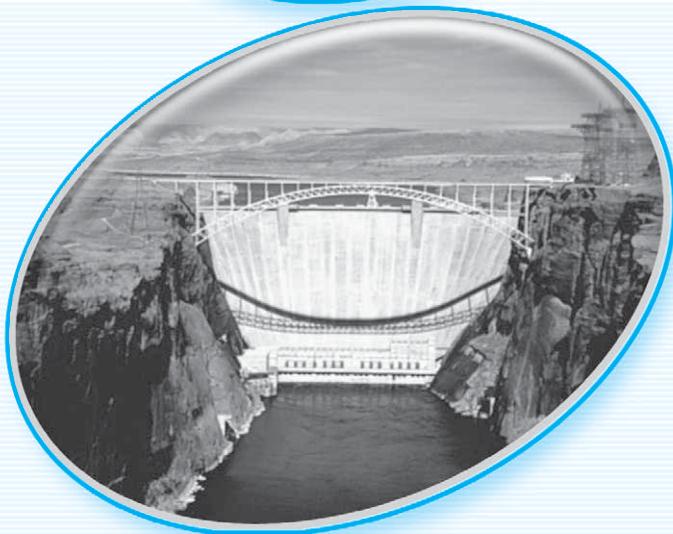
Selain fungsi itu, ban juga sangat berperan saat mobil menikung. Saat mobil berbelok, timbul gaya sentrifugal. Mobil akan terlempar ke arah luar kurva belokan jika tidak ada gaya gesek antara permukaan ban dengan aspal. Dengan kata lain, gaya gesek tersebut melawan gaya sentrifugal yang timbul sehingga mobil tetap berada di lintasan. Mobil hanya akan terlempar jika gaya sentrifugal yang timbul melampaui gaya gesek yang mampu diberikan permukaan kontak ban dengan aspal, dalam hal ini mungkin saja mobil terlalu cepat atau beloknya terlalu tajam.

Kesimpulannya, gaya gesek antara ban dengan aspal harus sebesar-besarnya agar torsi besar dari *engine* dan gaya sentrifugal yang timbul saat mobil menikung tidak dapat "mengalahkannya". Dalam dunia F1, gaya gesek ini kita kenal sebagai "*grip*".

Sumber: <http://www.f1indonesia.com>

## Bab VII

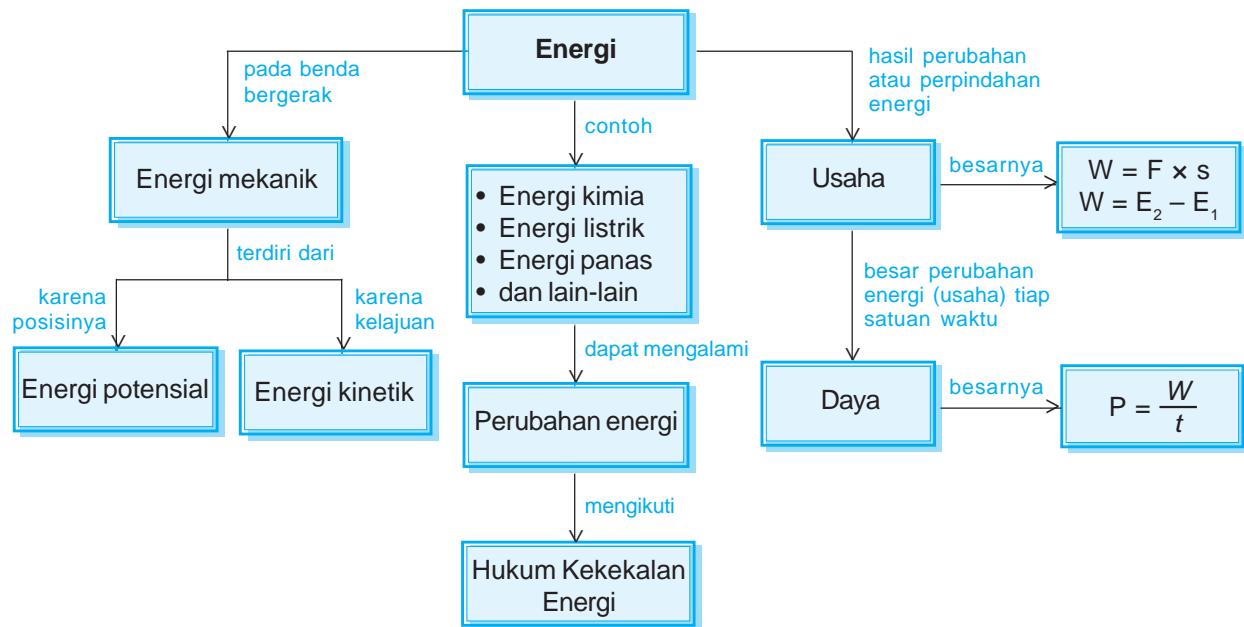
# Energi dan Usaha



Energi gerak dari angin dapat memutar kincir yang terhubung dengan turbin. Energi gerak ini kemudian oleh turbin diubah menjadi energi listrik. Dengan prinsip yang sama, energi gerak dari air dapat pula diubah menjadi energi listrik. Bagaimana perubahan-perubahan energi yang lain? Dengan energi, dapat dilakukan usaha sehingga menghasilkan daya. Bagaimana hubungan usaha, energi, dan daya?

Mari kita pahami peranan usaha, gaya, dan energi dalam kehidupan sehari-hari. Dalam pembelajaran bab ini, akan dijelaskan hubungan bentuk energi dan perubahannya, prinsip usaha dan energi, serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

# Peta Konsep



## Kata Kunci

- energi
- kekekalan energi
- usaha



## A Energi

Kamu telah sering mendengar atau mengucapkan kata energi. Tetapi, tahukan kamu apa sebenarnya energi itu? Bagaimana bentuk dan macam-macam energi? Untuk memahami lebih lanjut mengenai energi, mari kita pelajari uraian berikut!

### 1. Pengertian Energi

Ketika kamu berolahraga, misalnya main basket. Kamu mengeluarkan tenaga untuk berlari dan memainkan bola. Otot-otot tubuhmu mengubah energi kimia yang diperoleh dari makanan menjadi energi otot yang digunakan untuk bergerak. Berapa lama kamu dapat bertahan main basket? Tentu ada batasnya bukan? Kamu tidak mungkin bermain basket terus-menerus tanpa istirahat. Kamu pasti lelah. Otot-otot tubuhmu tidak dapat lagi memberikan energi untuk bergerak. Pada saat itu kamu membutuhkan istirahat, makan, dan minum untuk mengganti energi dalam tubuhmu.

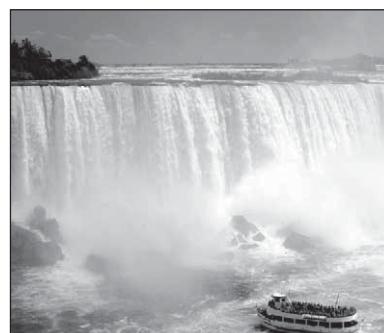
Perhatikan jika kamu menyekrika baju sekolahmu! Kamu pasti menggunakan setrika listrik untuk melakukannya. Setrika dapat digunakan jika terhubung dengan sumber arus listrik. Di dalam setrika terdapat komponen-komponen elektronika yang mengubah energi listrik menjadi energi panas.

Perhatikan juga jika kamu melempar bola ke atas dan jatuh di tanah yang agak lembek! Apa yang terjadi? Batu yang kamu lemparkan akan meninggalkan jejak di tanah dan menimbulkan suara. Dalam hal ini, batu mempunyai energi gerak dan mengubahnya menjadi gaya untuk dapat meninggalkan jejak dan menimbulkan suara. Dari mana energi batu yang kamu lemparkan? Pada bagian selanjutnya kamu akan mengetahuinya.

Dari contoh-contoh yang diberikan di atas, dapatkah kamu menjelaskan apa sebenarnya energi itu? Kamu memperoleh energi untuk bermain basket, setrika memperoleh energi listrik untuk memanaskan elemen pemanasnya yang digunakan untuk merapikan baju, batu yang dilemparkan mempunyai energi untuk dapat meninggalkan jejak di tanah dan menimbulkan suara. Dengan demikian, **energi** dapat didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan usaha.

### 2. Bentuk-Bentuk Energi

Jika kamu memperhatikan contoh-contoh yang diberikan, terlihat bahwa ada bermacam-macam energi. Pada saat kamu main basket kamu memperoleh energi kimia dari makanan yang kamu konsumsi dan mengubahnya menjadi energi gerak. Setrika mempunyai energi listrik yang diubahnya menjadi energi panas. Batu yang dilemparkan mempunyai energi mekanik yang diubah menjadi energi gerak dan energi bunyi. Dapatkah kamu mencari contoh bentuk energi yang lain?



**Gambar 7.1** Air terjun mempunyai energi potensial yang dapat digunakan untuk menggerakkan turbin guna menghasilkan energi listrik.

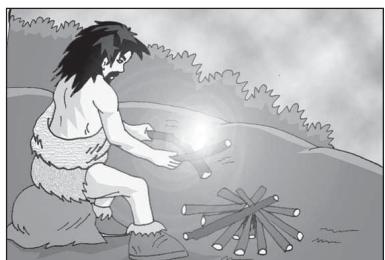
### a. Energi Kimia



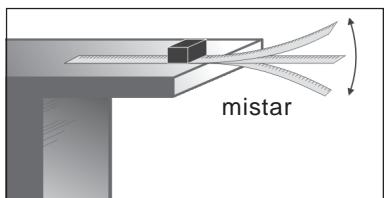
Gambar 7.2 Makanan merupakan sumber energi kimia bagi manusia.



Gambar 7.3 Komputer menggunakan energi listrik.



Gambar 7.4 Zaman dulu orang membuat api dengan menggosok-gosokkan kayu kering.



Gambar 7.5 Mistar yang digetarkan dapat menimbulkan bunyi.

### b. Energi Listrik

Saat kamu menonton televisi atau mendengarkan radio, darimana televisi dan radio memperoleh energi? Televisi dan radio serta alat-alat elektronika lainnya memperoleh energi dari energi listrik. Pada televisi, energi listrik ini diubah menjadi energi cahaya dan energi bunyi, sedangkan pada radio diubah menjadi energi bunyi.

### c. Energi Panas

Energi panas sering disebut juga energi kalor, merupakan salah satu bentuk energi yang berasal dari partikel-partikel penyusun suatu benda. Mengapa partikel-partikel suatu benda dapat menghasilkan energi panas? Kamu telah mengetahui bahwa setiap benda tersusun oleh partikel-partikel. Jika ada sesuatu yang dapat membuat partikel-partikel ini bergerak, benda tersebut akan menghasilkan energi panas. Kamu mungkin pernah mendengar bahwa orang dapat membuat api dari kayu kering yang digosok-gosokkan. Kayu-kayu kering yang saling digosokkan akan menimbulkan panas yang dapat membakar bahan-bahan yang mudah terbakar.

### d. Energi Bunyi

Untuk mengamati energi bunyi, lakukan kegiatan sederhana berikut. Peganglah sebuah mistar, kemudian getarkan mistar tersebut. Kamu akan mendengar bunyi yang dihasilkan dari getaran mistar tersebut. Dapatkah kamu menjelaskannya? Ketika penggaris kamu getarkan, partikel-partikel udara di sekitar mistar akan ikut bergetar, partikel-partikel inilah yang menimbulkan bunyi. Dengan demikian, bunyi dapat dihasilkan oleh getaran partikel udara di sekitar sumber bunyi. Dapatkah kamu mencari contoh benda-benda penghasil bunyi yang lain?

### e. Energi Nuklir

Pernahkah kamu mendengar energi nuklir? Reaksi nuklir terjadi karena reaksi inti di dalam inti radioaktif. Contoh energi nuklir terjadi pada ledakan bom atom dan reaksi inti yang terjadi di Matahari. Energi nuklir dapat digunakan sebagai energi pada Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir

(PLTN). Di Matahari, terjadi reaksi inti fusi yang menghasilkan energi nuklir yang sangat besar sehingga energi ini merupakan sumber energi utama di bumi.

Sumber-sumber energi yang sering digunakan seperti minyak bumi, gas bumi, panas bumi, dan batubara jumlahnya terbatas dan tidak dapat diperbarui sehingga diperlukan konservasi energi. Sumber-sumber energi yang dapat diperbarui seperti air, tanah, hutan, dan Matahari masih belum banyak dipergunakan sehingga dapat dijadikan energi alternatif.

### 3. Perubahan Energi

Ketika sebuah batu jatuh dari suatu ketinggian, batu tersebut memiliki energi. Jika batu tersebut jatuh ke tanah, energi ini akan diubah menjadi energi panas (dapat teramat pada tanah yang menjadi hangat ketika terkena batu) dan energi bunyi. Jika jumlah energi tersebut dihitung, jumlah total energi tersebut adalah sama. Energi gerak yang dimiliki batu yang jatuh akan sama dengan energi bunyi ditambah energi kalor. Untuk mengetahui perhitungan energi secara kuantitatif akan dijelaskan pada bagian lain. Jadi, energi tidak pernah hilang, tetapi diubah ke dalam bentuk energi lain.

Dengan konsep di atas, maka energi dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Tidak semua energi dapat langsung dimanfaatkan tetapi perlu diubah ke bentuk lain. Contoh perubahan energi antara lain sebagai berikut.

- Energi listrik menjadi energi panas, misalnya pada setrika listrik, kompor listrik, dan solder listrik.
- Energi listrik menjadi energi cahaya, misalnya pada lampu.
- Energi listrik menjadi energi kimia, misalnya pada penyekaman (pengisian) aki.
- Energi cahaya menjadi energi kimia, misalnya fotosintesis.



**Gambar 7.6** Matahari menghasilkan energi nuklir yang besar, berasal dari reaksi fusi gas-gas penyusunnya.

### Kegiatan 7.1

#### Perubahan Bentuk Energi

##### Tujuan:

Mengamati perubahan bentuk energi.

##### Alat dan bahan:

Dua buah baterai dan radio.

##### Prosedur kerja:

- Pasangkan baterai pada radio.
- Putar tombol untuk menghidupkan radio.
- Catat perubahan energi yang terjadi.
- Jelaskan perubahan yang terjadi?
- Apakah kesimpulan dari percobaan ini?

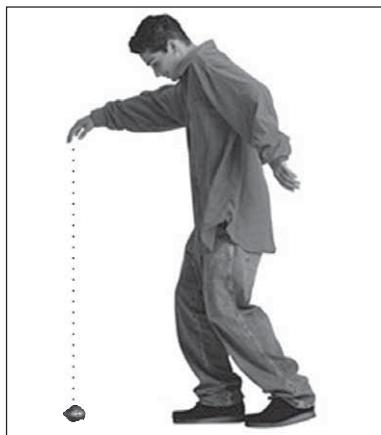
## Latihan 7.1

1. Apa yang dimaksud energi?
2. Dari mana kamu mendapatkan energi untuk beraktivitas? Jelaskan!
3. Helikopter adalah pesawat yang dirancang agar mudah mendarat tanpa memerlukan landasan yang luas. Perubahan-perubahan energi apa saja yang terjadi pada helikopter?
4. Sebutkan contoh perubahan energi listrik menjadi energi bunyi! Berikan minimal tiga contoh!
5. Apa yang kamu ketahui tentang Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN)?

### 3. Energi Mekanik

Pernahkah kamu melihat buah jatuh dari pohonnya? Buah yang jatuh dari suatu ketinggian tersebut memiliki energi mekanik. Apa yang dimaksud energi mekanik? **Energi mekanik** adalah energi yang dimiliki suatu benda yang berkaitan dengan gerak. Energi mekanik terdiri atas energi potensial dan energi kinetik. Berikut penjelasan kedua energi tersebut.

#### a. Energi Potensial



**Gambar 7.7** Batu yang dijatuhkan mempunyai energi potensial.

Untuk mengamati energi potensial, lakukan kegiatan sederhana berikut! Peganglah sebuah batu. Julurkan tanganmu ke depan, kemudian lepaskan batu tersebut. Batu akan jatuh menimpa lantai dan kamu dapat mendengar suaranya. Sekarang, berjongkoklah di lantai, kemudian angkat batu kurang lebih 5 cm dari ubin. Kemudian, lepaskan. Kamu akan mendengar suara benturan batu dengan lantai lebih pelan. Mari kita amati peristiwa tersebut. Pada suatu ketinggian, batu memiliki energi. Pada saat batu masih dipegang, batu tersebut tidak dapat melakukan usaha. Akan tetapi, ketika dilepaskan dari ketinggian, batu dapat bergerak ke bawah. Berarti, batu tersebut mempunyai energi untuk melakukan gerak. Bentuk energi ini dapat kamu buktikan dengan suara benturan batu dengan lantai. Hal ini menandakan energi tersebut telah berubah menjadi energi bunyi. Jika batu tersebut dijatuhkan dari ketinggian 5 cm, bunyi akibat benturan batu dengan lantai terdengar lebih pelan. Hal ini menunjukkan bahwa energi dari ketinggian ini lebih kecil daripada energi yang dihasilkan sewaktu kamu berdiri.

Percobaan sederhana tersebut membuktikan adanya energi potensial. Jadi, **energi potensial** adalah energi yang disebabkan oleh posisi benda. Pada kasus ini, posisi benda adalah ketinggian diukur dari lantai. Semakin besar ketinggian batu dari lantai, semakin besar pula energi potensial yang dimiliki batu tersebut. Energi potensial juga

dipengaruhi oleh massa benda. Kamu akan mendengar bunyi lebih keras ketika menjatuhkan sebongkah batu yang massanya lebih besar daripada bunyi yang dihasilkan oleh jatuhnya batu kecil. Dari uraian di atas, energi potensial dapat dituliskan dalam bentuk matematis sebagai berikut.

$$E_p = m \times g \times h \quad \dots \dots \quad (7.1)$$

#### Keterangan:

$E_p$  = energi potensial (Joule)

$m$  = massa (kg)

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

$h$  = ketinggian (m)

#### Contoh

Seorang pemanjat tebing bermassa 60 kg berada di ketinggian 100 m dari tanah. Berapa energi potensial yang dimiliki pemanjat tersebut? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

#### Jawab:

massa  $m = 60 \text{ kg}$

ketinggian  $h = 100 \text{ m}$

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

$E_p = \dots ?$

$$E_p = m \times g \times h$$

$$= 60 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 100 \text{ m}$$

$$= 60.000 \text{ Joule}$$



**Gambar 7.8** Pemanjat tebing ini mempunyai energi potensial karena ketinggiannya dari permukaan tanah.

#### b. Energi Kinetik

Mengapa peluru yang keluar dari sebuah senapan sangat berbahaya jika mengenai manusia, padahal massa peluru hanya beberapa gram? Meskipun massanya kecil, peluru yang keluar dari senapan memiliki energi yang sangat besar. Hal ini disebabkan peluru tersebut mempunyai kelajuan yang sangat besar. Jika massa peluru tersebut diperbesar dengan gaya yang sama, energinya akan semakin besar pula. Energi apakah yang dimiliki peluru yang keluar dari senapan? Energi tersebut dinamakan energi kinetik. Jadi **energi kinetik** dapat didefinisikan sebagai energi yang dimiliki sebuah benda karena kelajuananya.

Pada kasus peluru yang keluar dari senapan dapat disimpulkan bahwa besar energi kinetik bergantung pada massa benda dan kecepatannya. Energi kinetik dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$E_k = \frac{1}{2} \times m \times v^2 \quad \dots \dots \quad (7.2)$$

#### Keterangan:

$E_k$  = energi kinetik (Joule)

$m$  = massa (kg)

$v$  = kelajuan ( $\text{m/s}$ )



**Gambar 7.9** Peluru yang ditembakkan mempunyai energi kinetik yang besar.

## Contoh

Sebuah benda yang massanya 0,1 kg bergerak dengan kecepatan 100 m/s. Berapa energi kinetik yang dimiliki benda tersebut?

Jawab:

$$m = 0,1 \text{ kg}; v = 100 \text{ m/s}$$

$$E_k = \dots ?$$

$$E_k = \frac{1}{2} \times m \times v^2 = \frac{1}{2} \times 0,1 \text{ kg} \times 100^2 \text{ m/s} = 500 \text{ Joule}$$

### c. Energi Potensial dan Energi Kinetik pada Benda Bergerak

Perhatikan kembali batu yang kamu jatuhkan dari suatu ketinggian. Ketika batu berada pada suatu ketinggian, batu bermassa  $m$  pada suatu ketinggian  $h$  mempunyai energi potensial  $E_p$  yang besarnya  $m \times g \times h$ .

Ketika batu tersebut dijatuhkan, energi potensial tersebut berubah menjadi energi kinetik. Semakin bergerak ke bawah, energi potensialnya semakin berkurang dan energi kinetiknya semakin bertambah. Hal ini dikarenakan semakin bergerak ke bawah, ketinggian batu tersebut dari lantai semakin kecil (energi potensial berkurang) dan kelajuananya semakin besar (energi kinetiknya bertambah).

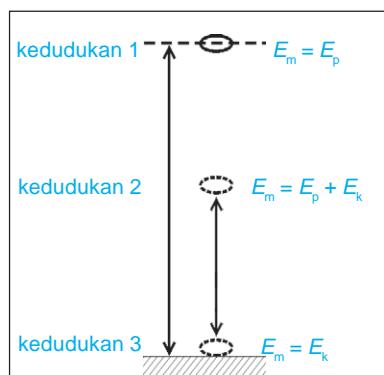
Pada ketinggian tertentu, batu akan mempunyai energi potensial sama dengan energi kinetiknya. Pada akhirnya, batu tersebut jatuh ke lantai. Pada saat ini, energi yang dimiliki batu seluruhnya merupakan energi kinetik.

### d. Hukum Kekekalan Energi

Pada bagian terdahulu telah dibahas mengenai bentuk-bentuk energi. Kamu tidak dapat bermain basket terus-menerus tanpa istirahat, makan, dan minum karena energi kimia dalam tubuhmu yang diperoleh dari makanan akan habis. Energi tidak dapat dimusnahkan atau diciptakan, tetapi energi dapat diubah dari suatu bentuk ke bentuk lain. Pernyataan ini dikenal dengan **hukum kekekalan energi**.

Ketika batu kamu jatuhkan dari suatu ketinggian, terjadi perubahan energi yaitu energi potensial menjadi energi kinetik. Pada akhirnya, energi kinetik ini pun akan berubah menjadi bentuk lain ketika batu sampai di lantai. Marilah kita selidiki hukum kekekalan energi pada kasus benda jatuh bebas.

Pada sebuah benda yang jatuh bebas, terdapat dua buah energi yaitu energi mekanik. Energi mekanik terdiri atas energi potensial dan energi kinetik. Meskipun energi potensial benda yang jatuh bebas akan semakin kecil ketika ketinggian semakin rendah, tetapi di sisi lain energi kinetiknya bertambah. Dengan demikian energi mekaniknya tetap sama (konstan). Kekekalan energi mekanik pada benda jatuh bebas dapat diilustrasikan seperti pada **Gambar 7.10**.



**Gambar 7.10** Skema perubahan energi pada benda jatuh.

Pada kedudukan 1, energi mekanik seluruhnya merupakan energi potensial. Dapat dituliskan sebagai berikut.

$$E_m = E_p = m \times g \times h$$

Pada kedudukan 2, energi mekanik merupakan jumlah energi potensial dan energi kinetik. Dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} E_m &= E_p + E_k \\ &= m \times g \times h + \frac{1}{2} \times m \times v^2 \end{aligned}$$

Pada kedudukan 3, energi mekanik seluruhnya merupakan energi kinetik. Dapat dituliskan sebagai berikut.

$$E_m = E_k = \frac{1}{2} \times m \times v^2$$

### Contoh

Sebuah benda jatuh tanpa kecepatan awal dari ketinggian 10 m. Pada saat ketinggian benda 7 m dari tanah, hitunglah kecepatannya. Diketahui percepatan gravitasi  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

**Jawab:**

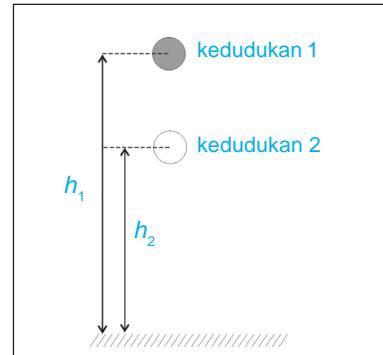
$$h_1 = 10 \text{ m}$$

$$h_2 = 7 \text{ m}$$

$$v = \dots ?$$

Perhatikan Gambar 7.11 di samping.

$$\begin{aligned} E_{m1} &= E_{m2} \\ E_{p1} + E_{k1} &= E_{p2} + E_{k2} \\ E_{k1} &= E_{p2} + E_{k2} \\ m \times g \times h_1 &= m \times g \times h_2 + \frac{1}{2} \times m \times v^2 \\ \frac{1}{2} \times m \times v^2 &= m \times g \times h_1 - m \times g \times h_2 \\ v^2 &= 2 \times g \times (h_1 - h_2) \\ v &= \sqrt{2 \times g \times (h_1 - h_2)} \\ v &= \sqrt{2 \times 10 \text{ m/s}^2 \times (10 \text{ m} - 7 \text{ m})} \\ v &= 7,75 \text{ m/s} \end{aligned}$$



### Latihan 7.2

1. Apa yang dimaksud dengan energi-energi berikut ini?
  - energi mekanik
  - energi potensial
  - energi kinetik
2. Jelaskan pengaruh massa dan ketinggian pada energi potensial suatu benda!
3. Jelaskan pengaruh massa dan kecepatan pada energi kinetik!
4. Sebuah benda dijatuhkan tanpa kecepatan awal dari ketinggian 50 m. Ketika ketinggian benda 30 m, hitunglah kecepatan benda pada saat itu!
5. Tuliskan contoh-contoh dalam kehidupan sehari-hari yang menunjukkan bahwa energi tidak hilang, tetapi berubah menjadi bentuk energi lain!

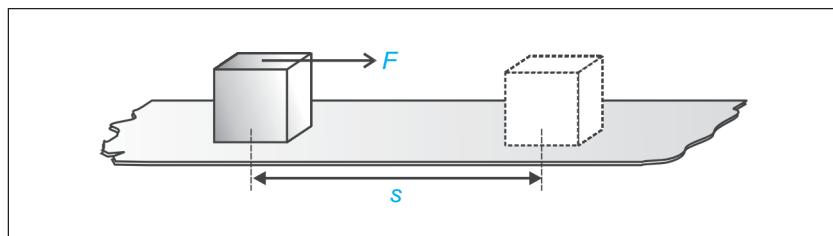
## B Usaha

Dalam kehidupan sehari-hari, kamu pasti sering mendengar kata "usaha". Misalnya, kamu berusaha keras mempelajari pelajaran Fisika untuk mempersiapkan diri menghadapi ulangan. Seorang atlet balap sepeda berusaha keras untuk menghadapi olimpiade. Romi berusaha mendorong lemari sejauh 3 meter.

### 1. Pengertian Usaha

Dalam kehidupan sehari-hari usaha berarti upaya manusia untuk melakukan sesuatu guna tujuan tertentu. Apa pengertian usaha dalam Sains? Sebuah benda dikatakan melakukan usaha jika ada gaya yang dilakukan pada benda tersebut atau benda tersebut memberikan gaya yang menyebabkan benda tersebut berubah posisinya. Dari tiga contoh yang diberikan di atas, coba kamu tentukan mana yang merupakan usaha menurut Fisika dan mana yang bukan.

Dari pengertian gaya, usaha ( $W$ ) dapat dituliskan dalam bentuk matematis, yaitu hasil kali antara gaya ( $F$ ) dan perpindahan ( $s$ ). Dalam hal ini, usaha searah dengan gaya, sehingga usaha merupakan besaran vektor.



Gambar 7.11 Usaha adalah perkalian gaya  $F$  dan perpindahan  $s$ .

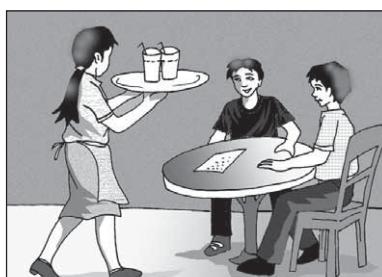
Dalam bentuk matematis, usaha dapat dituliskan sebagai berikut.

$$W = F \times s \quad \dots\dots (7.3)$$

Kamu harus ingat bahwa gaya yang dimaksud dalam persamaan ini adalah gaya yang searah dengan arah perpindahan.

Seorang pramusaji yang sedang berjalan mengantarkan makanan ke meja pelanggannya dikatakan tidak melakukan usaha meskipun tangannya memberikan gaya untuk menahan makanan yang dibawanya. Hal ini dikarenakan gaya yang diberikan pramusaji tersebut tegak lurus dengan arah berjalanannya. Gaya tangannya ke atas dan arah berjalanannya mendatar.

Apa satuan usaha? Jika sebuah benda melakukan usaha dengan gaya  $F = 1\text{ N}$  sehingga membuat benda bergeser 1 m, usaha dan satuannya dapat dihitung sebagai berikut.



Gambar 7.12 Gaya tangan pramusaji ke atas dan arah jalannya mendatar, jadi ia tidak melakukan usaha.

$$\begin{aligned}
 W &= F \times s \\
 &= 1 \text{ N} \times 1 \text{ m} \\
 &= 1 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya, diperoleh bahwa  $1 \text{ Nm} = 1 \text{ Joule}$ .

### Contoh

Seorang pria mendorong peti besi dengan gaya  $600 \text{ N}$ . Peti tersebut bergeser sejauh  $2 \text{ m}$ . Hitunglah usaha yang dilakukan pria tersebut!

Jawab:

$$\begin{aligned}
 F &= 600 \text{ N} \\
 s &= 2 \text{ m} \\
 W &= \dots ? \\
 W &= F \times s \\
 &= 600 \text{ N} \times 2 \text{ m} \\
 &= 1.200 \text{ Nm} = 1.200 \text{ Joule}
 \end{aligned}$$

## 2. Hubungan Energi dengan Usaha

Ketika kamu menarik sebuah kotak, kamu memberikan gaya otot pada peti tersebut sehingga peti tersebut dapat bergerak. Dalam peristiwa itu, energi kimia dalam otot berubah menjadi energi gerak seperti yang telah kamu di depan, bahwa suatu bentuk energi dapat diubah ke bentuk energi lain.

Dapat dikatakan bahwa proses melakukan usaha merupakan cara untuk memindahkan energi. Usaha yang dilakukan suatu benda sama dengan besarnya energi yang dipindahkan. Pada contoh di atas, energi kimia di dalam ototmu digunakan untuk menggeser kotak. Besarnya usaha untuk menggeser kotak tersebut sama dengan besar energi otot.

Selain menggunakan energi kimia, usaha dapat juga dilakukan oleh sebuah benda yang memiliki energi lain misalnya energi listrik. Perhatikan alat berat yang digunakan untuk menebang pohon pada **Gambar 7.14**. Alat-alat tersebut dapat melakukan usaha dengan memberikan gaya yang diperoleh dari energi kimia yaitu pembakaran bahan bakar yang dapat memberikan energi pada mesin.

Sebuah mobil bergerak dengan laju  $v_1$ . Oleh karena kelajuan ini, mobil tersebut mempunyai energi kinetik  $E_{k1}$ . Jika pengemudi menginjak pedal gas untuk menambah laju mobilnya hingga menjadi  $v_2$ , energi kinetik mobil tersebut berubah menjadi  $E_{k2}$ . Untuk melakukan penambahan laju mobil tersebut, mesin mobil dikatakan melakukan usaha. Besar usaha ini sama dengan selisih energi kinetiknya.

Kamu memegang batu pada suatu ketinggian  $h_1$ , kemudian batu tersebut kamu ubah kedudukannya ke tempat yang lebih tinggi  $h_2$ . Untuk melakukan itu, otot tanganmu melakukan usaha yang besarnya sama dengan selisih energi potensial pada ketinggian  $h_2$  ( $E_{p2}$ ) dan energi potensial pada ketinggian  $h_1$  ( $E_{p1}$ ). Usaha di sini dapat dituliskan dalam bentuk persamaan berikut.



**Gambar 7.13** Mesin memperoleh energi dari pembakaran bahan bakar untuk melakukan usaha.

$$W = E_2 - E_1 \dots\dots (7.4)$$

### Keterangan:

$W$  = usaha (Joule)

$E_1$  = energi pada keadaan 1 (Joule)

$E_2$  = energi pada keadaan 2 (Joule)

### Contoh

- Sebuah benda yang sedang bergerak mempunyai energi kinetik 500 Joule. Benda tersebut dipercepat hingga energi kinetiknya 600 Joule. Hitunglah usaha yang dilakukan benda tersebut!

Jawab:

$$E_{k1} = 500 \text{ Joule}$$

$$E_{k2} = 600 \text{ Joule}$$

$$W = \dots ?$$

$$\begin{aligned} W &= E_2 - E_1 \\ &= 600 - 500 = 100 \text{ Joule} \end{aligned}$$

Jadi, usaha yang dilakukan untuk benda tersebut adalah 100 Joule.

- Sebuah mobil massanya 1.500 kg bergerak dengan kelajuan 72 km/jam. Pengemudi melihat ada kemacetan di depan maka rem diinjak sehingga kelajuan mobil menjadi 36 km/jam. Selama pengerman, mobil menempuh jarak 20 m. Hitunglah gaya yang dilakukan rem pada roda!

Jawab:

$$m = 1.500 \text{ kg}$$

$$v_1 = 72 \text{ km/jam} = 20 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 36 \text{ km/jam} = 10 \text{ m/s}$$

$$s = 20 \text{ m}$$

$$F = \dots ?$$

Energi mobil adalah energi kinetik.

$$E_k = \frac{1}{2} m \times v^2$$

$$\begin{aligned} E_{k1} &= \frac{1}{2} \times 1.500 \text{ kg} \times (20)^2 \text{ m/s} \\ &= 3 \times 10^5 \text{ Joule} \end{aligned}$$

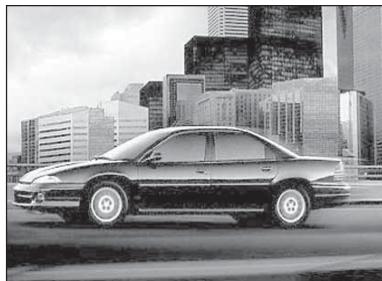
$$\begin{aligned} E_{k2} &= \frac{1}{2} \times 1.500 \text{ kg} \times (10)^2 \text{ m/s} \\ &= 0,75 \times 10^5 \text{ Joule} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= E_{k2} - E_{k1} \\ &= (0,75 - 3) \times 10^5 \text{ Joule} \\ &= -2,25 \times 10^5 \text{ Joule} \end{aligned}$$

$$W = F \times s$$

$$F = \frac{W}{s} = \frac{-2,25 \times 10^5 \text{ Joule}}{20 \text{ m}} = -11.250 \text{ N}$$

Jadi, gaya yang dilakukan rem pada roda adalah -11.250 N.



**Gambar 7.14** Mobil yang bergerak mempunyai energi kinetik.

Sumber: Dokumen Penerbit

Perhatikan contoh soal nomor 2 di atas. Terlihat bahwa usaha yang dilakukan mobil bernilai negatif, ini berarti usaha bukan dilakukan oleh mesin mobil, tetapi usaha dilakukan oleh rem mobil pada roda. Rem mobil memberikan gaya pada roda untuk memperlambat laju mobil yang arahnya berlawanan dengan arah gerak mobil. Oleh karena itu, gaya rem mobil pada roda bernilai negatif.

### Latihan 7.3

1. Apa yang dimaksud usaha?
2. Tuliskan contoh kejadian-kejadian dalam sehari-sehari yang sering dianggap sebagai usaha, tetapi bukan merupakan usaha dalam Sains!
3. Bagaimana hubungan antara usaha, gaya, dan perpindahan?
4. Seorang anak menarik kursi bermassa 10 kg sejauh 3 m. Hitunglah usaha yang diberikan anak itu!
5. Sebuah benda yang sedang bergerak mempunyai energi kinetik 400 Joule. Benda tersebut dipercepat hingga energi kinetiknya 700 Joule. Hitunglah usaha yang dilakukan benda tersebut!



## C Daya

Pada pembahasan tentang gerak, kamu telah mengetahui bahwa kecepatan adalah perubahan jarak per satu sekon. Misalkan, sebuah mobil kecepatannya 20 m/s. Angka ini mengandung arti bahwa dalam satu sekon, mobil tersebut mampu menempuh jarak 20 m. Terlihat bahwa kecepatan merupakan perubahan jarak setiap satu sekon.

Usaha dapat didefinisikan sebagai perubahan energi. Jika perubahan energi ini diukur setiap satu sekon, akan didapatkan sebuah besaran baru yaitu perubahan usaha setiap satu sekon. Besaran tersebut disebut **daya**. Jadi, daya dapat didefinisikan sebagai perubahan energi setiap satu sekon. Dalam bahasa Inggris, daya adalah *power*. Dengan demikian, daya dilambangkan dengan  $P$ .

Secara matematis, daya dituliskan sebagai berikut.

$$P = \frac{W}{t} \quad \dots\dots (7.5)$$

#### Keterangan:

$P$  = daya (Joule/sekon)

$W$  = usaha (Joule)

$t$  = waktu (sekon)

Satuan daya yaitu Joule/sekon. Dalam satuan SI disebut sebagai watt dilambangkan  $W$ .

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ Joule/sekon}$$

Bagaimana hubungan antara daya, kecepatan, dan usaha? Ingat kembali hubungan antara gaya dan usaha yang dirumuskan dengan  $W = F \times s$ . Gaya  $F$  yang bekerja pada benda yang sedang bergerak sejauh  $\Delta s$ , sehingga:

$$W = F \times \Delta s$$

$$\text{Besar daya rata-rata: } P = \frac{W}{t} = \frac{F \times \Delta s}{t} = F \times v$$

Jadi, besar daya sesaat adalah:

$$P = F \times v \quad \dots \dots \quad (7.6)$$

#### Keterangan:

$P$  = daya sesaat

$F$  = gaya

$v$  = kecepatan

#### Contoh

Seorang pria yang beratnya 600 N mampu menaiki tangga setinggi 10 m dalam waktu 10 detik. Berapa daya yang dimiliki pria tersebut?

Jawab:

Diketahui  $W = 600 \text{ N}$

$s = 10 \text{ m}$

$t = 10 \text{ s}$

Ketika menaiki tangga, otot pria tersebut mengerjakan gaya yang sama dengan berat badannya yaitu  $F = 600 \text{ N}$ .

$P = \dots ?$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \times s}{t} = \frac{600 \text{ N} \times 10 \text{ m}}{10 \text{ s}} = 600 \text{ Joule/sekon}$$

Jadi, daya yang dimiliki pria tersebut adalah 600 joule/sekon.

Jika diperhatikan, dalam kehidupan sehari-hari, banyak kejadian-kejadian yang ada hubungannya dengan daya. Berikut ini adalah contoh penerapan daya dalam kehidupan sehari-hari.

1. Jika dua lampu sejenis masing-masing 40 watt dan 10 watt dinyalakan menggunakan sumber arus yang sama, lampu 40 watt akan menyala lebih terang daripada lampu 10 watt. Hal ini dikarenakan lampu 40 watt dapat mengubah energi listrik ke dalam energi cahaya lebih cepat daripada lampu 10 watt.
2. Ari dan Wibowo memiliki berat badan sama. Dengan demikian, keduanya dianggap memiliki energi yang sama. Ketika keduanya berlomba lari 100 m, ternyata yang lebih dulu mencapai garis finish adalah Ari. Dengan demikian, Ari mempunyai daya lebih besar daripada Wibowo.

#### Tugas

Carilah contoh-contoh konsep daya dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari!

## Latihan 7.4

1. Apa yang dimaksud daya?
2. Konsep daya mirip dengan konsep kecepatan. Jelaskan kedua konsep tersebut!
3. Dapatkan dua buah benda mempunyai energi sama, tetapi mempunyai daya yang berbeda? Jelaskan dengan disertai contoh!
4. Apakah benda yang jatuh bebas dari ketinggian mempunyai daya? Berilah alasannya!
5. Jelaskan contoh-contoh penerapan daya dalam kehidupan sehari-hari!

## Rangkuman

- Energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha. Bentuk-bentuk energi antara lain energi kimia, energi listrik, energi panas, dan energi nuklir.
- Tidak semua energi dapat langsung digunakan, sehingga pemanfaatan energi menggunakan konsep perubahan energi.
- Energi mekanik adalah energi yang dimiliki suatu benda berkaitan dengan gerak. Energi mekanik terdiri dari energi potensial dan energi kinetik.
  - a. Energi potensial adalah energi yang disebabkan oleh posisi benda.

$$E_p = m \times g \times h$$

- b. Energi kinetik adalah energi yang dimiliki benda karena kelajuannya.

$$E_k = \frac{1}{2} \times m \times v^2$$

- Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak dapat dimusnahkan atau diciptakan, melainkan hanya dapat diubah dari suatu bentuk ke bentuk lain.
- Usaha adalah perkalian antara gaya yang bekerja dengan besarnya perpindahan. Dalam kaitannya dengan energi, usaha merupakan perubahan energi.

$$W = F \times s$$

$$W = E_2 - E_1$$

- Daya adalah besarnya usaha atau perubahan energi yang terjadi tiap satuan waktu.

$$P = \frac{W}{t}$$

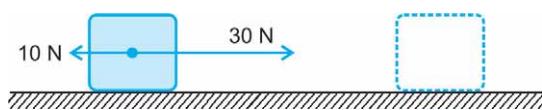
## Refleksi

Kamu telah selesai mempelajari materi **Energi dan Usaha** dalam bab ini. Sebelum melanjutkan bab berikutnya, lakukan evaluasi dengan menjawab pertanyaan di bawah. Jika semua pertanyaan kamu jawab dengan 'ya', kamu dapat melanjutkan belajar bab berikutnya. Jika ada pertanyaan yang dijawab dengan 'tidak', maka kamu perlu mengulangi materi yang berkaitan dengan pertanyaan itu. Jika ada yang sukar atau tidak dimengerti, bertanyalah kepada Bapak/Ibu Guru.

1. Apakah kamu sudah memahami berbagai bentuk energi dan perubahannya?
2. Dapatkan kamu menghitung besarnya energi mekanik, energi potensial, dan energi kinetik suatu benda yang bergerak?
3. Dapatkan kamu menjelaskan pengertian usaha dalam fisika serta hubungan antara usaha dan energi?
4. Apakah kamu dapat menjelaskan pengertian daya dan cara menghitungnya?

**I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!**

1. Kemampuan untuk melakukan usaha disebut ....
  - a. daya
  - b. energi
  - c. gaya
  - d. usaha
2. Kamu dapat beraktivitas karena kamu mempunyai energi dari makanan yang diubah menjadi energi, energi ini disebut energi ....
  - a. kimia
  - b. panas
  - c. listrik
  - d. nuklir
3. Satuan energi adalah ....
  - a. Newton
  - b. Joule
  - c. Newton/meter
  - d. Joule/sekon
4. Energi yang dimiliki benda karena posisinya disebut energi ....
  - a. potensial
  - b. kinetik
  - c. mekanik
  - d. semua salah
5. Sebuah peluru bermassa 0,02 kg di tembakkan dengan kelajuan 200 m/s. Energi kinetik peluru adalah ....
  - a. 4 Joule
  - b. 200 Joule
  - c. 400 Joule
  - d. 800 Joule
6. Sebuah benda 10 kg berada pada ketinggian 7 m. Percepatan gravitasi di tempat itu adalah  $10 \text{ m/s}^2$ . Energi potensial benda tersebut adalah ....
  - a. 0,7 Joule
  - b. 7,0 Joule
  - c. 70,0 Joule
  - d. 700,0 Joule
7. Pernyataan di bawah ini berhubungan dengan energi kinetik, kecuali ....
  - a. bergantung massa
  - b. bergantung ketinggian
  - c. bergantung kuadrat kecepatannya
  - d. semakin besar kecepatannya semakin besar energi kinetiknya
8. Perubahan energi pada aki yang dihubungkan dengan lampu adalah ....
  - a. listrik – cahaya – kimia
  - b. listrik – kimia – cahaya
  - c. kimia – listrik – cahaya
  - d. kalor – listrik – cahaya
9. Alat yang mengubah energi gerak menjadi energi listrik adalah ....
  - a. baterai dan dinamo
  - b. aki dan baterai
  - c. dinamo dan generator
  - d. aki dan generator
10. Seorang anak mendorong meja, tetapi meja tersebut tidak bergeser. Pernyataan berikut yang benar adalah ....
  - a. energinya sama dengan nol
  - b. anak tersebut tidak melakukan usaha
  - c. usahanya ada tapi kecil
  - d. semua salah
11. Sebuah gaya 60 N bekerja pada sebuah lemari. Gaya tersebut mengakibatkan lemari bergeser sejauh 5 m. Besar usahanya adalah ....
  - a. 3 Nm
  - b. 30 Nm
  - c. 300 Nm
  - d. 12 Nm
12. Perhatikan gambar di bawah ini!



- Jika usaha yang ditimbulkan 1.000 J, jarak perpindahannya sebesar ....
- 25 m ke kanan
  - 25 m ke kiri
  - 50 m ke kanan
  - 50 m ke kiri
13. Perubahan energi per satuan waktu disebut ....
- usaha
  - daya
  - gaya
  - kecepatan
14. Satuan daya adalah ....
- watt
  - Joule
  - Nm
  - N
15. Sebuah sepeda motor bermassa 100 kg berubah kelajuannya dari 20 m/s menjadi 30 m/s dalam waktu 5 sekon menempuh jarak 200 m. Besar usaha yang dilakukan adalah ....
- $2 \times 10^4$  Joule
  - $4 \times 10^4$  Joule
  - $6 \times 10^4$  Joule
  - $8 \times 10^4$  Joule

## B. Kerjakan soal-soal di bawah ini dengan benar!

- Apa yang dimaksud kekekalan energi? Berikan contohnya!
- Sebuah batu dijatuhkan tanpa kecepatan awal dari sebuah gedung yang tingginya 20 m. Ketika bola tersebut telah menempuh jarak 8 m, energi kinetiknya sama dengan energi potensialnya. Jika percepatan gravitasi di tempat itu  $10 \text{ m/s}^2$ , hitunglah kecepatan batu tersebut!
- Seekor kuda menarik kereta dengan gaya 500 N sejauh 0,4 km. Berapakah usaha yang dilakukannya?
- Sebuah truk beratnya  $2 \times 10^4$  N melaju di jalan tol dengan kecepatan 80 km/jam. Pengemudi mempercepat laju kendaraanya hingga 100 km/jam. Peningkatan kecepatan tersebut terjadi dalam 10 sekon. Hitunglah:
  - usaha yang dilakukan truk tersebut,
  - daya truk tersebut!
- Mengapa lampu 25 watt akan menyala lebih terang daripada lampu 10 watt?

### Wacana Sains

#### Energi Baru dan Terbarukan

Minyak merupakan sumber energi utama di Indonesia. Pemakaiannya terus meningkat baik untuk komoditas ekspor yang menghasilkan devisa maupun untuk memenuhi kebutuhan energi dalam negeri.

Sementara cadangannya terbatas sehingga pengelolaannya harus dilakukan seefisien mungkin. Karena itu, ketergantungan akan minyak bumi untuk jangka panjang tidak dapat dipertahankan lagi sehingga perlu ditingkatkan pemanfaatan energi baru dan terbarukan.

Energi baru dan terbarukan adalah energi yang pada umumnya sumber daya nonfosil yang dapat diperbarui atau bisa dikelola dengan baik, maka sumber dayanya tidak akan habis.

Sumber energi yang termasuk dalam energi baru dan terbarukan antara lain energi panas bumi, energi air, energi surya, energi angin, energi biomassa/biogas, energi samudra, *fuel cell* (sel bahan bakar), dan energi nuklir. Tetapi, tulisan ini hanya akan menyoroti energi panas bumi saja.

### Energi panas bumi

Sebagai daerah vulkanik, wilayah Indonesia sebagian besar kaya akan sumber energi panas bumi. Jalur gunung berapi membentang di Indonesia dari ujung Pulau Sumatera sepanjang Pulau Jawa, Bali, NTT, NTB menuju Kepulauan Banda, Halmahera, dan Pulau Sulawesi. Panjang jalur itu lebih dari 7.500 km dengan lebar berkisar 50 – 200 km dengan jumlah gunung api baik yang aktif maupun yang sudah tidak aktif berjumlah 150 buah. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di sepanjang jalur itu, terdapat 217 daerah prospek panas bumi.

Potensi energi panas bumi total adalah 19.658 MW dengan rincian di Pulau Jawa 8.100 MW, Pulau Sumatera 4.885 MW, dan sisanya tersebar di Pulau Sulawesi dan kepulauan lainnya. Sumber panas bumi yang sudah dimanfaatkan saat ini adalah 803 MW. Biasanya data energi panas bumi dapat dikelompokkan ke dalam data energi cadangan dan energi sumber.

Sumber: A Harsono Soepardjo, *Kompas*, Senin, 24 Oktober 2005

# Bab VIII

## Tekanan

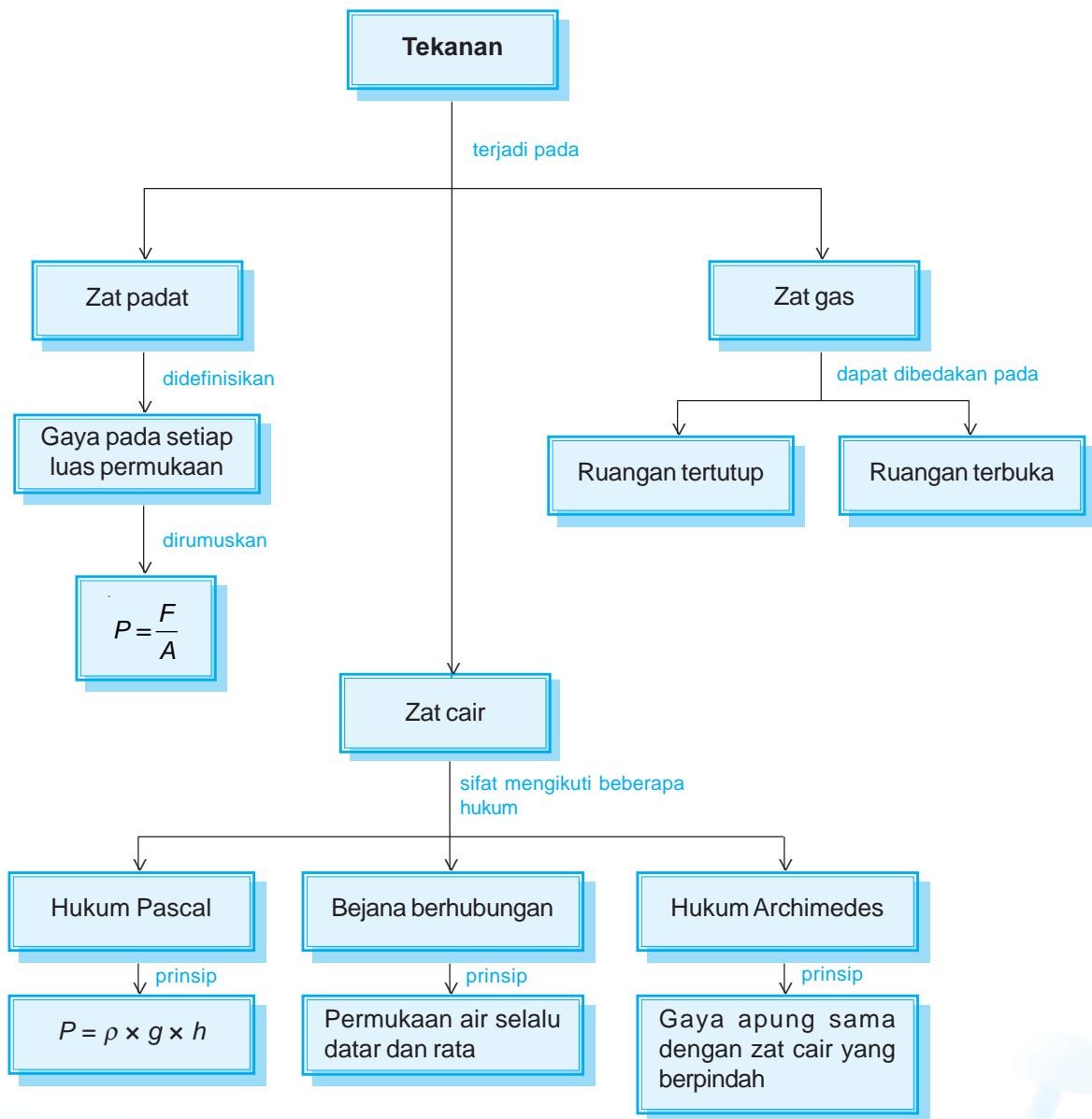


Sebuah kapal selam dapat masuk ke dalam air dan mengapung di permukaan air. Demikian juga sebuah dongkrak yang ukurannya jauh lebih kecil dari mobil, dapat dengan mudah mengangkat mobil tersebut.

Bagaimana kedua hal tersebut dapat terjadi? Prinsip apakah yang digunakan? Apa hubungannya dengan gaya?

Usaha, gaya, dan energi memiliki peranan dalam kehidupan sehari-hari yang harus kita pahami. Dalam pembelajaran bab ini, kamu dapat menyelidiki tekanan pada benda padat, cair, dan gas beserta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

# Peta Konsep



## Kata Kunci

- Archimedes
- barometer
- Pascal



## A Tekanan pada Zat Padat

Kamu telah mengenal gaya sebagai tarikan atau dorongan pada sebuah benda. Apa pengaruh gaya terhadap permukaan benda? Apakah yang dimaksud dengan tekanan? Coba kamu perhatikan uraian di bawah ini!

Pernahkah kamu naik bis atau kereta api? Jika bis atau kereta api yang kamu tumpangi penuh, terpaksa kamu harus berdiri, bukan? Nah, ketika kamu berdiri, semakin lama kaki kamu akan terasa pegal dan sakit. Tahukah kamu apa yang terjadi?

Perhatikan juga kendaraan berat yang digunakan untuk memperbaiki jalan. Alat berat tersebut digunakan untuk memadatkan jalan yang sedang diperbaiki sebelum dilapisi aspal. Mengapa untuk meratakan jalan digunakan alat berat?

Contoh lain, jika kamu pernah melihat unta, kamu akan mengetahui bahwa telapak kaki unta berbentuk melebar. Apa gunanya kaki unta berbentuk demikian?

Sebagai jawaban singkatnya, semua contoh di atas ada hubungannya dengan tekanan. Untuk mengetahui apa sebenarnya tekanan, lakukan kegiatan berikut!

### Kegiatan 8.1

#### Tekanan pada Zat Padat

##### Tujuan:

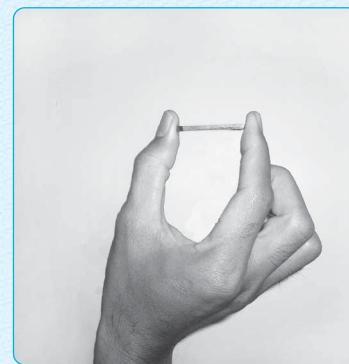
Menyelidiki tekanan pada zat padat.

##### Alat dan bahan:

Sebatang korek api.

##### Prosedur kerja:

1. Jepitlah sebatang korek api di kedua ujungnya menggunakan jari telunjuk dan ibu jari seperti gambar. Dari gambar tersebut, terlihat ujung korek api yang ada gumpalannya diletakkan di ibu jari.
2. Tekanlah batang korek api tersebut, apa yang kamu rasakan?
3. Ulangi langkah 2 dengan memberikan tekanan yang agak keras. Apa yang kamu rasakan?
4. Potonglah ujung korek api yang ada gumpalannya, kemudian ulangi langkah 2 dan 3. Apa yang kamu rasakan?



Ketika batang korek api kamu tekan di antara ibu jari dan telunjukmu, kamu akan merasakan ibu jari dan telunjuk kamu terasa sakit. Ketika kamu menambah tekanan, rasa sakit pun semakin bertambah. Akan tetapi, ujung korek api dengan gumpalan, memberikan tekanan yang relatif kecil daripada ujung satunya.



**Gambar 8.1** Tali tas yang besar memiliki tekanan yang kecil sehingga tidak membuat pundak sakit.

Setelah melakukan Kegiatan 8.1, dapatkah kamu menyimpulkan apa yang dimaksud tekanan? Pada Kegiatan 8.1, kamu memberikan gaya yang sama pada kedua ujung korek api, tetapi efek yang diberikan gaya korek api pada jari kamu berbeda. Hal ini disebabkan luas permukaan bidang sentuh antara kedua ujung korek api dan jari kamu berbeda. Ujung korek api yang mempunyai gumpalan memberikan tekanan yang relatif kecil daripada tekanan yang diberikan ujung korek api yang tidak mempunyai gumpalan. Semakin kecil bidang sentuh tempat gaya bekerja, semakin besar tekanan yang dihasilkan gaya tersebut. Ada korelasi negatif antara tekanan dan luas bidang sentuh gaya.

Ketika kamu menambah gaya jepit pada kedua ujung korek api, kamu akan merasakan tekanan dari kedua ujung korek api pun semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa besarnya tekanan berbanding lurus dengan gaya yang bekerja. Ada korelasi positif antara tekanan dan gaya.

Jadi, tekanan yang terjadi akibat adanya gaya terhadap bidang sentuh dituliskan sebagai berikut.

$$P = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (8.1)$$

#### **Keterangan:**

$P$  = tekanan ( $\text{N}/\text{m}^2$ )

$F$  = gaya (N)

$A$  = luas bidang sentuh gaya ( $\text{m}^2$ )

#### **Contoh**

1. Sebuah kotak yang beratnya 500 N dan luas alasnya  $1 \text{ m}^2$  diletakkan di atas lantai. Hitunglah tekanan yang diberikan kotak pada lantai!

**Jawab:**

$F = 500 \text{ N}$

$A = \text{luas alas kotak} = 1 \text{ m}^2$

$P = \dots \text{ ?}$

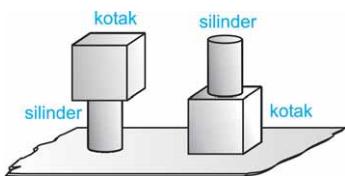
Dengan menggunakan Persamaan 8.1 diperoleh:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{500 \text{ N}}{1 \text{ m}^2} = 500 \text{ N}/\text{m}^2$$

2. Sebuah kotak dengan berat 300 N dan luas alasnya  $1,5 \text{ m}^2$  diletakkan di atas sebuah silinder yang memiliki berat 200 N, luas alasnya  $0,5 \text{ m}^2$  dan terletak di atas lantai. Hitunglah:
  - a. tekanan antara kotak dan silinder,
  - b. tekanan antara silinder dan lantai,
  - c. tekanan antara silinder dan kotak jika silinder diletakkan di atas kotak,
  - d. tekanan antara kotak dan lantai jika silinder diletakkan di atas kotak!

**Jawab:**

Perhatikan gambar berikut!



Berat kotak = 300 N

Luas alas kotak = 1,5 m<sup>2</sup>

Berat silinder = 200 N

Luas alas silinder = 0,5 m<sup>2</sup>

- a. Tekanan antara kotak dan silinder (kotak di atas silinder)

$$P = \frac{F}{A_{\text{silinder}}} = \frac{300 \text{ N}}{0,5 \text{ m}^2} = 600 \text{ N/m}^2$$

- b. Tekanan antara silinder dan lantai (kotak di atas silinder)

$$\begin{aligned} P &= \frac{F}{A} = \frac{\text{berat kotak} + \text{berat silinder}}{\text{luas alas silinder}} \\ &= \frac{300 \text{ N} + 200 \text{ N}}{0,5 \text{ m}^2} \\ &= 1.000 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

- c. Tekanan antara silinder dan kotak (silinder di atas kotak)

$$P = \frac{F}{A} = \frac{\text{berat silinder}}{\text{luas alas silinder}} = \frac{200 \text{ N}}{0,5 \text{ m}^2} = 400 \text{ N/m}^2$$

- d. Tekanan antara kotak dan lantai (silinder di atas kotak)

$$\begin{aligned} P &= \frac{F}{A} = \frac{\text{berat silinder} + \text{berat kotak}}{\text{luas alas kotak}} \\ &= \frac{200 \text{ N} + 300 \text{ N}}{1,5 \text{ m}^2} \\ &= 333,3 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

### Tugas 8.1

Perhatikan operasi matematika berikut!

$$P = \frac{F}{A} \dots \dots \dots \quad (1)$$

$$F = P \times A \dots \dots \dots \quad (2)$$

Jika kamu memperbesar  $A$  pada Persamaan 2, kamu akan memperoleh nilai  $F$  yang besar pula. Berarti, jika kamu memperbesar luas alas sebuah benda, gaya tekan benda akan besar pula. Akan tetapi, kamu harus ingat bahwa benda tersebut massanya tetap dan gaya gravitasi pun tetap sehingga gaya tekannya pun pasti tetap. Apakah kamu setuju dengan pernyataan di atas? Berikan penjelasanmu pada kasus di atas! Jika kamu kesulitan, pelajari kembali konsep tekanan!

Pada penjelasan di awal, diberikan beberapa contoh penerapan konsep tekanan dalam kehidupan sehari-hari. Berikut ini diberikan contoh lain penerapan konsep tekanan.

### 1. Kapak

Mata kapak dibuat tajam untuk memperbesar tekanan sehingga memudahkan tukang kayu dalam memotong atau membelah kayu. Orang yang memotong kayu dengan kapak yang tajam akan lebih sedikit mengeluarkan tenaganya daripada jika ia menggunakan kapak yang tumpul dengan gaya yang sama. Jadi, kapak yang baik adalah kapak yang mempunyai luas permukaan bidang yang kecil. Dalam bahasa sehari-hari luas permukaan kapak yang kecil disebut tajam. Coba, sebutkan alat-alat lain yang mempunyai prinsip kerja seperti kapak!

### 2. Sirip Ikan

Sirip ikan yang lebar memungkinkan ikan bergerak dalam air karena memperoleh gaya dorong dari gerakan siripnya yang lebar. Sirip ini memberikan tekanan yang besar ke air ketika sirip tersebut digerakkan. Akibatnya, ikan memperoleh gaya dorong air sebagai reaksinya.

### 3. Sepatu Salju

Orang-orang yang hidup di daerah bersalju secara langsung atau tidak telah memanfaatkan konsep tekanan. Mereka membuat sepatu salju yang luas alasnya besar sehingga mampu memperkecil tekanan berat tubuhnya pada salju. Hal ini mempermudah mereka berjalan di atas salju.

1. Dengan kalimatmu sendiri, jelaskan hubungan antara tekanan, gaya, dan luas bidang sentuh!

## Latihan 8.1

2. Sebuah truk bermassa 8.000 kg. Total luas permukaan ban yang menyentuh jalan adalah  $1 \text{ m}^2$ . Hitunglah tekanan yang diberikan truk pada jalan!
3. Sebuah benda berbentuk silinder mempunyai jari-jari alas 1 m dan massa 25 kg terletak di atas lantai. Hitunglah besar tekanan benda tersebut pada lantai!
4. Sebuah silinder bermassa 10 kg dan berjari-jari 0,5 m terletak di atas sebuah papan yang kedua ujungnya terletak pada dua tumpuan. Jika papan hanya mampu menahan tekanan  $95,54 \text{ N/m}^2$ , apakah papan tersebut cukup kuat untuk menahan silinder tersebut?
5. Jelaskan contoh-contoh penerapan konsep tekanan dalam kehidupan sehari-hari!
6. Sebutkan cara memperbesar tekanan!

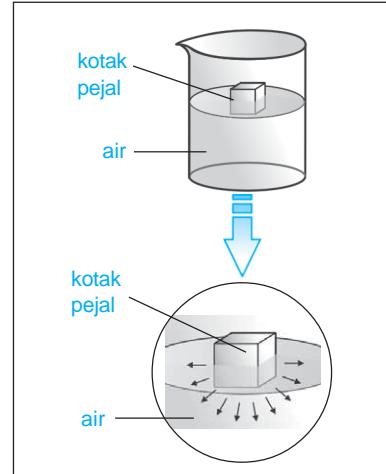


## B Tekanan Zat Cair

Pada pembahasan sebelumnya, kamu telah mempelajari konsep tekanan pada benda padat. Ketika kamu menjepit sebatang korek api pada kedua ujungnya, tekanan akan disebarluaskan pada luas bidang sentuh jari tanganmu dan ujung korek api. Sebagai akibatnya kamu merasakan tekanan tersebut. Konsep tekanan juga berlaku pada zat cair yang akan kamu pelajari berikut ini.

### 1. Hukum Pascal

Perhatikan **Gambar 8.5!** Sebuah kotak pejal kecil mengapung di dalam air. Ukuran kotak tersebut sangat kecil sehingga pengaruh gaya gravitasi dapat diabaikan. Kotak tersebut akan mengalami tekanan oleh air dari segala arah yang diwakili oleh arah anak panah. Besar tekanan air dari segala arah adalah sama. Zat cair dapat memberikan tekanan walaupun zat cair tersebut diam di suatu tempat. Tekanan tersebut dinamakan tekanan



**Gambar 8.5** Kotak kecil mengapung dalam air.

### Kegiatan 8.2

#### Tekanan Hidrostatis

##### Tujuan:

Mempelajari tekanan hidrostatis.

##### Alat dan bahan:

Botol bekas air mineral, paku payung, pita isolasi, dan air.

##### Prosedur kerja:

1. Dalam keadaan kosong, lubangi botol bekas air mineral. Perhatikan gambar.
2. Tutuplah lubang-lubang tersebut dengan pita isolasi.
3. Isilah botol tersebut dengan air sedemikian rupa sehingga tinggi permukaan air melebihi lubang.
4. Dengan tangan kananmu angkat botol tersebut.
5. Dengan tangan kirimu, lepaskan pita isolasi secara serentak. Perhatikan air akan memancar keluar dari lubang-lubang tersebut.
6. Apakah air keluar dari setiap lubang? Bagaimana kekuatan pancarannya?



Dari kegiatan di atas tampak bahwa air pada lubang E memancar paling jauh, sedangkan lubang A paling dekat. Besarnya tekanan hidrostatis dirumuskan sebagai berikut.

$$P = \rho \times g \times h \quad \dots \dots \quad (8.2)$$

##### Keterangan:

$P$  = tekanan hidrostatis ( $\text{N/m}^2$ )

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

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

$h$  = kedalaman (m)

## Kegiatan 8.3

### Tekanan Zat Cair pada Ruang Tertutup

**Tujuan:**

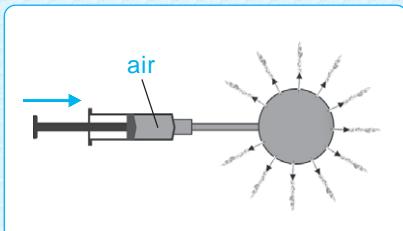
Mengamati tekanan zat cair pada ruang tertutup.

**Alat dan bahan:**

Pompa pascal dan air.

**Prosedur kerja:**

1. Masukkan air dalam pompa pascal.
2. Tekan pompa. Amati arah pancaran.
3. Apakah kesimpulan dari percobaan tersebut?



Berdasarkan percobaan di atas, Blaise Pascal mengemukakan suatu hukum yang dikenal dengan **Hukum Pascal**, yaitu:

Tekanan yang diberikan pada zat cair dalam ruang tertutup diteruskan ke segala arah dengan sama besar.

## 2. Aplikasi Hukum Pascal

Peralatan-peralatan yang menggunakan prinsip kerja Hukum Pascal antara lain dijelaskan sebagai berikut.

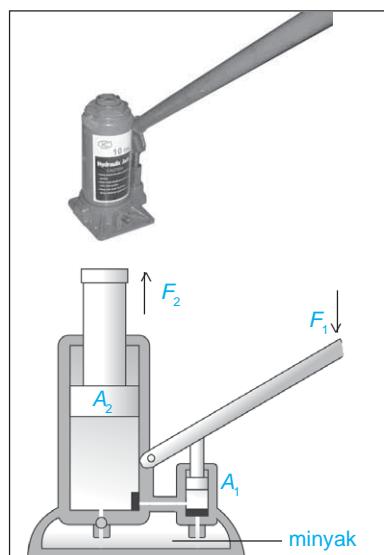
### a. Dongkrak Hidrolik

Pernahkah kamu melihat orang mengganti ban mobil? Bagian badan mobil yang akan diganti bannya harus digantung supaya badan mobil tidak miring. Untuk melakukan itu, digunakan dongkrak hidrolik. **Gambar 8.6** memperlihatkan skema dongkrak hidrolik yang terdiri atas:

- 1) dua bejana yang berhubungan terbuat dari bahan yang kuat misalnya besi
- 2) penghisap kecil dan penghisap besar
- 3) minyak pengisi bejana

Adapun cara kerja dongkrak hidrolik tersebut adalah sebagai berikut. Ketika sebuah gaya  $F_1$  diberikan melalui tuas dongkrak untuk menekan penghisap kecil  $A_1$ , tekanan ini akan diteruskan oleh minyak ke segala arah. Oleh karena dinding bejana terbuat dari bahan yang kuat, gaya ini tidak cukup untuk mengubah bentuk bejana. Satu-satunya jalan, tekanan ini diteruskan oleh minyak ke penghisap besar  $A_2$ . Tekanan pada penghisap kecil  $A_1$  dapat dituliskan:

$$P_1 = \frac{F_1}{A_1} \dots\dots (8.3)$$



**Gambar 8.6** Dongkrak hidrolik dan skemanya.

Tekanan ini sama dengan tekanan yang diterima pengisap besar  $A_2$ . (Ingat Hukum Pascal)

$$\begin{aligned} P_1 = P_2 &\Leftrightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \\ &\Leftrightarrow F_2 = \frac{A_2}{A_1} \times F_1 \quad \dots\dots\dots (8.4) \end{aligned}$$

### Keterangan:

$F_1$  = gaya pada penghisap kecil (N)

$F_2$  = gaya pada penghisap besar (N)

$A_1$  = luas penampang pengisap kecil ( $m^2$ )

$A_2$  = luas penampang pengisap besar ( $m^2$ )

### Contoh

Sebuah dongkrak hidrolik dengan luas pengisap kecil  $A_1 = 10 \text{ cm}^2$  dan luas pengisap besar  $60 \text{ cm}^2$  digunakan untuk mengangkat beban 6.000 N. Berapa gaya tekan yang harus diberikan pada pengisap kecil supaya beban tersebut terangkat?

Jawab:

$$A_1 = 10 \text{ cm}^2 = 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_2 = 60 \text{ cm}^2 = 6 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$F_2 = 6000 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} P_1 = P_2 &\Leftrightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \\ &\Leftrightarrow F_1 = \frac{A_1}{A_2} \times F_2 \\ &= \frac{10^{-3} \text{ m}}{6 \times 10^{-3} \text{ m}} \times 6.000 \text{ N} = 1.000 \text{ N} \end{aligned}$$

Jadi, diperlukan gaya 1.000 N untuk mengangkat beban seberat 6.000 N.

### b. Rem Hidrolik

Tak terbayangkan jika sistem rem pada mobil tidak menggunakan Hukum Pascal. Pengendara mobil akan memerlukan tenaga besar untuk menghentikan laju mobilnya. Akan tetapi, dengan menerapkan Hukum Pascal pada sistem rem mobil, pengemudi hanya perlu memberikan gaya kecil untuk mengurangi laju kendaraannya. Gaya ini berupa injakan kaki pada pedal rem. **Gambar 8.7** menunjukkan skema sistem rem pada mobil.

Gaya diberikan pengemudi pada pedal rem. Gaya ini diteruskan oleh minyak melalui pipa sehingga memberikan gaya yang lebih besar pada rem yang terdapat di ban mobil. Dengan demikian, laju mobil dapat dikurangi.

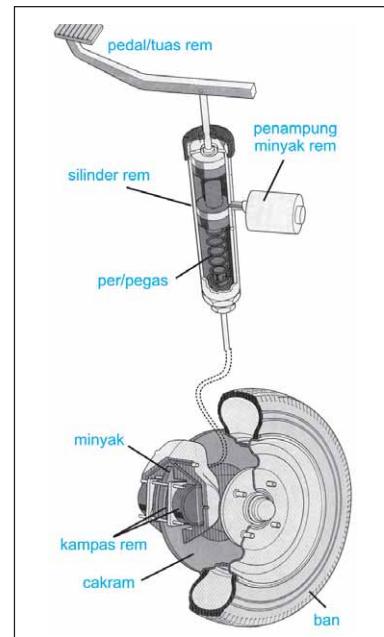
### Tokoh Sains

#### Blaise Pascal



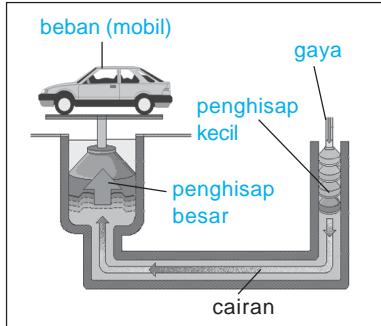
Blaise Pascal (1623 – 1662) adalah penemu Hukum Pascal yang berasal dari Prancis. Sebenarnya, minat utamanya ialah filsafat dan agama, sedangkan hobinya yang lain adalah matematika dan geometri proyektif. Bersama dengan Pierre de Fermat menemukan teori tentang probabilitas. Pada awalnya minat riset dari Pascal lebih banyak pada bidang ilmu pengetahuan dan ilmu terapan, di mana dia telah berhasil menciptakan mesin penghitung yang pertama kali.

Sumber: [id.wikipedia.org](https://id.wikipedia.org)



**Gambar 8.7** Skema sistem rem pada mobil.

Sumber: *Growing Up With Science*



**Gambar 8.8** Mesin hidrolik pengangkat mobil.



**Gambar 8.9** Mesin pengepres kapas.

### c. Mesin Hidrolik Pengangkat Mobil

Gambar 8.8 memperlihatkan sebuah mesin hidrolik pengangkat mobil yang digunakan di tempat pencucian mobil. Secara umum, cara kerja mesin hidrolik tersebut sama dengan dongkrak hidrolik.

### d. Pompa Sepeda

Pernahkah kamu memompa ban sepeda? Apakah kamu mengeluarkan banyak tenaga untuk melakukannya? Jika kamu merasa kelelahan, dapat dipastikan bahwa kamu menggunakan pompa yang tidak memanfaatkan sistem Pascal. Ada dua jenis pompa sepeda, yaitu pompa biasa dan pompa hidrolik. Kamu akan lebih mudah memompa ban sepedamu menggunakan pompa hidrolik karena sedikit mengeluarkan tenaga.

### e. Mesin Pengepres Kapas (Kempa)

Mesin ini digunakan untuk mengepres kapas dari perkebunan sehingga mempunyai ukuran yang cocok untuk disimpan atau didistribusikan. Cara kerja alat ini adalah sebagai berikut. Gaya tekan dihasilkan oleh pompa yang menekan pengisap kecil. Akibat gaya ini, pengisap besar bergerak ke atas dan mendorong kapas. Akibatnya, kapas akan termampatkan.

### Tugas 8.2

Buatlah skema mesin hidrolik pengangkat mobil dan jelaskan cara kerjanya! Untuk membantu penulisanmu, berikut adalah pertanyaan-pertanyaan yang berhubungan dengan mesin tersebut.

1. Dari mana gaya yang diperoleh untuk menekan pengisap kecil?
2. Zat cair apa yang digunakan?
3. Bagaimana supaya mobil tersebut tetap terangkat?
4. Bagaimana menurunkan kembali mobil tersebut?

### 4. Bejana Berhubungan

Kamu telah mengetahui bahwa salah satu sifat zat cair jika dalam keadaan diam, mempunyai permukaan yang datar. Perhatikan peristiwa yang sering terjadi di sekitarmu, misalnya air minum dalam gelas, mempunyai permukaan datar. Meskipun kamu memiringkan gelas tersebut, permukaan air tetap datar. Bagaimana jika air dimasukkan ke dalam bejana berhubungan? Untuk mengetahui jawabannya, mari kita lakukan kegiatan berikut!

## Kegiatan 8.4

### Bejana Berhubungan yang Diisi Zat Cair Sejenis

#### Tujuan:

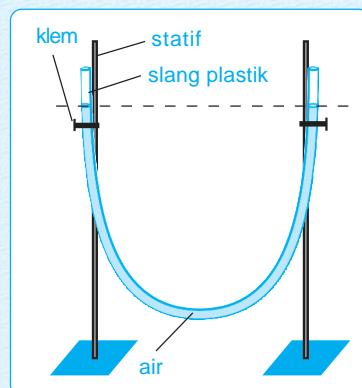
Mengamati bejana berhubungan yang diisi zat cair sejenis.

#### Alat dan bahan:

Sebuah slang sepanjang 1 m, corong, benang, dua statif, dan dua klem.

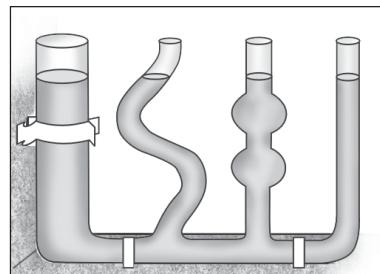
#### Prosedur kerja:

1. Pasangkan salah satu ujung slang pada statif dengan klem dan ujung yang lain pada statif lain hingga membentuk huruf U. Perhatikan gambar di samping.
2. Pada salah satu ujung slang, masukkan air menggunakan corong.
3. Dengan bantuan salah satu temanmu, bentangkan benang dari permukaan air pada salah satu ujung slang ke permukaan air pada ujung yang lain.
4. Bagaimana kesimpulanmu?



Ketika temanmu membentangkan benang, kamu akan mengetahui bahwa permukaan air di kedua ujung slang adalah datar dan sama tinggi. Jika zat cair yang sejenis (misalnya air) dimasukkan dalam bejana berhubungan yang memiliki empat tabung kaca yang berbeda bentuknya tampak bahwa permukaan air dalam keempat tabung tetap mendatar dan sama tinggi. Perhatikan Gambar 8.10!

Sekarang, bagaimana kalau dua jenis cairan dimasukkan ke dalam bejana berhubungan? Untuk mengetahui jawabannya, mari kita lakukan kegiatan berikut!



Gambar 8.10 Permukaan zat cair dalam bejana berhubungan.

## Kegiatan 8.5

### Bejana Berhubungan dengan Zat Cair Tidak Sejenis

#### Tujuan:

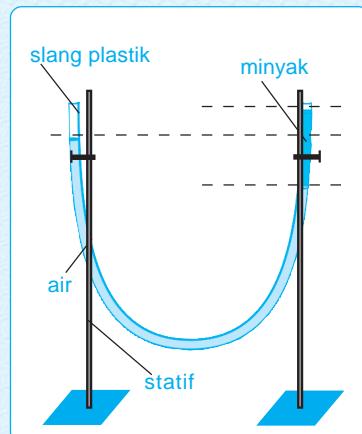
Mengamati bejana berhubungan yang diisi zat cair tidak sejenis.

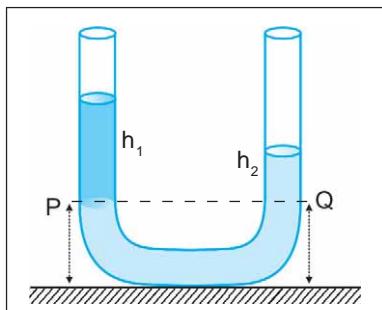
#### Alat dan bahan:

Siapkan sebuah slang 1 m, air, minyak goreng, corong, benang, dua statif, dan dua klem.

#### Prosedur kerja:

1. Pasangkan salah satu ujung slang pada statif dengan klem dan ujung yang lain dipasang pada statif lain hingga membentuk huruf U.
2. Pada salah satu ujung slang, masukkan air menggunakan corong. Setelah air tenang, masukkan minyak goreng pada salah satu ujung slang.
3. Dengan bantuan salah satu temanmu, bentangkan benang dari permukaan air lurus pada slang berisi minyak.
4. Bagaimana kesimpulanmu?





**Gambar 8.11** Pipa U yang diisi dengan air dan minyak.

Jika dalam bejana berhubungan terdapat dua jenis cairan yang berbeda, tinggi permukaan kedua zat tersebut dalam bejana berhubungan tidak akan sama. Hal ini disebabkan oleh massa jenis kedua zat cair tersebut yaitu air dan minyak goreng tidak sama. Kamu pasti telah mengetahui bahwa massa jenis minyak goreng lebih kecil daripada massa jenis air.

Jika peristiwa pada **Kegiatan 8.5** digambarkan, akan tampak seperti pada **Gambar 8.11**.

Pada gambar terlihat bahwa tinggi permukaan air dan minyak goreng tidak sama. Titik P adalah titik khayal yang terletak di perbatasan antara minyak goreng dan air. Titik Q adalah titik khayal pada air di ujung bejana lain. Tinggi titik P dan Q sama jika diukur dari dasar bejana. Di titik P dan Q, tekanannya adalah sama. Dengan demikian, dapat dituliskan sebagai berikut.

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

Karena harga  $g$  sama, maka:

$$\rho_1 \times h_1 = \rho_2 \times h_2 \dots\dots (8.5)$$

#### Keterangan:

$\rho_1$  = massa jenis zat cair 1

$\rho_2$  = massa jenis zat cair 2

$h_1$  = tinggi permukaan zat cair 1

$h_2$  = tinggi permukaan zat cair 2

Persamaan di atas merupakan formulasi untuk menyelesaikan masalah dalam bejana berhubungan yang berisi dua jenis zat cair.

#### Contoh

Pada sebuah pipa U, terdapat air (massa jenis =  $1.000 \text{ kg/m}^3$ ). Kemudian dimasukkan zat cair lain hingga mengisi  $10 \text{ cm}$  bagian kiri pipa. Jika diketahui beda ketinggian permukaan zat cair adalah  $1 \text{ cm}$ , hitunglah massa jenis zat cair tersebut.

#### Jawab:

$$h_2 = h_1 - \Delta h \\ = 10 \text{ cm} - 1 \text{ cm} \\ = 9 \text{ cm} = 9 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\rho_2 = 1.000 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_1 = \dots ?$$

$$\rho_1 \cdot h_1 = \rho_2 \cdot h_2$$

$$\rho_1 \times 0,1 \text{ m} = 1.000 \text{ kg/m}^3 \times 9 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\rho_1 = \frac{1.000 \text{ kg/m}^3 \times 9 \times 10^{-2} \text{ m}}{0,1 \text{ m}}$$

$$\rho_1 = 900 \text{ kg/m}^3$$

Jadi, massa jenis zat cair tersebut adalah  $900 \text{ kg/m}^3$ .

#### Tokoh Sains

##### Archimedes



Archimedes dari Syracusa (sekitar 287 SM - 212 SM) belajar di kota Alexandria, Mesir. Pada waktu itu yang menjadi raja di Sirakusa adalah Hieron II. Archimedes sendiri adalah seorang matematikawan, astronom, filsuf, fisikawan, dan insinyur berbangsa Yunani. Ia dibunuh oleh seorang prajurit Romawi pada penjarahan kota Syracusa, meskipun ada perintah dari jendral Romawi, Marcellus bahwa ia tak boleh dilukai. Archimedes dipandang sebagai salah satu matematikawan terbesar sejarah.

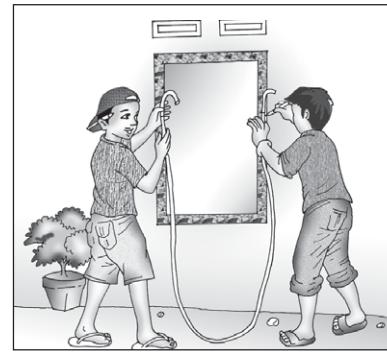
Hukum Archimedes ditemukan secara tak sengaja ketika ia dimintai Raja Hieron II untuk menyelidiki apakah mahkota emasnya dicampuri perak atau tidak. Archimedes memikirkan masalah ini dengan sungguh-sungguh, hingga merasa sangat lelah dan menceburkan dirinya dalam bak mandi umum penuh dengan air. Ia memperhatikan ada air yang tumpah ke lantai dan seketika itu pula ia menemukan jawabannya. Ia dapat membuktikan bahwa mahkota raja dicampuri dengan perak.

Sumber: [id.wikipedia.org](https://id.wikipedia.org)

Berikut, mari kita pelajari aplikasi bejana berhubungan dalam kehidupan sehari-hari!

#### a. Tukang Bangunan

Tukang bangunan menggunakan konsep bejana berhubungan untuk membuat titik yang sama tingginya. Kedua titik yang sama ketinggiannya ini digunakan untuk membuat garis lurus yang datar. Biasanya, garis ini digunakan sebagai patokan untuk memasang ubin supaya permukaan ubin menjadi rata dan memasang jendela-jendela supaya antara jendela satu dan jendela lainnya sejajar. Tukang bangunan menggunakan slang kecil yang diisi air dan kedua ujungnya diarahkan ke atas. Akan dihasilkan dua permukaan air, yaitu permukaan air kedua ujung slang. Kemudian, seutas benang dibentangkan menghubungkan dua permukaan air pada kedua ujung slang. Dengan cara ini, tukang bangunan akan memperoleh permukaan datar.



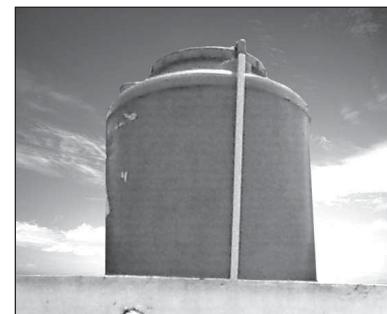
**Gambar 8.12** Tukang bangunan memanfaatkan hukum bejana berhubungan.

#### b. Teko Air

Perhatikan teko air di rumahmu. Teko tersebut merupakan sebuah bejana berhubungan. Teko air yang baik harus mempunyai mulut yang lebih tinggi daripada tabung tempat menyimpan air. Mengapa demikian?

#### c. Tempat Penampungan Air

Biasanya, setiap rumah mempunyai tempat penampungan air. Tempat penampungan air ini ditempatkan di tempat tinggi misalnya atap rumah. Jika diamati, wadah air yang cukup besar dihubungkan dengan kran tempat keluarannya air menggunakan pipa-pipa. Jika bentuk bejana berhubungan pada penjelasan sebelumnya membentuk huruf U, bejana pada penampungan air ini tidak berbentuk demikian. Hal ini sengaja dirancang demikian karena sistem ini bertujuan untuk mengalirkan air ke tempat yang lebih rendah dengan kekuatan pancaran yang cukup besar.



**Gambar 8.13** Tempat penampungan air mengikuti kaidah hukum bejana berhubungan.

### 3. Hukum Archimedes

Setelah mempelajari Hukum Pascal dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari, sekarang kamu akan mempelajari Hukum Archimedes serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

Pernahkah kamu memerhatikan kapal laut? Kapal laut massanya berton-ton, tetapi kapal dapat mengapung di air laut. Jika kamu memasukkan uang logam ke dalam bak mandi berisi air, uang logam tersebut akan tenggelam. Massa kapal laut jauh lebih besar daripada massa uang logam. Akan tetapi, mengapa kapal laut dapat mengapung di permukaan air laut, sedangkan uang logam tenggelam? Untuk menjawab pertanyaan tersebut, kamu harus memahami konsep gaya apung di dalam zat cair. Untuk itu, mari kita lakukan kegiatan berikut!

## Kegiatan 8.6

### Gaya Apung dalam Zat Cair

#### Tujuan:

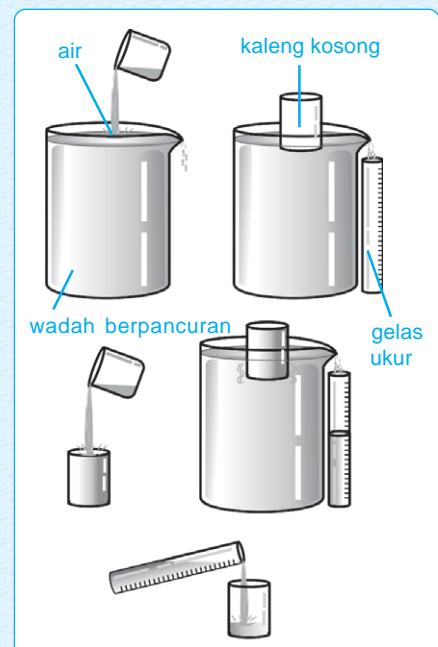
Mengamati gaya apung dalam zat cair.

#### Alat dan bahan:

Sebuah kaleng bekas minuman, sebuah wadah berpancuran, sebuah gelas ukur, dan air.

#### Prosedur percobaan:

1. Isilah wadah berpancuran dengan air hingga penuh (ditandai dengan adanya air yang keluar dari pancuran).
2. Letakkan gelas ukur di bawah pancuran sehingga jika ada air yang keluar akan tertampung di gelas ukur ini.
3. Masukkan kaleng kosong ke dalam air (diletakkan di permukaan air dan jangan ditekan).
4. Apakah kaleng mengapung, melayang, atau tenggelam? Catat pengamatannya.
5. Apakah ada air yang keluar dari pancuran?
6. Angkat kaleng dari air. Jika air dalam wadah berkurang, isi kembali wadah sehingga air dalam wadah tetap penuh.
7. Isilah kaleng dengan air sampai penuh (jangan menggunakan air dari wadah berpancuran).
8. Masukkan kaleng tersebut ke dalam wadah berpancuran. Apakah kaleng mengapung, melayang, atau tenggelam?
9. Jika ada sebagian air keluar dari pancuran, pastikan air ini tertampung semuanya di dalam gelas ukur. Jika air telah tertampung semuanya, jauhkan gelas ukur tersebut dari pancuran.
10. Ambil kaleng dari wadah berpancuran, kemudian buang air di dalamnya hingga kosong.
11. Masukkan air dari gelas ukur ke dalam kaleng yang telah dikosongkan. Apakah kaleng terisi penuh?



Ketika kaleng kosong dimasukkan ke dalam wadah berisi air, kaleng tersebut akan mengapung di air tersebut. Meskipun massa jenis kaleng bekas minuman ini lebih besar daripada air, kaleng tersebut mengapung di air. Hal ini dikarenakan pada kaleng tersebut bekerja gaya apung yang menahan kaleng tetap mengapung. Besar gaya apung ini sebanding dengan volume zat cair yang dipindahkan. Pada percobaan ini volume air yang dipindahkan adalah volume air yang tertampung pada gelas ukur.

Sekarang, bagaimana jika kaleng berisi air dimasukkan ke dalam air dalam wadah? Kaleng akan tenggelam karena gaya apung tidak cukup kuat untuk menahan kaleng tetap terapung. Jika air yang tertampung dalam gelas ukur dari pencelupan

kaleng berisi air dimasukkan ke dalam kaleng yang telah dikosongkan, air dari gelas ukur tersebut akan mengisi penuh kaleng tersebut. Berapakah besarnya gaya apung pada kaleng tenggelam ini? Besarnya gaya apung pada kaleng ini sama dengan berat air yang dipindahkan.

### Hukum Archimedes

Suatu benda yang dicelupkan sebagian atau seluruhnya ke dalam zat cair akan mengalami gaya apung yang besarnya sama dengan berat zat cair yang dipindahkan oleh benda tersebut.

### Contoh

- Sebuah bola pejal ditimbang di udara, beratnya 50 N. Ketika bola tersebut ditimbang di dalam air, beratnya menjadi 45 N. Berapa gaya ke atas yang diterima benda tersebut dan volume benda pejal tersebut?

**Jawab:**

$$\text{Berat bola di udara} = 50 \text{ N}$$

$$\text{Berat bola di dalam air} = 45 \text{ N}$$

Berarti, air memberikan gaya apung sebesar:

$$F = W_{\text{di udara}} - W_{\text{air}} = 50 \text{ N} - 45 \text{ N} = 5 \text{ N}$$

Jadi, besar gaya apung yang dialami benda itu adalah 5 N.

$$F = V \cdot \rho_c \cdot g$$

$$5 = V \cdot 10^3 \cdot 10$$

$$V = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Jadi, volume benda pejal tersebut adalah  $5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ .

- Di dasar sebuah danau terdapat batu yang beratnya 700 N (diukur di udara). Jika batu tersebut dapat diangkat oleh seorang pria dengan gaya 500 N, hitunglah berat batu tersebut di dalam air!

**Jawab:**

$$W_{\text{di udara}} = 700 \text{ N}$$

$$F_a = 500 \text{ N}$$

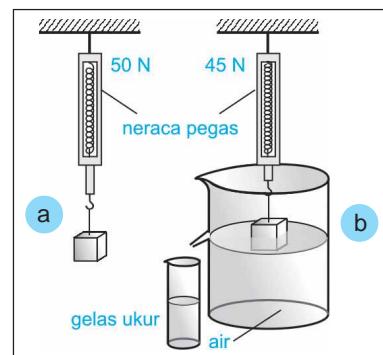
$$W_{\text{di air}} = W_{\text{di udara}} - F_a = 700 \text{ N} - 500 \text{ N} = 200 \text{ N}$$

### a. Mengapung, Melayang, dan Tenggelam

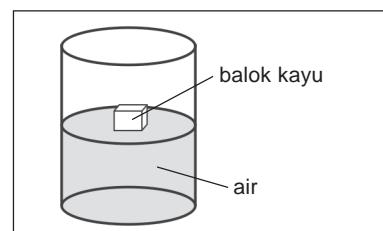
Pada Kegiatan 8.6 kamu telah mempelajari konsep gaya apung. Sebenarnya, pada percobaan tersebut telah sedikit disinggung tentang peristiwa mengapung dan tenggelam.

#### 1) Mengapung

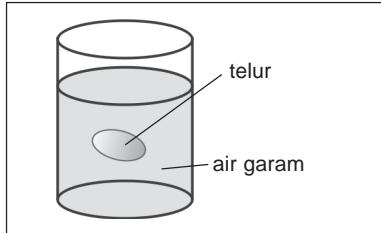
Jika sebuah batang kayu dijatuhkan ke dalam air, apa yang terjadi? Mula-mula kayu tersebut akan masuk seluruhnya ke dalam air, selanjutnya kayu tersebut akan muncul ke permukaan air dan hanya sebagian kayu yang masuk ke dalam air. Dalam keadaan demikian, gaya ke atas pada kayu lebih besar dengan berat kayu ( $F_a > w$ ).



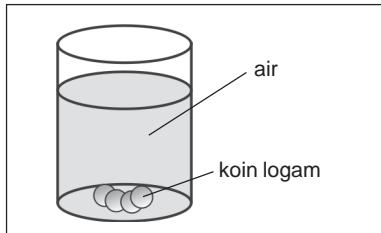
**Gambar 8.14** a. Berat benda pejal ketika ditimbang di udara.  
b. Berat bola pejal ketika ditimbang di air.



**Gambar 8.15** Kayu mengapung karena gaya ke atas kayu lebih besar dari berat kayu.



**Gambar 8.16** Telur melayang di dalam air yang diberi garam.



**Gambar 8.17** Koin logam tenggelam dalam air karena gaya apung lebih kecil dari berat benda.

## 2) Melayang

Masukkan sebutir telur ke dalam wadah berisi air, apa yang terjadi? Telur tersebut akan tenggelam. Kemudian, larutkan garam dapur ke dalam air. Setelah air tenang, perlahan-lahan telur tersebut naik dan akhirnya melayang. Mengapa terjadi demikian? Ketika telur tenggelam, gaya apung tidak cukup kuat menahan telur untuk mengapung atau melayang. Setelah ditambahkan garam dapur, massa jenis air menjadi sama dengan massa jenis telur. Oleh karena itu, telur melayang. Gaya apung telur sama dengan beratnya ( $F_a = w$ ).

## 3) Tenggelam

Kamu pasti dapat menyebutkan contoh benda-benda yang tenggelam dalam air. Misalnya, uang logam akan tenggelam jika dimasukkan ke dalam air. Pada logam, sebenarnya terdapat sebuah gaya apung, tetapi gaya ini tidak cukup kuat untuk menahan uang logam melayang atau mengapung. Jadi dalam keadaan tenggelam, gaya apung yang bekerja pada suatu benda lebih kecil daripada berat benda ( $F_a < w$ ).

### b. Pengaruh Massa Jenis terhadap Gaya Apung

Ketika kamu mempelajari bahasan mengenai terapung, melayang dan tenggelam, hanya ditekankan adanya gaya apung yang bekerja pada benda. Sebenarnya ada faktor lain yang memengaruhi keadaan-keadaan tersebut yaitu massa jenis benda.

Pada keadaan terapung, selain karena pengaruh gaya apung  $F_a$  yang sama dengan berat benda, pengaruh massa jenis pun memungkinkan suatu benda terapung. Massa jenis benda yang lebih kecil daripada massa jenis cairan, memungkinkan benda tersebut mengapung di permukaan cairan.

Pada keadaan melayang, gaya apung  $F_a$  sama dengan  $w$  benda. Ini sama dengan gaya apung yang terjadi pada keadaan terapung. Tetapi, pada keadaan melayang, massa jenis suatu benda adalah sama dengan massa jenis zat cair.

Pada keadaan tenggelam, gaya apung  $F_a$  lebih kecil dari pada  $w$ . Jika diamati dari massa jenis benda, massa jenis benda yang tenggelam lebih besar daripada massa jenis zat cair. Agar lebih jelas, perhatikan **Tabel 8.1!**

**Tabel 8.1** Syarat keadaan terapung, melayang, dan tenggelam

| Mengapung   | Melayang  | Tenggelam   |
|---|---|---|
| $\rho_b < \rho_c$ $w = m \cdot g$ $= V \cdot \rho_b \cdot g$ $F_A = V_2 \cdot \rho_c \cdot g$ | $\rho_b = \rho_c$ $w = m \cdot g$ $= V \cdot \rho_b \cdot g$ $F_A = V \cdot \rho_c \cdot g$ | $\rho_b > \rho_c$ $w = m \cdot g$ $= V \cdot \rho_b \cdot g$ $F_A = V \cdot \rho_c \cdot g$ |

### c. Konsep Benda Terapung, Melayang, dan Tenggelam dalam Teknologi

Setelah mempelajari konsep benda terapung, melayang, dan tenggelam, kamu sekarang dapat menjelaskan kasus-kasus dalam keseharian. Misalnya, mengapa kapal laut dapat terapung di permukaan air, sedangkan uang logam tenggelam. Dalam hal apa saja prinsip Archimedes diterapkan dalam kehidupan sehari-hari?

#### 1) Kapal Laut

Di awal pembahasan Hukum Archimedes telah sedikit disinggung mengapa kapal laut dapat mengapung di air. Badan kapal laut mempunyai rongga udara. Karena rongga udara ini, volume air laut yang dipindahkan oleh kapal tersebut cukup besar sehingga sesuai prinsip Archimedes, kapal laut mendapatkan gaya apung yang cukup besar untuk menahan bobot kapal sehingga kapal dapat mengapung di permukaan air. Kapal sangat penting untuk transportasi. Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan yang besar. Oleh karena itu, kapal laut memegang peranan penting akan kelancaran transportasi di negara kita.

#### 2) Kapal Selam

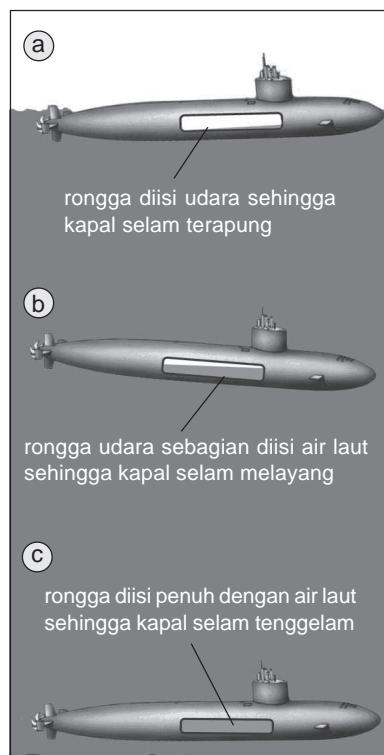
Jika kapal laut hanya dapat mengapung di permukaan air, maka kapal selam, selain dapat mengapung, dapat juga melayang dan tenggelam di dalam air laut. Karena kemampuannya tersebut, kapal selam sangat cocok digunakan dalam bidang militer dan penelitian. Bentuk badan kapal selam dirancang agar dapat mengapung, melayang, dan tenggelam dalam air. Selain itu, dirancang untuk dapat menahan tekanan air di kedalaman laut.

Bagaimana cara kerja kapal selam? Perhatikan **Gambar 8.19** ketika kapal selam sedang mengapung, melayang, dan tenggelam!

Badan kapal selam mempunyai rongga udara yang berfungsi sebagai tempat masuk dan keluarnya air atau udara. Rongga ini terletak di lambung kapal. Rongga tersebut dilengkapi dengan katup pada bagian atas dan bawahnya. Ketika mengapung, rongga terisi dengan udara sehingga volume air yang dipindahkan sama dengan berat kapal. Sesuai dengan prinsip Archimedes, kapal selam akan mengapung. Ketika rongga katup atas dan katup bawah pada rongga kapal selam dibuka, maka udara dalam rongga keluar atau air masuk mengisi rongga tersebut. Akibatnya, kapal mulai tenggelam. Katup akan ditutup jika kapal selam telah mencapai kedalaman yang diinginkan. Dalam keadaan ini, kapal selam dalam keadaan melayang. Jika katup udara pada rongga dibuka kembali maka volume air dalam rongga akan bertambah sehingga kapal selam akan tenggelam.



**Gambar 8.18** Kapal laut dapat mengapung di air.



**Gambar 8.19** Proses mengapung, melayang, dan tenggelam kapal selam.

Jika kapal selam akan muncul ke permukaan dari keadaan tenggelam, air dalam rongga dipompa keluar sehingga rongga hanya terisi udara. Dengan demikian, kapal selam akan mengalami gaya apung yang dapat menyamai berat kapal selam. Akibatnya, kapal selam akan naik ke permukaan dan mengapung.

### 3) Jembatan Ponton

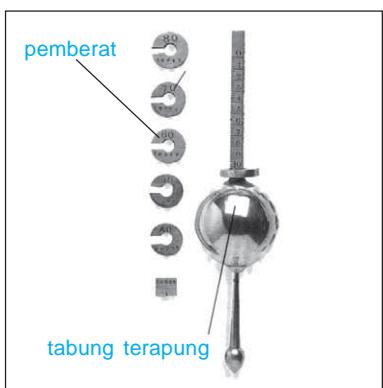


**Gambar 8.20** Jembatan ponton.

Peristiwa mengapung suatu benda karena memiliki rongga udara dimanfaatkan untuk membuat jembatan yang terbuat dari drum-drum berongga yang dijajarkan melintang aliran sungai. Volume air yang dipindahkan menghasilkan gaya apung yang mampu menahan berat drum itu sendiri dan benda-benda yang melintas di atasnya. Setiap drum penyusun jembatan ini harus tertutup agar air tidak dapat masuk ke dalamnya.

### 4) Hidrometer

Hidrometer adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengukur massa jenis suatu zat cair. Cara penggunaan alat ini adalah sebagai berikut. Hidrometer dimasukkan ke dalam zat cair yang akan ditentukan massa jenisnya. Karena alat ini mempunyai rongga udara maka alat ini akan mengapung. Telah disinggung sebelumnya, peristiwa tenggelam dipengaruhi oleh massa jenis zat cair. Jika massa jenis zat cair tempat hidrometer diletakkan besar, ketinggian tabung hidrometer yang muncul semakin besar dan sebaliknya. Hidrometer sering digunakan untuk keperluan penelitian di bidang kimia.

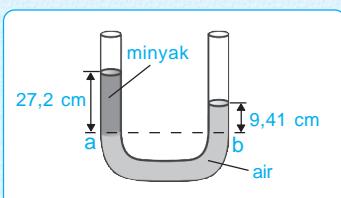


**Gambar 8.21** Hidrometer.

Sumber: Jendela Iptek

## Latihan 8.2

1. Perhatikan gambar berikut!



Air dan minyak dituangkan ke dalam pipa U yang terbuka pada kedua ujungnya. Hitunglah massa jenis minyak!

2. Berikan 5 contoh penerapan Hukum Pascal dalam kehidupan sehari-hari!
3. Sebuah batu terletak di dasar sebuah danau. Jika massa batu tersebut adalah 70 kg dan volumenya  $3,0 \times 10^4 \text{ cm}^3$ , hitunglah besar gaya yang diperlukan untuk mengangkat batu tersebut!
4. Sebuah benda beratnya 8,20 N. Jika ditimbang di dalam air, beratnya menjadi 6,18 N. Hitunglah gaya ke atas yang diterima benda!



## C Tekanan Udara

Pada penjelasan sebelumnya telah sedikit disinggung mengenai tekanan udara. Tekanan udara sering juga disebut tekanan atmosfer. Ada kemiripan antara tekanan udara dan tekanan air yang telah kamu pelajari. Tekanan air disebabkan oleh gaya tarik bumi atau gaya gravitasi terhadap air yang mempunyai massa. Jika benda diletakkan di kedalaman air yang semakin dalam, jumlah air yang berada di atasnya akan semakin banyak dan gaya gravitasinya pun akan semakin besar, sehingga tekanan akan semakin besar.

Pada prinsipnya, tekanan udara sama seperti tekanan pada zat cair. Tekanan udara di puncak gunung akan berbeda dengan tekanan udara di pantai. Hal ini dikarenakan di puncak gunung jumlah partikel udaranya semakin kecil yang mengakibatkan gaya gravitasi partikel juga kecil, sehingga tekanan udaranya pun akan semakin kecil. Coba kamu jelaskan mengapa tekanan udara di pantai lebih besar daripada tekanan udara di gunung!

### Kegiatan 8.7

#### Tujuan:

#### Tekanan Udara

Membuktikan adanya tekanan udara.

#### Alat dan bahan:

Sebuah botol bekas air mineral dan air panas (tidak sampai melelehkan botol) secukupnya.

#### Prosedur percobaan:

1. Masukkan air panas ke dalam botol hingga setengah penuh.
2. Tutup botol tersebut, kemudian kocoklah air dalam botol tersebut dengan cara menggoyang-goyangkan botol.
3. Buang air di dalam botol. Setelah kosong, tutup kembali botol tersebut.
4. Botol didiamkan, tunggu beberapa saat, dan lihat apa yang terjadi.
5. Apakah kesimpulan dari kegiatan ini?

Setelah didiamkan beberapa saat, botol bekas air mineral akan sedikit penyok. Mengapa demikian? Ketika kamu memasukkan air hangat ke dalam botol, suhu air di dalam botol akan meningkat karena di dalamnya ada uap air dan partikel-partikel udara di dalam botol akan menguap ke luar. Akibatnya partikel udara di dalam botol akan menjadi lebih sedikit dibandingkan semula. Ketika botol ditutup, tidak ada lagi partikel udara yang keluar. Jika didiamkan beberapa saat suhu udara di dalam botol akan turun dan uap air akan mengembun yang mengakibatkan partikel udara di dalam botol tersebut berkurang. Berkurangnya partikel udara ini mengakibatkan tekanan di dalam botol turun. Oleh karena tekanan udara di dalam botol lebih kecil daripada tekanan udara di luar botol maka udara akan termampatkan oleh tekanan udara luar. Telah terbukti bahwa tekanan udara disebabkan karena adanya partikel-partikel udara.

## Info Sains

### Alat Ukur Tekanan Udara

Ada empat macam alat untuk mengukur tekanan udara yaitu:

1. barometer raksa
2. barometer fortin
3. barometer air
4. barometer aneroid

## 1. Pengaruh Ketinggian terhadap Tekanan Udara

Pada penjelasan sebelumnya telah disinggung bahwa tekanan udara mirip dengan tekanan zat cair. Tekanan zat cair akan bertambah jika kedalamannya bertambah dan sebaliknya. Di udara pun demikian. Semakin dekat ke permukaan bumi tekanan udara semakin tinggi dan semakin jauh dari permukaan bumi tekanan udara semakin kecil. Tekanan udara di permukaan laut = 76 cmHg atau 1 atm. Setiap ketinggian bertambah 100 m tekanan udara berkurang 1 cmHg.

Hal ini dapat kamu rasakan jika kamu pergi ke tempat tinggi. Misalkan seorang pendaki akan semakin sulit mendaki gunung yang sangat tinggi. Selain udara yang dingin, di ketinggian tekanannya pun sangat rendah. Pada tempat yang tekanannya rendah partikel udaranya pun rendah sehingga pendaki gunung tidak dapat bernapas tanpa bantuan tabung oksigen.

### Contoh

Di suatu tempat, tekanan udaranya diukur menggunakan barometer raksa (alat pengukur tekanan). Jika angka yang ditunjukkan alat tersebut 72 cm, hitunglah ketinggian tempat tersebut!

Jawab:

Tekanan di laut adalah 78 cmHg. Barometer menunjukkan angka 72 cm berarti selisih tekanan tersebut dengan permukaan laut adalah:

$$\Delta P = \text{tekanan di laut} - \text{tekanan terbaca di alat}$$
$$= 78 - 72 = 6 \text{ cmHg}$$

Jika satuanya diubah ke mmHg, maka  $\Delta P = 40 \text{ mmHg}$

Jika ketinggian bertambah 10 m, tekanan udara akan berkurang 1 mmHg. Dengan demikian, ketinggian tempat tersebut dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{Ketinggian} = \frac{\Delta P}{1 \text{ mmHg}} \times 10 \text{ m} = \frac{40 \text{ mmHg}}{1 \text{ mmHg}} \times 10 \text{ m} = 400 \text{ m}$$

Jadi, ketinggian tempat tersebut dari permukaan laut adalah 400 m.

## 2. Tekanan Gas dalam Ruang Tertutup

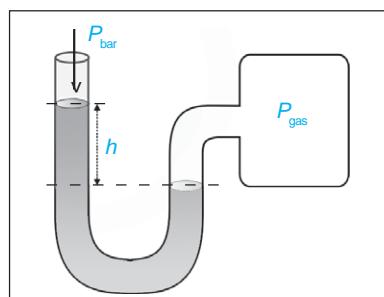
Alat untuk mengukur tekanan udara dalam ruang tertutup dinamakan **manometer**. Manometer ada dua macam, yaitu manometer raksa dan manometer logam.

### a. Manometer Raksa

Manometer raksa dibedakan menjadi:

#### 1) Manometer Raksa Terbuka

Manometer raksa terbuka adalah sebuah tabung U yang kedua ujungnya terbuka. Salah satu kaki dibiarkan terbuka berhubungan dengan udara luar sedangkan kaki lainnya dihubungkan ke ruang yang akan diukur tekanan



Gambar 8.22 Skema manometer air raksa terbuka.

gasnya. Perhatikan Gambar 8.22. Besar tekanan gas dapat dihitung dengan rumus:

$$P_{\text{gas}} = P_{\text{bar}} + h \quad \dots\dots\dots (8.6)$$

## 2) Manometer Raksa Tertutup

Manometer raksa tertutup adalah sebuah tabung U yang salah satu ujungnya tertutup.

### b. Manometer Logam

Digunakan untuk mengukur tekanan udara yang sangat tinggi.

## 3. Konsep Tekanan Udara dalam Kehidupan Sehari-hari

Seperti pada tekanan zat padat dan zat cair, berikut diberikan beberapa contoh kejadian yang berkaitan dengan tekanan udara.

### a. Angin

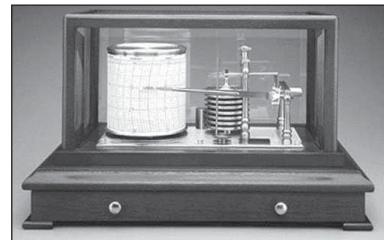
Angin adalah udara yang bergerak dari suatu tempat yang bertekanan tinggi ke tempat yang tekanannya lebih rendah. Jika suatu daerah mempunyai tekanan udara yang sangat rendah, udara di sekelilingnya akan mengitari daerah tersebut sehingga membentuk pusaran angin. Kekuatan angin ini bisa sangat besar dan menerangkan benda-benda yang dilaluinya. Bentuk angin seperti ini disebut angin siklon. Angin ini bersifat merusak jika tempat terjadinya pusaran dekat dengan tempat tinggal penduduk.



Gambar 8.23 Angin siklon.

### b. Prakiraan Cuaca

Bagaimana para ahli meteorologi dapat memperkirakan cuaca? Para ahli meteorologi mencatat perubahan tekanan udara di suatu tempat, kemudian data hasil pengamatan tersebut dianalisis dan diinterpretasi. Misalkan, jika pada suatu tempat tekanan udara rendah, udara dari tempat yang bertekanan lebih tinggi akan bergerak ke daerah tersebut. Angin tersebut membawa uap air. Karena tekanan udaranya rendah, uap air tersebut akan jatuh ke Bumi dalam bentuk hujan. Begitu pun sebaliknya, di suatu daerah cuacanya akan cerah jika tekanan di daerah tersebut tinggi yang berarti udara dari tempat tersebut akan bergerak ke daerah lain yang tekanan udaranya lebih rendah. Alat untuk mencatat perubahan tekanan udara secara terus menerus disebut barograf.



Gambar 8.24 Barograf.

## Latihan 8.3

1. Jelaskan pengaruh ketinggian terhadap tekanan udara!
2. Bagaimana para ahli meteorologi dapat memperkirakan suatu tempat akan terjadi hujan?
3. Adakah perbedaan suhu air saat mendidih, ketika kamu mendidihkannya di pantai dengan di puncak gunung? Jelaskan jawabanmu!

- Jika tekanan udara di suatu kota diukur menggunakan barometer dan barometer tersebut menunjukkan angka 65 cmHg, hitunglah ketinggian kota tersebut dari permukaan laut!
- Sebutkan dan jelaskan kejadian sehari-hari yang ada hubungannya dengan tekanan!

## Rangkuman

- Tekanan adalah gaya yang bekerja pada permukaan benda tiap satuan luasnya, dirumuskan  $P = \frac{F}{A}$ .
- Hukum Pascal menyatakan bahwa tekanan yang diberikan pada zat cair dalam ruangan tertutup diteruskan ke segala arah dengan sama besar.
- Hukum Archimedes menyatakan bahwa benda yang dicelupkan sebagian atau seluruhnya ke dalam zat cair akan mengalami gaya apung yang besarnya sama dengan berat zat cair yang dipindahkan oleh benda tersebut.
- Benda yang dimasukkan ke dalam zat cair mempunyai tiga kemungkinan, yaitu mengapung, melayang, dan tenggelam.
  - Benda mengapung jika  $w < F_a$
  - Benda melayang jika  $w = F_a$
  - Benda tenggelam jika  $w > F_a$
- Tekanan udara disebut juga tekanan atmosfer dipengaruhi oleh partikel-partikel udara di suatu daerah. Tekanan udara yang terbesar mengakibatkan terjadinya angin.

## Refleksi

Kamu telah selesai mempelajari materi **Tekanan** dalam bab ini. Sebelum melanjutkan bab berikutnya, lakukan evaluasi dengan menjawab beberapa pertanyaan di bawah. Jika semua kamu jawab dengan ‘ya’, kamu dapat melanjutkan pelajaran di bab berikutnya. Jika ada pertanyaan yang dijawab dengan ‘tidak’, kamu perlu mengulangi materi yang berkaitan dengan pertanyaan itu. Jika ada yang sukar atau tidak dimengerti, bertanyalah kepada Bapak/Ibu Guru.

- Apakah kamu dapat menjelaskan konsep tekanan pada benda padat serta contoh penerapannya dalam kehidupan sehari-hari?
- Dapatkah kamu menjelaskan hukum-hukum yang menerangkan tekanan pada zat cair serta memberi contoh penerapannya?
- Dapatkah kamu menjelaskan pengaruh massa jenis terhadap gaya apung suatu benda?
- Apakah kamu dapat menjelaskan tekanan gas/udara pada ruang terbuka serta contoh penerapannya dalam kehidupan sehari-hari?

## Latih Kemampuan

8

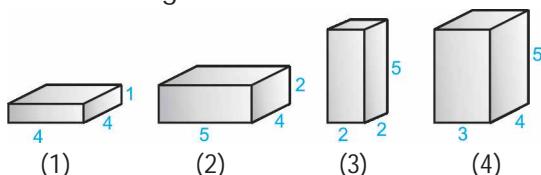
### I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- Batang korek api yang dijepit, tekanan pada ujung satu terasa lebih besar daripada ujung yang ada gumpalannya. Hal ini dikarenakan ....
  - bidang sentuh lebih kecil
  - gaya yang bekerja lebih besar
  - massa lebih kecil
  - semua salah

2. Satuan tekanan adalah ....

- a.  $N/m^2$
- c.  $kg/m^2$
- b. N.m
- d. kg.m

3. Perhatikan gambar berikut!



Keempat balok di atas diletakkan di atas meja dan diberi gaya yang sama. Tekanan yang paling besar diberikan oleh balok nomor ....

- a. 1
- c. 3
- b. 2
- d. 4

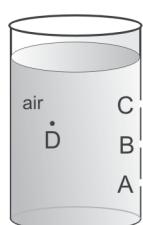
4. Sebuah balok berukuran  $10\text{ cm} \times 5\text{ cm} \times 4\text{ cm}$  terletak di lantai. Tekanan yang dihasilkan besar, bila bagian yang menyentuh lantai adalah ....

- a.  $10\text{ cm} \times 5\text{ cm}$
- c.  $5\text{ cm} \times 4\text{ cm}$
- b.  $10\text{ cm} \times 4\text{ cm}$
- d. paling luas

5. Berikut pernyataan yang benar mengenai tekanan pada zat padat adalah ....

- a. sebanding dengan gaya yang bekerja dan berbanding terbalik dengan luas bidang sentuh
- b. sebanding dengan luas bidang sentuh
- c. berbanding terbalik dengan gaya yang bekerja dan sebanding dengan luas bidang sentuh
- d. sebanding dengan massa benda

6. Perhatikan gambar berikut!



Tekanan yang paling besar terjadi pada titik ....

- a. A
- b. B
- c. C
- d. D

7. Sebuah benda di dalam zat cair akan mengapung jika ....

- a.  $F_a < W$
- b.  $F_a = W$
- c.  $F_a > W$
- d. massanya kecil

8. Sebuah benda beratnya 30 N (ditimbang di udara). Ketika benda tersebut ditimbang di dalam air, beratnya 20 N. Gaya apung yang diterima benda tersebut adalah ....

- a. 10 N
- b. 20 N
- c. 30 N
- d. 40 N

9. Kapal laut dapat mengapung di permukaan air karena ....

- a. volume air yang dipindahkannya kecil
- b. volume air yang dipindahkannya besar
- c. terbuat dari besi
- d. mempunyai mesin

10. Suatu benda yang dicelupkan sebagian atau seluruhnya ke dalam zat cair akan mengalami gaya apung yang besarnya ... dengan berat zat cair yang dipindahkan oleh benda tersebut.

- a. lebih kecil
- b. lebih besar
- c. sama
- d. bisa sama bisa tidak

11. Tekanan atmosfer disebabkan oleh ....

- a. adanya partikel udara
- b. adanya ketinggian yang sangat besar
- c. perbedaan massa jenis udara
- d. semua salah

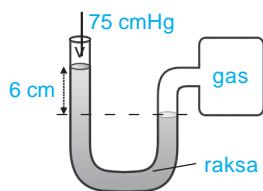
12. Perubahan tekanan udara dapat digunakan untuk ....

- a. memperkirakan cuaca
- b. memperkirakan musim
- c. membuat hujan buatan
- d. semua salah

13. Orang yang bekerja membuat prakiraan cuaca disebut ahli ....

- a. geologi
- b. meteorologi
- c. biologi
- d. paleontologi

14. Perhatikan gambar manometer raksa terbuka di bawah ini!



Besarnya tekanan gas adalah ....

- a. 69 cmHg      c. 78 cmHg  
b. 72 cmHg      d. 81 cmHg

15. Jika botol bekas air mineral diisi dengan air panas, kemudian dikosongkan, ditutup dan didiamkan akan penyok karena ....

- a. tekanan udara di luar botol lebih kecil daripada di dalam  
b. tekanan udara di luar botol lebih besar daripada tekanan udara di dalam  
c. tekanan udara di luar botol sama dengan di dalam  
d. tidak ada hubungannya dengan tekanan

## II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

1. Jelaskan pengertian tekanan!
2. Jelaskan perbedaan buni Hukum Pascal dan Hukum Archimedes!
3. Sebutkan syarat suatu benda dapat mengapung, melayang, dan tenggelam!
4. Sebutkan penggunaan konsep Archimedes dalam kehidupan sehari-hari!
5. Di suatu tempat, diukur tekanannya menggunakan barometer raksa (alat pengukur tekanan). Jika angka yang ditunjukkan alat tersebut 68 cm, hitunglah ketinggian tempat tersebut!

### Wacana Sains

#### Bagaimana Angin Bertiup?

Seperti kita ketahui, angin adalah udara yang bergerak dari satu tempat ke tempat lainnya. Angin berhembus dikarenakan beberapa bagian bumi mendapat lebih banyak panas Matahari dibandingkan tempat yang lain. Permukaan tanah yang panas membuat suhu udara di atasnya naik. Akibatnya udara mengembang dan menjadi lebih ringan. Karena lebih ringan dibanding udara di sekitarnya, udara akan naik. Begitu udara panas tadi naik, tempatnya segera digantikan oleh udara di sekitarnya, terutama udara dari atas yang lebih dingin dan berat. Proses ini terjadi terus menerus. Akibatnya kita bisa merasakan adanya pergerakan udara atau yang kita sebut angin.

#### Angin dan Tekanan Udara

Berat udara di atas permukaan tanah menghasilkan daya tekan ke bumi. Inilah yang disebut tekanan udara. Udara yang mengembang menghasilkan tekanan udara yang lebih rendah. Sebaliknya, udara yang berat menghasilkan tekanan yang lebih tinggi.

Angin bertiup dari tempat yang bertekanan tinggi menuju ke tempat yang bertekanan rendah. Semakin besar perbedaan tekanan udaranya, semakin besar pula angin yang bertiup. Rotasi bumi membuat angin tidak bertiup lurus. Rotasi bumi menghasilkan *coriolis force* yang membuat angin berbelok arah. Di belahan bumi utara, angin berbelok ke kanan, sedangkan di belahan bumi selatan angin berbelok ke kiri.

Untuk keperluan ilmu pengetahuan, khususnya mengenai Metereologi dan Geofisika diperlukan suatu alat yang dapat mengukur kecepatan angin dan mengukur tekanan udara. Alat tersebut sudah ada. Alat untuk mengukur kecepatan angin disebut anemometer dan alat untuk mengukur tekanan udara disebut barometer.

Sumber: <http://www.e-smartschool.com/>

# Bab IX

## Getaran dan Gelombang

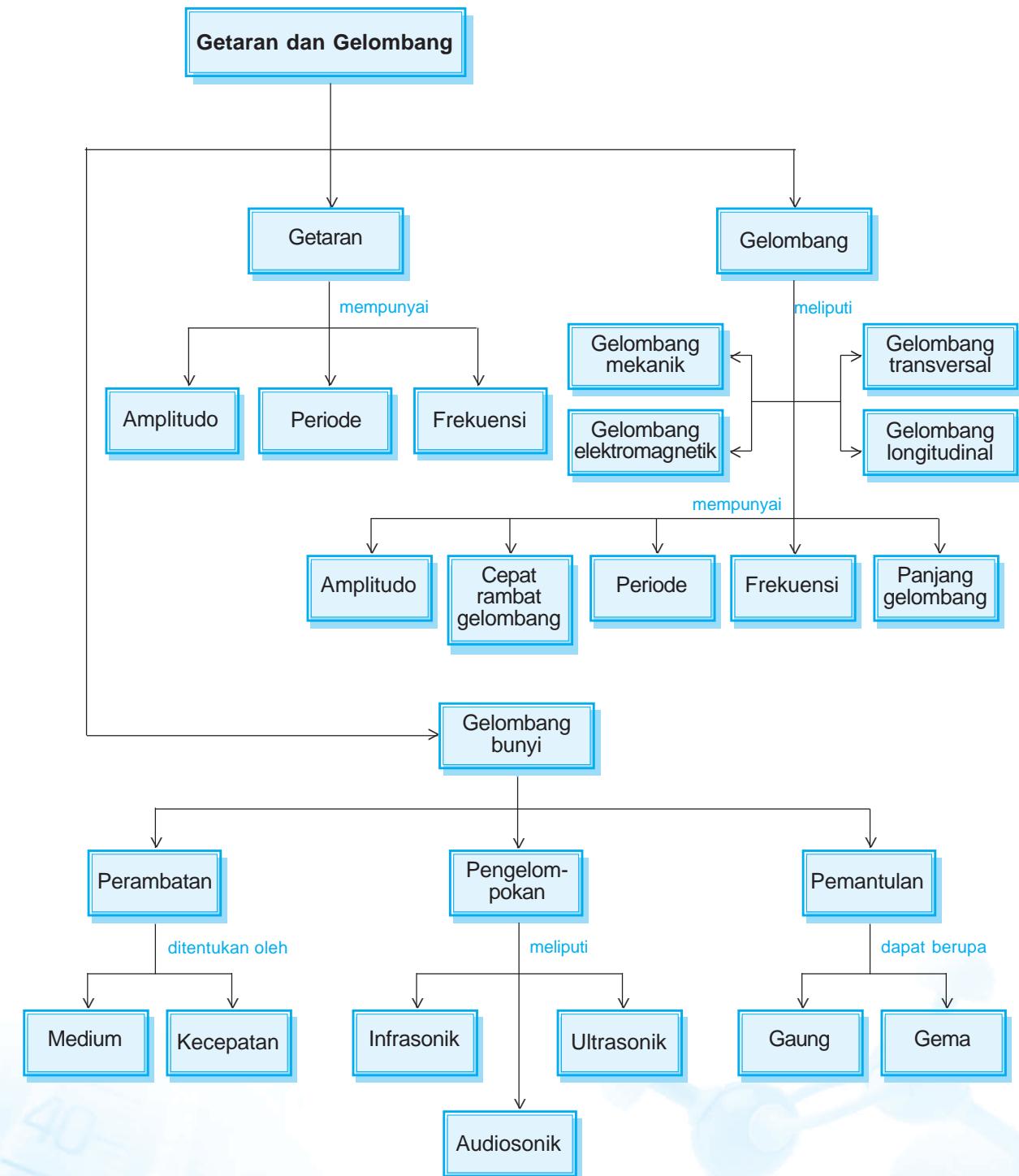


Pernahkah kamu datang ke sebuah stasiun radio. Di sana akan kamu temui sebuah menara tinggi yang berfungsi sebagai pemancar gelombang radio. Bagaimanakah siaran radio itu dapat ditangkap para pendengar?

Seiring dengan perkembangan teknologi, makin banyak satelit-satelit buatan yang diluncurkan ke stasiun luar angkasa untuk mengembangkan komunikasi. Bagaimana peranan satelit dalam membantu komunikasi?

Mari kita pahami konsep dan penerapan getaran dan gelombang dalam teknologi sehari-hari. Dalam pembelajaran bab ini, kamu dapat mendeskripsikan konsep getaran dan gelombang beserta parameter-parameternya serta mendeskripsikan konsep bunyi dalam kehidupan sehari-hari.

# Peta Konsep



## Kata Kunci

- amplitudo
- frekuensi
- gelombang
- getaran



## A Getaran

Untuk memahami lebih lanjut mengenai getaran, mari kita perhatikan uraian berikut!

Jika kamu pernah berada di stasiun kereta api, ketika kereta api datang atau lewat, kamu akan merasakan tanah yang kamu injak terasa bergetar. Getaran juga terjadi pada kaca-kaca jendela rumah ketika terjadi guntur yang kuat. Bunyi yang disebabkan guntur tersebut mampu menggetarkan benda-benda seperti kaca jendela. Bahkan getaran sangat kuat yang terjadi dari ledakan sebuah bom mampu merobohkan gedung-gedung. Contoh lain peristiwa getaran yang sering kita lihat adalah getaran pada bandul jam dinding.

Contoh-contoh di atas merupakan contoh-contoh getaran. Bagaimana getaran menurut ilmu Fisika? Untuk memahami getaran lakukan kegiatan berikut.

### Kegiatan 9.1

#### Konsep Getaran

##### Tujuan:

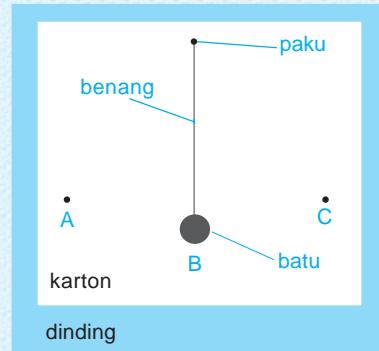
Mempelajari konsep getaran.

##### Alat dan bahan:

Batu, paku, benang 50 cm, karton, dan alat tulis.

##### Prosedur Kerja:

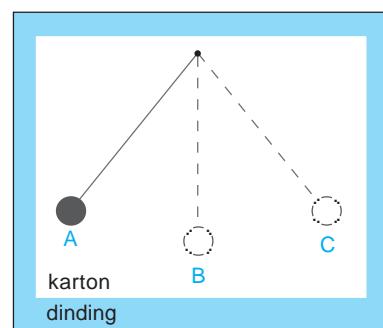
1. Ikatlah batu dengan benang.
2. Ikatkan ujung yang lain pada paku yang sudah tertancap di dinding.
3. Tempelkan kertas karton pada dinding sedemikian rupa sehingga menjadi latar batu yang telah digantung, perlu diperhatikan batu jangan sampai mengenai dinding.
4. Buatlah tiga titik A, B, dan C pada karton seperti pada gambar.
5. Tariklah batu ke titik A, kemudian lepaskan.
6. Perhatikan apa yang terjadi.



Ketika batu ditarik ke titik A dan dilepaskan, batu akan berayun seperti ditunjukkan pada **Gambar 9.1**.

Batu akan berayun melewati lintasan A – B – C – B – A. Dalam hal ini, batu dikatakan bergetar. Batu akan terus berayun melewati lintasan yang sama. Jika batu berada di posisi A, batu akan bergerak ke menuju B, dilanjutkan ke titik C. Ketika di titik B dan dilanjutkan ke titik A, begitu seterusnya. Semakin lama, simpangan AB atau BC akan semakin kecil sehingga akhirnya berhenti.

Dari kegiatan tersebut, **getaran** dapat didefinisikan sebagai gerak bolak-balik di sekitar titik kesetimbangan. Dalam hal ini, titik kesetimbangannya adalah B. **Titik kesetimbangan** pada



**Gambar 9.1** Getaran pada ayunan sederhana.

kegiatan tersebut adalah titik di mana pada titik tersebut benda tidak mengalami gaya luar atau dalam keadaan diam. Lintasan A – B – C – B – A adalah lintasan yang ditempuh oleh satu getaran. Jika kamu menetapkan titik B sebagai titik awal lintasan, maka B – C – B – A – B disebut satu getaran.

Pada kegiatan di atas, terlihat sebuah getaran terjadi pada batu yang diikat dengan tali dan diayunkan. Batu tersebut sering dikatakan sebagai **ayunan sederhana**.

Getaran juga dapat kamu lihat pada pegas yang diberi beban, kemudian diberi simpangan dan dibiarkan bergerak bolak-balik di sekitar titik kesetimbangannya. Mistar plastik yang salah satu ujungnya ditahan tetap dan ujung yang lain diberi simpangan akan bergetar pula. Setiap benda yang melakukan gerak bolak-balik di sekitar titik kesetimbangannya dikatakan bergetar.

## 1. Amplitudo

Pada **Kegiatan 9.1**, ketika kamu memberi simpangan pada bandul di titik A, kemudian melepaskan batu, batu akan bergerak menuju titik B, C, B, kemudian kembali ke titik A disebut satu getaran. Kamu dapat melihat bahwa simpangan tidak pernah melebihi titik A dan titik C.

Kedudukan batu setiap saat berubah-ubah. Dengan demikian simpangannya pun berubah pula. Pada saat batu berada di titik A atau C, simpangannya merupakan simpangan maksimum, sedangkan pada saat batu berada di titik kesetimbangan yaitu titik B, simpangannya minimum yaitu sama dengan nol. **Amplitudo** didefinisikan sebagai simpangan getaran paling besar. Pada kegiatan ini amplitudo getaran yaitu BA atau BC. Dari **Kegiatan 9.1**, ukurlah besar amplitudonya!

Mengapa amplitudo getaran bandul pada **Kegiatan 9.1** semakin lama semakin mengecil? Benda dapat bergerak dari titik A ke titik C melewati titik B disebabkan batu mempunyai berat dan ditarik oleh gaya gravitasi Bumi. Gaya gravitasi Bumi ini bekerja pada batu di setiap posisi berarah ke bawah. Dengan demikian, dalam pergerakannya benda akan mengalami hambatan dari gaya gravitasi ini. Hambatan ini akhirnya akan mampu menghentikan getaran bandul sehingga bandul berada dalam titik kesetimbangan di titik B.

## 2. Periode dan Frekuensi

Kamu mendengarkan radio pada frekuensi 100 MHz. Apa yang dimaksud 100 MHz? MHz adalah kependekan dari mega Hertz. Hertz diambil dari nama seorang ilmuwan Fisika Heinrich Hertz (1857–1894). Karena jasa-jasanya, namanya diabadikan dalam satuan frekuensi yaitu Hertz.

Perhatikan kembali peristiwa bandul bergerak bolak-balik pada **Kegiatan 9.1**. Satu getaran adalah gerak batu dari titik A, ke titik B, ke titik C, ke titik B, dan kembali ke titik A. Misalkan, ketika kamu melepaskan batu di titik A, kamu mengukur waktu menggunakan stopwatch, waktu yang diperlukan batu untuk



Gambar 9.2 Heinrich Rudolf Hertz.

membuat satu getaran yaitu dari A – B – C – B – A adalah 2 detik. Waktu ini dapat dikatakan waktu yang dibutuhkan oleh bandul untuk membuat satu getaran atau disebut **periode**.

Periode getaran dilambangkan dengan  $T$ . Untuk mengukur periode getaran digunakan persamaan sebagai berikut.

$$T = \frac{t}{n} \quad \dots \dots \quad (9.1)$$

#### Keterangan:

$T$  = periode getaran (sekon)

$t$  = waktu yang diperlukan (sekon)

$n$  = jumlah getaran

Jika periode sebuah getaran 5 detik, berarti untuk membuat satu getaran diperlukan waktu 5 detik.

Jika dalam satu detik terjadi lima getaran berarti periodenya yaitu  $\frac{1}{5}$  detik. Artinya dalam  $\frac{1}{5}$  detik terjadi satu getaran. Dengan kata lain, dalam satu detik terjadi lima getaran. Jumlah getaran setiap satu detik disebut sebagai **frekuensi**. Frekuensi getaran dilambangkan dengan  $f$ , dirumuskan:

$$f = \frac{n}{t} \quad \dots \dots \quad (9.2)$$

#### Keterangan:

$f$  = frekuensi getaran (Hertz)

$n$  = jumlah getaran

$t$  = waktu (sekon)

Satuan frekuensi adalah Hertz (Hz). Jika dalam satu detik terjadi 5 getaran berarti frekuensi getaran ini adalah 5 Hertz.

Hubungan antara frekuensi dan periode dapat dituliskan dalam bentuk matematika sebagai berikut.

$$T = \frac{1}{f} \text{ atau } f = \frac{1}{T} \quad \dots \dots \quad (9.3)$$

#### Keterangan:

$f$  = frekuensi getaran (Hertz)

$T$  = periode getaran (sekon)

#### Contoh

Sebuah benda bergetar 50 kali dalam waktu 2 sekon. Berapakah frekuensi dan periode benda tersebut?

#### Jawab:

Karena dalam 2 sekon terjadi 50 kali getaran, maka dalam 1 sekon terjadi 25 getaran.

Jadi, frekuensi ( $f$ ) getaran adalah 25 Hz.

Periode getaran ( $T$ ) adalah:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{25} = 0,04$$

Jadi, periode ( $T$ ) getaran adalah 0,04 s.

#### Apakah Seismograf itu?

Seismograf adalah alat yang digunakan untuk menentukan besarnya kekuatan gempa bumi. Alat ini menangkap getaran dari gelombang seismik yang merambat di dalam bumi.

Agar kamu lebih memahami periode dan frekuensi, lakukan kegiatan berikut!

## Kegiatan 9.2

### Periode dan Frekuensi

#### Tujuan:

Mempelajari konsep periode dan frekuensi.

#### Alat dan bahan:

Batu, paku, *stopwatch*, dan benang 50 cm.

#### Prosedur kerja:

1. Buatlah sebuah bandul dengan menggunakan batu, paku, dan benang.
2. Batu yang digantung diberi simpangan sejauh 6 cm dari kesetimbangannya.
3. Lepaskan batu sehingga membuat getaran. Catatlah waktu yang diperlukan untuk membuat 5, 10, 15, 20, dan 25 getaran.
4. Catatlah hasil pengamatanmu.
5. Dari data yang telah diperoleh, hitunglah periode dan frekuensinya!

| Jumlah Getaran | Waktu (s) |
|----------------|-----------|
| 5              | ....      |
| 10             | ....      |
| 15             | ....      |
| 20             | ....      |
| 25             | ....      |

## Latihan 9.1

1. Apakah getaran itu?
2. Tuliskan contoh-contoh getaran dalam kehidupan sehari-hari!
3. Apa yang dimaksud amplitudo, periode, dan getaran?
4. Sebuah benda bergetar sebanyak 100 kali dalam 5 detik. Hitunglah frekuensi dan periode getaran benda tersebut!
5. Sebuah lebah dapat menggerakkan sayapnya 50 kali setiap detiknya. Hitunglah periode getaran sayap lebah tersebut!



## B Gelombang

Jika kamu melemparkan batu ke dalam kolam, dari titik tempat jatuhnya batu tersebut timbul gelombang kecil yang bergerak menjauhi titik tempat jatuh batu membentuk sebuah lingkaran. Perhatikan juga senar gitar yang dipetik. Getar sinar tersebut dapat mengeluarkan bunyi sehingga kamu dapat mendengarnya dan jika dipadukan bunyi senar ini akan menimbulkan suara yang harmonis. Kedua contoh tersebut merupakan contoh-contoh gelombang dalam keseharian.

### 1. Pengertian Gelombang

Batu yang dijatuhkan ke dalam kolam dan senar gitar yang dapat mengeluarkan bunyi merupakan contoh-contoh bunyi.

Jika kamu melihat dengan teliti senar yang dipetik, kamu akan mendapatkan bahwa sebenarnya senar tersebut bergetar. Karena getaran inilah timbul gelombang bunyi. Untuk lebih memahami pengertian gelombang, lakukan kegiatan berikut!

### Kegiatan 9.3

#### Terjadinya Gelombang

##### Tujuan:

Mengamati terjadinya gelombang.

##### Alat dan bahan:

Baskom besar, sobekan kertas, dan air.

##### Prosedur kerja:

1. Isilah baskom dengan air.
2. Letakkan sebuah potongan kertas di atas air. Potongan kertas tersebut akan mengapung di permukaan air.
3. Buatlah gangguan pada air dengan tanganmu untuk membuat gelombang kecil pada air.
4. Gelombang kecil akan merambat ke tepi baskom. Apakah sobekan kertas juga ikut bergerak ke tepi baskom?
5. Catat hasil pengamatannya.

Ketika air dalam baskom diganggu dengan tanganmu, timbul gelombang kecil yang bergerak menjauh dari titik sumber gangguan menuju ke tepi baskom. Akan tetapi, sobekan kertas yang kamu tempatkan tidak turut bergerak menjauh, melainkan bergerak turun naik.

Dari Kegiatan 9.3 terlihat bahwa gelombang ditimbulkan oleh getaran yang dilakukan oleh tanganmu. Dapat dikatakan bahwa **gelombang** adalah getaran yang merambat melalui suatu medium. Dalam hal ini mediumnya adalah air.

## 2. Gelombang Mekanik dan Gelombang Elektromagnetik

Berdasarkan medium perambatannya, gelombang dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu gelombang mekanik dan gelombang elektromagnetik.

### a. Gelombang Mekanik

Gelombang air, gelombang bunyi, gelombang tali, dan gelombang pada slinki merupakan contoh-contoh gelombang mekanik. Gelombang-gelombang ini memerlukan medium untuk dapat merambatkan gelombang. Air, udara, tali, slinki adalah medium yang digunakan untuk merambatkan gelombang air, gelombang bunyi, gelombang tali, dan gelombang pada slinki. Gelombang-gelombang ini ditimbulkan oleh adanya getaran mekanik. Oleh karena itu, gelombang-gelombang tersebut dikelompokkan ke dalam



**Gambar 9.3** Riak air merupakan gelombang mekanik.



**Gambar 9.4** Kita dapat melihat acara TV dengan memanfaatkan gelombang elektromagnetik.

gelombang mekanik. Umumnya, gelombang mekanik seperti contoh tersebut dapat diamati dengan mata telanjang.

### b. Gelombang Elektromagnetik

Tahukah kamu gelombang TV dan gelombang radio dapat merambat? Sebagai contoh, kamu dapat melihat pertandingan bola di Italia secara langsung padahal jarak rumahmu ke negara tersebut sangat jauh. Kamu dapat melihat acara TV karena adanya gelombang elektromagnetik. Siaran pertandingan bola di Italia dipancarkan ke satelit bumi dan oleh satelit bumi ini dipancarkan kembali ke bumi. Televisimu dapat menangkap gelombang ini dan mengubahnya menjadi gambar dan suara. Bagaimana gelombang elektromagnetik dapat merambat di luar angkasa ketika menuju satelit bumi padahal di luar angkasa merupakan ruangan hampa. Gelombang elektromagnetik dapat merambat meskipun tidak terdapat medium untuk menjalarkan gelombangnya. Contoh lain, gelombang sinar Matahari dapat sampai ke bumi meskipun antara Matahari dan bumi tidak terdapat medium untuk menjalarkan gelombang. Gelombang yang dapat merambat tanpa membutuhkan medium disebut gelombang elektromagnetik.

## 3. Gelombang Transversal dan Gelombang Longitudinal

Selain membutuhkan medium untuk merambat, gelombang juga mempunyai arah merambat dan arah getaran (ingat, gelombang adalah getaran yang merambat). Berdasarkan arah rambatan dan arah getarannya, gelombang dibedakan menjadi dua, yaitu gelombang transversal dan gelombang longitudinal.

### a. Gelombang Transversal

Untuk mengamati gelombang transversal, lakukan kegiatan berikut!

### Kegiatan 9.4

#### Gelombang Transversal pada Tali

##### Tujuan:

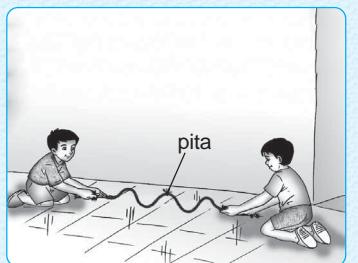
Mengamati gelombang transversal pada tali.

##### Alat dan bahan:

Tali sepanjang 2 m dan pita.

##### Prosedur kerja:

1. Peganglah olehmu salah satu ujung tali dan ujung yang lain oleh temanmu.
2. Letakkan tali tersebut di atas lantai, ujung-ujungnya masih dipegang olehmu dan temanmu.
3. Ikatkan pita pada bagian tengah tali tersebut.
4. Hentakkan tanganmu ke atas kemudian ke bawah (dalam satu gerakan) sehingga akan terlihat gelombang yang menjalar dari ujung yang kamu pegang ke ujung yang dipegang oleh temanmu.



5. Perhatikan, apakah pita ikut merambat?
6. Ke arah mana gelombang merambat?
7. Ke arah mana pita bergerak?

Ketika kamu menghentakkan ujung tali sementara ujung yang lainnya dipegang temanmu, akan terbentuk gelombang yang menjalar dari ujung yang kamu pegang ke ujung yang dipegang temanmu. Arah gelombang tersebut adalah mendatar atau horizontal.

Pita yang diikatkan pada tali akan mengalami gerakan naik dan turun setiap kali gelombang melewatinya. Pita tidak ikut merambat, tetapi hanya bergerak ke atas kemudian ke bawah jika gelombang telah melewatinya. Gerakan pita adalah vertikal.

Ternyata, gelombang pada tali merambat secara horizontal dan arah getarannya vertikal. Dengan demikian arah perambatan gelombang dan arah getarannya saling tegak lurus. Gelombang seperti ini disebut dengan gelombang transversal. Jadi, gelombang transversal adalah gelombang yang arah perambatannya tegak lurus terhadap arah getarannya.

### b. Gelombang Longitudinal

Bagaimana arah perambatan gelombang dan arah getaran pada gelombang longitudinal? Gelombang longitudinal dapat kamu amati pada slinki. Untuk mengamati gelombang longitudinal lakukan kegiatan berikut.

#### Kegiatan 9.5

##### Gelombang Longitudinal pada Slinky

###### Tujuan:

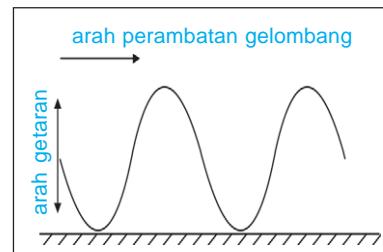
Mengamati gelombang longitudinal pada slinki.

###### Alat dan bahan:

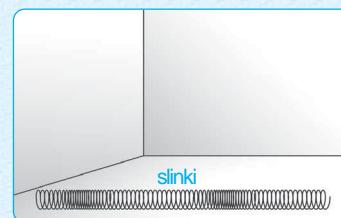
Sebuah slinki.

###### Prosedur kerja:

1. Letakkan slinki pada lantai.
2. Gerakkan salah satu ujung slinki maju mundur.
3. Pada slinki akan terlihat rapatan dan rengangan yang bergerak sepanjang slinki.
4. Bagaimana arah perambatan dan arah getaran pada slinki?



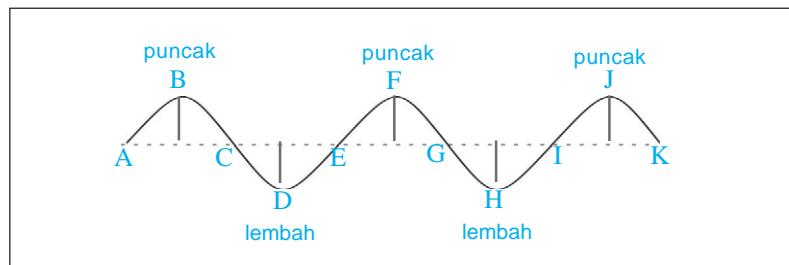
**Gambar 9.5** Pada gelombang tali, arah rambatan gelombang dan arah getaran adalah tegak lurus.



Ketika slinki kamu gerakkan, pada slinki akan merambat gelombang yang arahnya searah dengan arah getaran dari tanganmu yang diberikan pada slinki. Gelombang yang arah rambatannya searah dengan arah getarannya seperti pada gelombang slinki dinamakan gelombang longitudinal.

### c. Bentuk Gelombang Transversal dan Gelombang Longitudinal

Gelombang tali dan gelombang air merupakan contoh gelombang transversal karena arah getaran dan arah perambatan gelombangnya saling tegak lurus. Jika digambarkan, bentuk gelombang transversal akan tampak seperti **Gambar 9.6**.



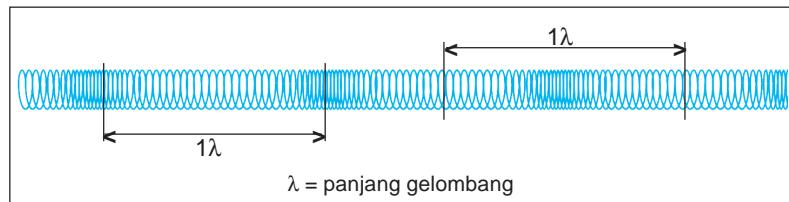
**Gambar 9.6** Bentuk gelombang transversal.

Pada gelombang transversal ada beberapa istilah yang perlu kamu ketahui, yaitu sebagai berikut.

- ABC, EFG, dan IJK = bukit gelombang
- CDE dan GHI = lembah gelombang
- B, F, dan J = titik puncak gelombang
- D dan H = titik dasar gelombang
- ABCDE, EFGHI = satu gelombang
- Satu gelombang terdiri atas satu puncak gelombang dan satu lembah gelombang.

Jadi, gelombang transversal pada **Gambar 9.6** terdiri atas 3 puncak gelombang dan 2 lembah gelombang. Dengan kata lain terdiri atas 2,5 gelombang.

Sedangkan gelombang longitudinal terbentuk atas rapatan dan renggangan. Perhatikan bentuk gelombang longitudinal pada **Gambar 9.7**!



**Gambar 9.7** Bentuk gelombang longitudinal.

#### Contoh

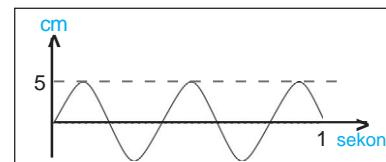
1. Diketahui sebuah gelombang seperti pada gambar. Tentukan:

- a. periode,
- b. frekuensi,
- c. amplitudo!

**Jawab:**

- a. Periode

Gambar di atas terdiri dari 3 puncak dan 2 lembah berarti 2,5 gelombang.



2,5 gelombang = 1 sekon

$$1 \text{ gelombang} = \frac{1 \text{ sekon}}{2,5} = 0,4 \text{ sekon}$$

Jadi, periodenya adalah 0,4 sekon.

b. Frekuensi

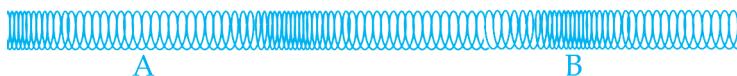
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,4} = 2,5$$

Jadi, frekuensinya adalah 2,5 Hz.

c. Amplitudo

Dari gambar terlihat bahwa simpangan terjauhnya adalah 5 cm. Jadi, amplitudonya adalah 5 cm.

2. Waktu yang dibutuhkan gelombang longitudinal untuk merambat dari A ke B adalah 1 sekon. Berapakah frekuensi gelombang tersebut?



Jawab:

Dari A ke B terbentuk dua rapatan dan dua renggangan, berarti terbentuk 2 gelombang dalam waktu 1 sekon. Ini berarti:

$$\begin{aligned}\text{frekuensi gelombang} &= \frac{2 \text{ gelombang}}{1 \text{ sekon}} \\ &= 2 \text{ gelombang/sekon} \\ &= 2 \text{ Hz}\end{aligned}$$

#### 4. Cepat Rambat, Frekuensi, dan Panjang Gelombang

Kamu telah mengetahui bahwa gelombang merupakan getaran yang merambat. Merambat berarti bergerak dari suatu tempat ke tempat lain dalam selang waktu tertentu. Jika diketahui panjang gelombang dan periodenya, dapat ditentukan kecepatan gelombang tersebut. Panjang gelombang dilambangkan  $\lambda$ , dengan satuan meter, sedangkan kecepatan dilambangkan  $v$  satuannya m/s.

Telah diketahui bahwa periode gelombang  $T$  adalah:

$$T = \frac{1}{f} \text{ atau } f = \frac{1}{T}$$

Dengan demikian, diperoleh hubungan antara kecepatan gelombang ( $v$ ) dengan panjang gelombang  $\lambda$ , periode ( $T$ ), dan frekuensi gelombang ( $f$ ) yang dituliskan sebagai berikut.

$$v = \frac{\lambda}{T} \dots\dots (9.4)$$

**Keterangan:**

$v$  = kecepatan gelombang (m/s)

$\lambda$  = panjang gelombang (m)

$T$  = periode (sekon)

### Contoh

Sebuah tali dengan panjang 6 m, ujungnya digerakkan sehingga membentuk 2 puncak dan 2 lembah. Waktu yang diperlukan untuk membentuk 1 bukit dan 1 lembah adalah 1,5 sekon. Hitunglah kecepatan gelombang tersebut!

Jawab:

$$2 \text{ puncak dan } 2 \text{ lembah} = 2\lambda, \text{ maka } 2\lambda = 6 \text{ m atau } \lambda = 3 \text{ m}$$
$$T = 1,5 \text{ s}$$

$$v = \frac{3 \text{ m}}{1,5 \text{ s}}$$
$$= 2 \text{ m/s}$$

Jadi, kecepatan gelombang tersebut adalah 2 m/s.

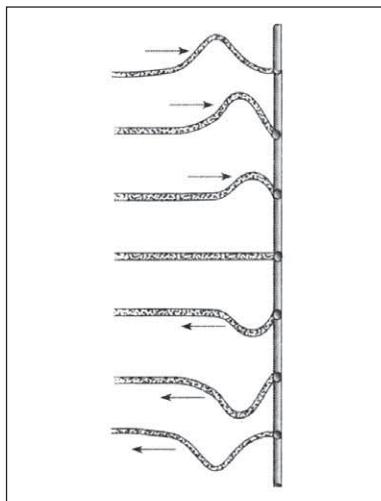
### 5. Pemantulan Gelombang

Ketika kamu memberi gangguan pada air di dalam baskom, timbul gelombang yang bergerak menjauhi titik gangguan yang kamu berikan. Gelombang air ini akan bergerak membentuk bola dengan titik pusatnya titik di mana gangguan diberikan. Ketika gelombang tersebut tiba di tepi baskom, gelombang tersebut dipantulkan oleh dinding baskom. Sebagian energi yang dibawa gelombang tersebut dipantulkan oleh dinding baskom sehingga kamu dapat melihat gelombang kecil bergerak menjauhi dinding baskom.

Pada gelombang bunyi pun terjadi pemantulan. Jika kamu bicara atau berteriak atau bicara di dalam ruangan besar, kosong dan tertutup, kamu dapat mendengar suaramu akan dipantulkan. Jika kamu mengucapkan "halo", sesaat kemudian akan terdengar suara "halo" dari pantulan oleh dinding, langit-langit, dan alas ruangan tersebut.

Gelombang tali pun dapat mengalami pemantulan. Perhatikan Gambar 9.8! Gambar tersebut memperlihatkan gelombang pada tali yang dipantulkan oleh tiang tempat salah satu ujung tali diikatkan.

Gelombang laut merupakan gelombang air. Gelombang laut dapat berukuran sangat besar dan kecepatannya pun bisa sangat besar pula. Gelombang laut membawa energi yang besar yang dapat dihasilkan oleh angin atau gempa di dasar samudra. Ketika gelombang laut tersebut sampai di pantai, gelombang laut ini akan menghantam pantai dan sebagian gelombangnya akan dipantulkan dalam bentuk arus balik. Arus balik ini bergerak di bawah permukaan air laut. Arus balik ini sangat berbahaya bagi orang-orang yang sedang berenang di pantai karena arus ini dapat membawa orang yang sedang berenang ke laut yang lebih dalam. Oleh karena itu kamu harus hati-hati jika berenang di laut. Patuhi semua peraturan dan larangan yang diberlakukan di pantai tempat kamu berenang.



Gambar 9.8 Pemantulan gelombang tali dengan salah satu ujung terikat.

## 6. Pemanfaatan Gelombang dalam Kehidupan Sehari-hari

Banyak sekali pemanfaatan gelombang dalam kehidupan sehari-hari. Misalkan kamu dapat menonton berbagai acara televisi yang ditransmisikan dengan gelombang elektromagnetik. Tanpa pengetahuan tentang gelombang, manusia tidak mungkin mampu membuat alat yang dapat memancarkan dan menerima siaran televisi. Manusia juga dapat meramalkan cuaca dengan menggunakan satelit untuk mengumpulkan informasi dari atmosfer Bumi juga menggunakan teknologi gelombang. Berikut adalah aplikasi gelombang dalam kehidupan sehari-hari.

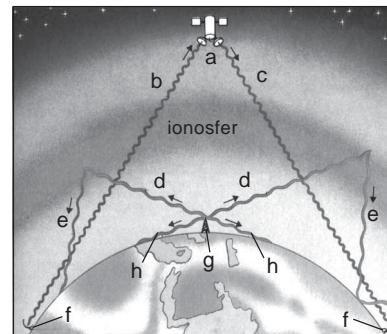
### a. Satelit Buatan

Satelit buatan adalah seperangkat alat elektronik yang diorbitkan pada orbit tertentu di luar angkasa. Satelit buatan ini mengorbit mengelilingi bumi seperti halnya bulan. Satelit digunakan manusia khususnya dalam bidang telekomunikasi dan meteorologi. Dalam bidang telekomunikasi yaitu digunakan untuk menerima dan menyebarkan gelombang televisi dari suatu tempat di bumi kemudian menyebarkannya ke bagian bumi lain sehingga informasi dapat disampaikan saat itu juga. Misalkan, kamu melihat tayangan sepak bola Liga Italia secara langsung. Rekaman pertandingan tersebut diubah menjadi gelombang elektromagnetik dan dipancarkan. Gelombang ini diterima oleh satelit dan disebarluaskan kembali ke bumi sehingga belahan bumi lain dapat menerima gelombang ini. Di belahan bumi tersebut gelombang elektromagnetik ini diubah kembali menjadi bentuk gambar dan suara. Penjalaran gelombang dari bumi ke satelit terlihat seperti **Gambar 9.9**.

Dari **Gambar 9.9** terlihat sebuah pemancar radio memancarkan gelombang dalam segala arah. Gelombang langit menjalar ke atas dan dipantulkan oleh ionosfer kembali ke bumi karena gelombang-gelombang ini dapat diterima dari seluruh horizon. Beberapa gelombang dapat mengenai tanah dan dipantulkan kembali. Gelombang mikro tidak dipantulkan oleh ionosfer melainkan diteruskan ke satelit. Gelombang yang diterima oleh satelit ini digunakan untuk mentransmisikan informasi ke stasiun-stasiun penerima di bumi.

### b. Sel Surya

Sel surya digunakan manusia untuk menampung gelombang sinar Matahari sehingga manusia memperoleh bentuk energi baru. Kamu pasti telah mengetahui bahwa sinar Matahari juga merupakan gelombang. Sinar Matahari ini dapat digunakan sebagai sumber energi baru, misalkan pembangkit listrik, digunakan untuk mobil bertenaga surya, bahkan digunakan sebagai sumber energi pesawat bertenaga surya. Para ahli telah banyak yang meneliti pemanfaatan energi Matahari ini. Bahkan telah dibuat mobil-mobil tenaga surya yang menggunakan energi Matahari untuk menggerakkannya.



**Gambar 9.9** Penjalaran gelombang dari bumi ke satelit dan sebaliknya.

#### Keterangan:

- a. satelit komunikasi
- b. gelombang mikro
- c. gelombang mikro ditransmisikan kembali
- d. gelombang langit
- e. gelombang langit yang dipantulkan
- f. parabola pemancar gelombang mikro
- g. pemancar radio
- h. gelombang tanah



**Gambar 9.10** Sel surya.

### c. Eksplorasi Minyak dan Gas Bumi

Mungkin kamu bertanya-tanya bagaimana orang dapat menemukan sumber minyak bumi di dalam perut bumi, padahal kulit bumi (mantel) sangat tebal dan terdiri atas batuan yang sangat padat. Satu lagi konsep gelombang dimanfaatkan manusia. Pada pembahasan sebelumnya kamu telah mengetahui bahwa gelombang mekanik menjalar membutuhkan medium dan gelombang dapat dipantulkan.

Para ahli geofisika melakukan penelitian terhadap perut bumi dengan memberikan gelombang mekanik pada bumi. Gelombang tersebut akan dijalarkan oleh bumi ke segala arah. Jika gelombang tersebut mengenai batuan yang mempunyai sifat elastisitas berbeda, gelombang tersebut sebagian akan dipantulkan dan sebagian akan diteruskan. Gelombang yang dipantulkan ke permukaan bumi ini diterima oleh *receiver* dan waktu penjalaran gelombang ini dicatat.

Dari serangkaian data waktu pemantulan, para ahli geofisika dapat memperkirakan jenis batuan yang dilalui gelombang dan memperkirakan adanya sumber minyak bumi, gas, atau mineral.

Jika kamu melanjutkan studi di perguruan tinggi jurusan Geofisika, kamu akan mempelajari teknik ini secara lebih mendalam dan kamu akan merasa kagum bagaimana Sains menjadi ujung tombak dalam sebuah eksplorasi minyak bumi, mineral, atau gas.

### d. Sonar

Sebagian wilayah negara Indonesia adalah laut. Tidak heran jika Indonesia kaya akan ikan. Selain di pantai, ikan ditangkap para nelayan di perairan yang jauh dari pantai menggunakan kapal. Tidak setiap daerah di laut dihuni oleh ikan. Ada beberapa bagian laut yang banyak ikannya dan ada bagian laut yang sedikit ikannya. Bagaimana caranya supaya penangkapan ikan di laut menjadi efektif?

Kapal-kapal laut biasanya menggunakan sonar untuk menemukan daerah di laut yang banyak ikannya. Prinsip kerja sonar ini berdasarkan pada konsep pemantulan gelombang. Dari permukaan, gelombang bunyi dijalarkan ke dalam laut. Gelombang suara ini menyebar ke kedalaman laut. Jika sebelum tiba di dasar laut, gelombang suara ini mengenai gerombolan ikan, gelombang suara ini sebagian akan dipantulkan kembali ke permukaan. Gelombang pantul ini akan diterima oleh alat dan langsung digambarkan dalam monitor. Nelayan dapat melihat gerombolan ikan di bawah kapal mereka. Dengan demikian, nelayan dapat menurunkan jaringnya untuk menangkap ikan-ikan tersebut. Penggunaan sonar ini akan lebih menguntungkan dan membuat suatu pelayaran akan lebih efektif.

## Tugas 9.1

Gelombang tsunami merupakan salah satu jenis gelombang. Gelombang ini pernah meninggalkan duka yang sangat mendalam bagi bangsa Indonesia pada Desember 2004. Tugasmu, carilah informasi mengenai gelombang tsunami. Informasi tersebut dapat kamu dapatkan dari media cetak, media elektronik, perpustakaan, atau internet. Buatlah sebuah laporan dan presentasikan hasilnya di depan kelas.

## Latihan 9.2

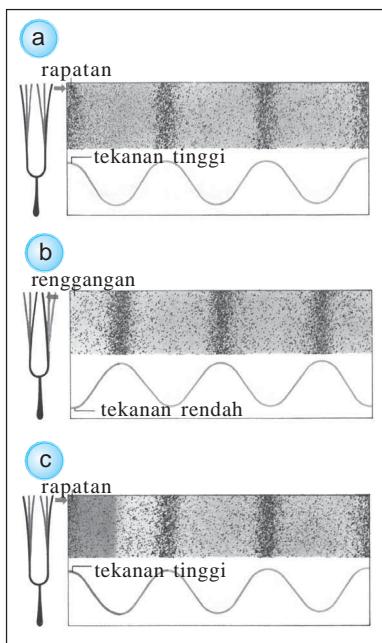
1. Apakah gelombang itu?
2. Tuliskan jenis-jenis gelombang menurut medium penjalarannya dan berilah contohnya!
3. Tuliskan jenis-jenis gelombang menurut arah rambatan dan arah getarannya. Berilah contohnya!
4. Sebuah gelombang terdiri atas 2 bukit dan 1 lembah. Jarak antara dua bukit yang berdekatan adalah 3 meter. Hitunglah panjang gelombang tersebut!
5. Jelaskan pemanfaatan gelombang dalam teknologi!



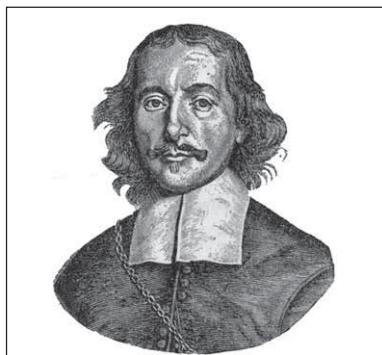
## Gelombang Bunyi

Bunyi merupakan salah satu bentuk gelombang. Tidak seperti gelombang pada tali atau gelombang pada air, gelombang bunyi tidak dapat dilihat mata, melainkan dapat didengar telinga. Banyak sekali sumber-sumber bunyi dalam keseharian kita. Setiap benda yang dapat mengeluarkan bunyi dikatakan sebagai sumber bunyi. Perhatikanlah sebuah gitar yang merupakan salah satu sumber bunyi! Bunyi gitar dihasilkan oleh senar-senar gitar yang bergetar karena petikan jari-jari tangan. Ketika senar gitar tersebut dipetik, senar akan bergetar. Getaran senar ini mengusik partikel-partikel udara di sekelilingnya. Gitar mempunyai ruangan kosong berisi udara. Ruangan ini berfungsi untuk menampung gelombang yang dihasilkan oleh senar. Di dalam tabung ini, gelombang-gelombang bunyi mengalami penguatan karena pemantulan oleh dinding-dindingnya. Oleh karena itu, kamu dapat mendengarkan suara petikan gitar yang nyaring.

Jika kamu menggetarkan garputala dengan cara memukulinya, garputala tersebut akan bergetar dan mengeluarkan bunyi. Getaran garputala tersebut mengusik partikel-partikel udara di sekelilingnya, kemudian partikel-partikel udara tersebut akan meneruskannya. Gelombang bunyi merupakan gelombang longitudinal. Partikel udara yang termampatkan akan mem-



**Gambar 9.11** Bentuk penyebaran gelombang bunyi di udara.



**Gambar 9.12** Otto von Guericke

bentuk rapatan dan renggangan. Rapatan dan renggangan ini akan dirambatkan oleh partikel-partikel udara.

Dengan demikian bunyi akan terdengar di tempat yang mempunyai jarak tertentu dari sumber bunyi tersebut. Bentuk penyebaran gelombang bunyi di udara dapat dilihat seperti **Gambar 9.11**.

Getaran yang merambat di udara ini mirip dengan merambatnya gelombang air karena dijatuhkannya sebuah batu ke dalamnya. Ketika batu mengenai air, batu tersebut memberikan gangguan pada air. Air akan membentuk gelombang yang diteruskan ke segala arah membentuk pola lingkaran. Kamu dapat melihat gelombang air yang membentuk lingkaran bergerak menjauhi titik di mana batu dijatuhkan.

Ada sedikit perbedaan antara gelombang bunyi dan gelombang air. Jika gelombang air bergerak hanya satu dimensi yaitu ke arah mendatar saja, gelombang bunyi bergerak ke segala arah dalam ruang tiga dimensi.

## 1. Perambatan Bunyi

Telah disebutkan bahwa gelombang bunyi merambat di dalam suatu medium. Seorang ahli Fisika berkebangsaan Jerman Otto von Guericke (1602–1806) telah membuktikan bahwa gelombang bunyi merambat memerlukan medium. Dalam percobaannya, Guericke memasukkan bel ke dalam tabung yang telah divakumkan dengan cara memompa udaranya keluar tabung. Dia mendapatkan bahwa ketika bel dimasukkan ke dalam tabung hampa, bunyi bel tidak dapat terdengar. Hal ini membuktikan bahwa bel dapat terdengar jika ada udara sebagai medium penghantar gelombang bunyi.

Dapatkah bunyi merambat pada zat cair? Selain udara sebagai penghantar bunyi, zat cair (contohnya air) pun dapat dijadikan medium untuk menghantarkan bunyi. Ikan lumba-lumba dapat berkomunikasi dengan sesamanya menggunakan gelombang bunyi yang dapat diterima sesamanya karena gelombang bunyi tersebut merambat di dalam air.

Perambatan bunyi di dalam air dapat kamu amati langsung ketika kamu sedang menyelam di dalam air. Misalkan kamu dan temanmu secara bersama-sama menyelam di dalam air. Kemudian, temanmu berteriak di dalam air, kamu dapat mendengar teriakan temanmu tersebut.

Selain pada udara dan zat cair, bunyi pun dapat merambat di dalam zat padat. Jadi, bunyi tidak dapat merambat melalui hampa udara (vakum). Syarat terjadi dan terdengarnya bunyi adalah sebagai berikut.

- Ada sumber bunyi (benda yang bergetar).
- Ada medium (zat antara untuk merambatnya bunyi).
- Ada penerima bunyi yang berada di dekat atau dalam jangkauan sumber bunyi.

Untuk mengamati perambatan gelombang bunyi di dalam zat padat, lakukan **Kegiatan 9.6!**

## Kegiatan 9.6

### Perambatan Gelombang Bunyi pada Zat Padat

#### Tujuan:

Mengamati perambatan gelombang bunyi pada zat padat.

#### Alat dan bahan:

Dua buah kaleng bekas minuman yang tutupnya telah dibuang sehingga merupakan silinder tanpa tutup, paku, palu, dan benang.

#### Prosedur Kerja:

1. Lubangi alas kedua kaleng bekas dengan paku.
2. Siapkan benang sepanjang 10 m.
3. Setiap ujung benang dimasukkan ke dalam lubang kaleng.
4. Dengan bantuan temanmu, aturlah posisi benang sedemikian rupa sehingga benang tidak kendor.
5. Gunakan kaleng sebagai corong untuk berbicara dan kaleng yang lain yang dipegang temanmu digunakan untuk mendengarkan ucapanmu.
6. Apakah temanmu dapat mendengar suaramu?
7. Lakukan kegiatan tersebut secara bergiliran sehingga alat ini berfungsi seperti telepon.
8. Apa yang dapat kamu simpulkan dari kegiatan ini?

Suara kamu dapat terdengar oleh temanmu dari kaleng yang dihubungkan dengan benang karena gelombang bunyi dari pita suaramu diteruskan oleh benang. Hal ini membuktikan bahwa gelombang bunyi dapat menjalar melalui zat padat.

## 2. Cepat Rambat Gelombang Bunyi

Pernahkah kamu melihat halilintar? Kilatan halilintar dan suaranya tampak tidak terjadi dalam satu waktu. Sebenarnya, kilatan halilintar dan suaranya terjadi bersamaan. Mengapa kita melihat kilatan halilintar lebih dahulu, kemudian disusul suaranya? Hal ini berkaitan dengan cepat rambat gelombang.

Halilintar terdiri atas dua gelombang, yaitu gelombang cahaya yang berupa kilatannya dan gelombang bunyi yang berupa suaranya. Karena kedua gelombang ini mempunyai cepat rambat gelombang yang berbeda, dua gelombang ini tampak terjadi beriringan. Ternyata cepat rambat gelombang cahaya lebih besar dari cepat rambat gelombang bunyi. Oleh karena itu, kilatan cahaya akan lebih dahulu kita lihat, kemudian disusul suaranya.

Hal serupa juga terjadi ketika kamu mendengar bunyi pesawat di atas kamu, ternyata pesawat terlihat sudah jauh berada di depan. Hal ini disebabkan cepat rambat cahaya lebih besar daripada cepat rambat bunyi.

Kecepatan perambatan gelombang bunyi bergantung pada medium tempat gelombang bunyi tersebut dirambatkan. Selain itu, kecepatan rambat bunyi juga bergantung pada suhu me-



**Gambar 9.13** Kilatan halilintar akan terlihat lebih dulu dibandingkan terdengarnya suara halilintar.

dium tersebut. Kecepatan perambatan gelombang bunyi di udara bersuhu 0°C akan berbeda jika bunyi merambat di udara yang bersuhu 25°C.

### Tugas 9.2

Carilah peristiwa-peristiwa yang menunjukkan bahwa kecepatan perambatan bunyi bergantung pada medium dan suhu tempat gelombang tersebut menjalar!

Bagaimana menentukan kecepatan perambatan gelombang bunyi? Kecepatan gelombang bunyi dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \dots\dots\dots (9.5)$$

#### Keterangan:

$v$  = cepat rambat bunyi (m/s)

$\Delta s$  = jarak sumber bunyi dengan pengamat (m)

$\Delta t$  = waktu (s)

**Tabel 9.1** Cepat rambat gelombang bunyi pada beberapa medium pada suhu 20°C.

| Medium   | Kecepatan (m/s) |
|----------|-----------------|
| Udara    | 340             |
| Alkohol  | 1.240           |
| Air      | 1.500           |
| Kayu Oak | 3.850           |
| Kaca     | 4.540           |
| Besi     | 5.100           |

Perlu diingat bahwa kecepatan merambatnya bunyi dalam suatu medium tidak hanya bergantung pada jenis medium, tetapi bergantung juga pada suhu medium tersebut. Cepat rambat gelombang bunyi di udara pada suhu 20° C akan berbeda dengan cepat rambat gelombang bunyi di udara pada suhu 50° C. Kecepatan bunyi pada beberapa medium pada suhu yang sama ditunjukkan pada **Tabel 9.1**.

Pada **Tabel 9.1** terlihat bahwa untuk medium yang berbeda, kecepatan perambatan gelombang bunyinya berbeda pula. Jika dilihat dari kepadatan medium-medium pada **Tabel 9.1** ternyata pada medium yang mempunyai kerapatan paling kecil yaitu udara, gelombang bunyi merambat paling lambat dan sebaliknya. Jadi bunyi merambat paling baik dalam medium zat padat dan paling buruk dalam medium udara (gas). Perbedaan cepat rambat bunyi dalam ketiga medium (padat, cair, dan gas) karena perbedaan jarak antarpartikel dalam ketiga wujud zat tersebut. Jarak antarpartikel pada zat padat sangat berdekatan sehingga energi yang dibawa oleh getaran mudah untuk dipindahkan dari partikel satu ke partikel lainnya tanpa partikel tersebut berpindah. Begitu sebaliknya pada zat gas yang memiliki jarak antarpartikel yang berjauhan.

Selain bergantung pada medium perambatannya, cepat rambat gelombang bunyi juga bergantung pada suhu medium tempat gelombang bunyi tersebut merambat. **Tabel 9.2** memperlihatkan kecepatan perambatan bunyi di udara pada suhu yang berbeda.

Pada **Tabel 9.2** terlihat bahwa pada medium yang sama yaitu udara, gelombang bunyi merambat dengan kecepatan berbeda-beda. Jadi, semakin tinggi suhu udara, semakin besar cepat

**Tabel 9.2** Pengaruh suhu pada cepat rambat gelombang bunyi pada medium udara.

| Suhu udara (°C) | Kecepatan (m/s) |
|-----------------|-----------------|
| 0               | 332             |
| 15              | 340             |
| 25              | 347             |

rambat bunyinya atau semakin rendah suhu udara, semakin kecil cepat rambat bunyinya.

### Contoh

Sebuah sumber bunyi mengeluarkan bunyi. Bunyi tersebut terdengar oleh pengamat 1,5 sekon kemudian. Jarak antara sumber bunyi dan pengamat adalah 510 m. Hitunglah kecepatan gelombang tersebut!

Jawab:

$$\Delta t = 1,5 \text{ s}$$

$$\Delta s = 510 \text{ m}$$

$$v = \frac{510 \text{ m}}{1,5 \text{ s}} \\ = 340 \text{ m/s}$$

Jadi, cepat rambat gelombang bunyi tersebut adalah 340 m/s.

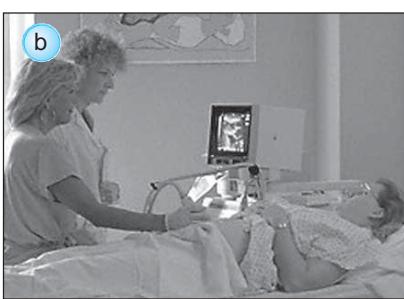
### 3. Infrasonik, Ultrasonik, dan Audiosonik

Setiap makhluk hidup mempunyai ambang pendengaran yang berbeda-beda. Pendengaran manusia dan hewan tentu akan berbeda. Ada bunyi yang dapat didengar manusia, tetapi tidak oleh hewan dan sebaliknya.

Berdasarkan frekuensinya, bunyi dapat dikelompokkan ke dalam tiga kelompok, yaitu ultrasonik, audiosonik, dan infrasonik. Bunyi yang mempunyai frekuensi di atas 20.000 Hz disebut **ultrasonik**. Bunyi ini hanya dapat didengar oleh lumbalumba dan kelelawar. Kelelawar menggunakan frekuensi ini sebagai navigasi ketika terbang di kegelapan. Kelelawar dapat menemukan jalan atau mangsanya dengan cara mengeluarkan bunyi ultrasonik. Bunyi ini akan dipantulkan oleh benda-benda di sekelilingnya, kemudian pantulan bunyi ini dapat ditangkap kembali sehingga kelelawar dapat mengetahui jarak dirinya dengan benda-benda di sekitarnya. Bunyi ultrasonik dapat dimanfaatkan manusia untuk mengukur kedalaman laut, pemeriksaan USG (*ultrasonografi*).



**Gambar 9.14** Kelelawar merupakan contoh hewan yang dapat mendengar bunyi ultrasonik.



**Gambar 9.15** a. Kapal memanfaatkan bunyi ultrasonik untuk mengukur kedalaman laut.  
b. Pemeriksaan USG memanfaatkan bunyi ultrasonik untuk memeriksa kandungan.

Bunyi yang mempunyai frekuensi antara 20 Hz – 20.000 Hz disebut **audiosonik**. Selang frekuensi bunyi ini dapat didengar manusia. Akan tetapi, kepekaan pendengaran manusia semakin



**Gambar 9.16** Laba-laba merupakan contoh hewan yang dapat mendengar bunyi infrasonik.

tua semakin menurun, sehingga pada usia lanjut tidak semua bunyi yang berada di rentang frekuensi ini dapat didengar.

Bunyi yang mempunyai frekuensi di bawah 20 Hz disebut **infrasonik**. Bunyi ini dapat didengar oleh binatang-binatang tertentu, seperti anjing, laba-laba, dan jangkrik.

#### 4. Karakteristik Gelombang Bunyi

Kita dapat mendengar bunyi karena bunyi merambat melalui medium. Setiap benda mempunyai ciri-ciri tersendiri. Tentunya, kamu dapat membedakan suara yang kamu dengar. Sebagai contoh, kamu dapat membedakan suara orang dewasa dan suara anak-anak. Ternyata, setiap bunyi yang kita dengar mempunyai frekuensi dan amplitudo yang berbeda, meskipun merambat pada medium yang sama.

##### a. Desah dan Nada

Jika kamu berada di pasar atau di tempat-tempat keramaian lainnya, kamu dapat mendengar suara-suara orang yang sedang berbicara. Tidak semua suara orang berbicara dapat kamu dengar, ada yang jelas dan ada yang tidak. Suara orang bicara yang dekat dengan kamu mungkin dapat kamu dengar dengan jelas tetapi tidak yang letaknya jauh darimu. Semua suara di keramaian bersatu menjadi suara gemuruh, meskipun kamu berkonsentrasi berusaha mendengar suara-suara itu, kamu tetap tidak dapat melakukannya.

Cobalah lakukan kegiatan kecil berikut! Di salah satu tempat (pasar atau terminal), cobalah kamu memejamkan mata sekitar 30 detik, kemudian kamu Dengarkan suara apa saja yang kamu dengar! Dapatkah kamu mengidentifikasi setiap suara yang kamu dengar? Di keramaian, setiap bunyi yang mempunyai frekuensi berbeda berkumpul sehingga menimbulkan bunyi yang tak teratur sehingga kamu akan sulit mengidentifikasi suara di keramaian tersebut. Bunyi yang berasal dari keramaian adalah bunyi yang mempunyai frekuensi tak beraturan. Bunyi yang mempunyai frekuensi tak teratur disebut sebagai **desah**.

Pernahkah kamu memainkan gitar? Gitar merupakan salah satu sumber bunyi. Setiap senar pada gitar mempunyai ukuran yang berbeda. Hal ini dimaksudkan untuk menghasilkan sebuah bunyi yang teratur. Bunyi yang mempunyai frekuensi tertentu disebut **nada**.

Jika dua buah garputala yang berbeda frekuensinya digetarkan, ternyata garputala yang mempunyai frekuensi lebih besar akan menghasilkan nada yang lebih tinggi. Sebaliknya, garputala yang frekuensinya lebih rendah akan menghasilkan bunyi rendah. Frekuensi sebuah sumber bunyi berpengaruh terhadap tinggi rendahnya bunyi.

##### b. Kekuatan Bunyi

Apakah kekuatan bunyi itu? Bunyi ada yang kuat dan ada yang lemah. Jika bunyi yang kamu dengar sangat keras dan



**Gambar 9.17**

- Keramaian lalu lintas menimbulkan bunyi yang frekuensinya tidak teratur yang disebut desah.
- Alat musik yang dimainkan dengan baik menghasilkan frekuensi yang teratur disebut nada.

melebihi ambang bunyi yang dapat diterima manusia, bunyi ini dapat merusak telingamu.

Untuk mengetahui kekuatan bunyi, lakukan kegiatan kecil berikut. Petiklah senar gitar sehingga keluar bunyi. Kemudian, pada senar yang sama, petik kembali senar tersebut dengan simpangan yang agak besar. Apa yang terjadi? Senar yang dipetik dengan simpangan besar akan berbunyi lebih kuat daripada dipetik dengan simpangan kecil. Dalam hal ini, simpangan yang kamu berikan pada senar merupakan amplitudo. Semakin besar amplitudo, semakin kuat bunyi dan sebaliknya. Jadi kekuatan bunyi ditentukan oleh besarnya amplitudo bunyi tersebut.

Bila dua sumber bunyi yang kerasnya sama, tetapi jarak antara sumber bunyi dengan pendengar berbeda maka sumber bunyi yang lebih dekat dengan pendengar akan terdengar lebih kuat.

Faktor-faktor yang memengaruhi kuat bunyi adalah:

- 1) amplitudo,
- 2) jarak sumber bunyi dari pendengar,
- 3) jenis medium.

#### c. Timbre (Warna Bunyi)

Di dalam suatu keramaian, kamu pasti mendengar berbagai macam bunyi. Ada suara laki-laki, perempuan, anak-anak, dan sebagainya. Telingamu mampu membedakan bunyi-bunyi tersebut. Ketika sebuah gitar dan organ memainkan lagu yang sama, kamu masih dapat membedakan suara kedua alat musik tersebut. Meskipun kedua alat musik tersebut mempunyai frekuensi yang sama, tetapi bunyi yang dihasilkan oleh kedua sumber bunyi tersebut bersifat unik. Keunikan setiap bunyi dengan bunyi lainnya meskipun mempunyai frekuensi yang sama disebut sebagai warna bunyi. Dapatkah kamu menyebutkan contoh lain yang menunjukkan bahwa bunyi memiliki warna yang berbeda meskipun frekuensinya sama.

#### d. Hukum Marseenne

Marsenne menyelidiki hubungan frekuensi yang dihasilkan oleh senar yang bergetar dengan panjang senar, penampang senar, tegangan, dan jenis senar. Faktor-faktor yang memengaruhi frekuensi nada alamiah sebuah senar atau dawai menurut Marseenne adalah sebagai berikut.

- 1) Panjang senar, semakin panjang senar semakin rendah frekuensi yang dihasilkan.
- 2) Luas penampang, semakin besar luas penampang senar, semakin rendah frekuensi yang dihasilkan.
- 3) Tegangan senar, semakin besar tegangan senar semakin tinggi frekuensi yang dihasilkan.
- 4) Massa jenis senar, semakin kecil massa jenis senar semakin tinggi frekuensi yang dihasilkan.

#### Efek Biologis dan Efek Medis dari Ultrasonik

Ultrasonik dapat berpengaruh buruk terhadap sistem-sistem kehidupan. Hewan kecil yang dihadapkan pada ultrasonik berkekuatan tinggi kerap kali akan mati. Tanaman yang diberi ultrasonik berkekuatan rendah dapat bereaksi bagus tetapi akan hancur bila diberi ultra-sonik berkekuatan tinggi. Di samping merusak sel, ultrasonik dapat juga merusakkan bahan genetik di dalam sel.

Orang-orang yang bekerja dengan generator ultrasonik, untuk jangka waktu yang lama menderita kelelahan dan kemuakan.

*Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer*



**Gambar 9.18** Frekuensi nada senar dipengaruhi oleh panjang, luas penampang, tegangan, dan massa jenis senar.

### Latihan 9.3

1. Apa yang dimaksud dengan bunyi?
2. Jelaskan perambatan bunyi di udara!
3. Adakah perbedaan perambatan bunyi di udara, zat padat, dan zat cair? Jika ada, sebutkan perbedaan-perbedaan tersebut!
4. Ketika terjadi halilintar, kamu lebih dahulu melihat kilatan halilintar tersebut daripada suaranya. Mengapa demikian?
5. Si A mendengar bunyi halilintar 0,5 detik setelah melihat kilatannya. Jika cepat rambat bunyi di udara 347 m/s, hitunglah jarak antara si A dan halilintar terjadi!
6. Tuliskan jenis-jenis bunyi berdasarkan frekuensinya!

### 5. Resonansi

Jika sebuah kendaraan berat (misalnya truk) melintas cukup dekat dengan rumahmu, kamu dapat merasakan lantai dan kaca rumahmu terasa bergetar. Atau, ketika ada halilintar, kaca rumahmu terasa bergetar. Mengapa ini terjadi?

Contoh-contoh kejadian sehari-hari di atas merupakan peristiwa resonansi bunyi. Untuk melihat contoh resonansi lain dan menjelaskan resonansi, lakukan kegiatan berikut!

### Kegiatan 9.7

#### Resonansi pada Garputala

##### Tujuan:

Mengamati resonansi pada garputala.

##### Alat dan bahan:

Dua buah garputala A dan B yang frekuensinya sama dan sebuah garputala C dengan frekuensi berbeda.

##### Prosedur kerja:

1. Letakkan ketiga garputala pada jarak yang cukup dekat.
2. Getarkan garputala A dengan cara memukul.
3. Apa yang terjadi terhadap garputala B (frekuensinya sama)?
4. Apa yang terjadi terhadap garputala C (frekuensinya berbeda)?
5. Catatlah hasil pengamatamu dan buatlah kesimpulannya!

Ketika garputala bergetar, getaran tersebut mampu mengusik udara di sekelilingnya sehingga menimbulkan bunyi. Getaran ini diteruskan oleh partikel-partikel udara sehingga garputala lain yang mempunyai frekuensi sama dan jaraknya berdekatan akan bergetar dan menimbulkan gelombang bunyi pula. Garputala yang mempunyai frekuensi berbeda tidak akan

terpengaruh oleh getaran gelombang bunyi ini. Oleh karena itu garputala yang mempunyai frekuensi berbeda tidak akan bergetar.

Dari Kegiatan 9.7 tersebut dapat diambil suatu kesimpulan bahwa jika sebuah benda bergetar, benda lain yang mempunyai frekuensi sama dan berada dalam daerah rambatan getaran benda tersebut akan bergetar. Peristiwa ini disebut sebagai **resonansi**.

Sebagian alat musik seperti gitar memanfaatkan peristiwa resonansi ini untuk menghasilkan suara yang lebih nyaring. Gitar biasanya mempunyai sebuah kotak udara. Partikel-partikel udara di dalam kotak udara ini akan ikut bergetar ketika senar gitar dipetik. Udara di dalam kotak gitar beresonansi dengan kawat yang bergetar. Hal ini dapat diamati jika senar gitar dibentangkan dan dipetik jauh dari lubang gitar, suara senar ini tidak akan nyaring seperti ketika dipetik di dekat kotak udara. Coba kamu sebutkan contoh peristiwa resonansi lain yang dapat kamu temui dalam kehidupan sehari-hari.

Resonansi, selain membawa manfaat juga menimbulkan kerugian. Kerugian akibat resonansi antara lain adalah ketika terjadi gempa, bumi bergetar dan getaran ini diteruskan ke segala arah. Getaran bumi dapat diakibatkan oleh peristiwa-peristiwa yang terjadi di perut bumi, misalnya terjadinya dislokasi di dalam perut bumi sehingga bumi bergetar yang dapat kita rasakan sebagai gempa. Jika getaran gempa ini sampai ke permukaan dan sampai di pemukiman, gedung-gedung yang ada di permukaan bumi akan bergetar. Jika frekuensi getaran gempa sangat besar dan getaran gedung-gedung ini melebihi frekuensi alamiahnya, gedung-gedung ini akan roboh.

Selain gempa bumi, angin juga dapat membuat sebuah jembatan bergetar dan jika getarannya melebihi frekuensi alamiahnya, jembatan tersebut akan roboh.



Gambar 9.19 Kerusakan yang diakibatkan gempa.

## 6. Pemantulan Bunyi

Ketika kamu berdiri di depan cermin, kamu dapat melihat bayanganmu. Hal ini terjadi karena gelombang cahaya yang mengenaimu dipantulkan sehingga sampai di mata. Hal yang lebih jelas kelihatan ketika kamu menyorotkan lampu senter pada cermin tersebut. Cermin akan memantulkan sinar senter tersebut sehingga seolah-olah sinar keluar dari cermin. Peristiwa ini disebut pemantulan gelombang cahaya. Bagaimana dengan gelombang bunyi? Dapatkah gelombang bunyi dipantulkan?

Seperti gelombang lainnya gelombang bunyi pun dapat dipantulkan ketika mengenai penghalang. Akan tetapi, pemantulan gelombang bunyi tentunya tidak dapat dilihat mata, melainkan dapat didengarkan. Untuk memahami pemantulan bunyi bayangkan kamu berada di sebuah gelanggang olahraga yang luas. Ketika kamu berteriak, akan terdengar teriakanmu seolah-olah ada yang mengikuti. Suara yang mengikuti sesaat setelah kamu mengeluarkan bunyi adalah suaramu sendiri yang dipantulkan oleh dinding-dinding gelanggang olahraga tersebut.

### a. Hukum Pemantulan Bunyi

Untuk mempermudah menganalogikan pemantulan gelombang bunyi, kamu harus membayangkan gelombang bunyi sebagai sebuah sinar. Dengan cara ini kamu dapat menggambarkan proses pemantulan bunyi.

Gambar 9.20 memperlihatkan sebuah sumber gelombang bunyi yang mengeluarkan gelombang bunyi menyebar ke segala arah dan sebuah dinding pemantul. Gambar anak panah mewakili gelombang bunyi. Untuk selanjutnya gelombang bunyi cukup digambarkan dengan anak panah. Jika diambil sebuah gelombang bunyi yang mewakili gelombang bunyi yang mengenai dinding, akan tampak seperti Gambar 9.21.

Pada Gambar 9.21 terlihat bahwa ada sebuah garis yang dinamakan garis normal. Garis normal merupakan garis khayal yang tegak lurus bidang pantul. Gelombang bunyi datang membentuk sudut  $\theta_i$  terhadap dinding pemantul. Sudut ini dinamakan sudut datang. Kemudian, gelombang datang ini dipantulkan oleh dinding pemantul membentuk sudut  $\theta_r$ . Sudut datang akan sama dengan sudut pantul. Sudut datang, sudut pantul dan garis normal terletak pada satu bidang yang sama. Dengan demikian, diperoleh hukum pemantulan bunyi sebagai berikut.

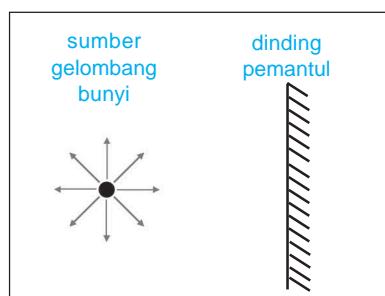
- Bunyi datang, bunyi pantul, dan garis normal terletak pada bidang yang sama.
- Sudut datang sama dengan sudut pantul.

### b. Pemantulan Bunyi dalam Keseharian

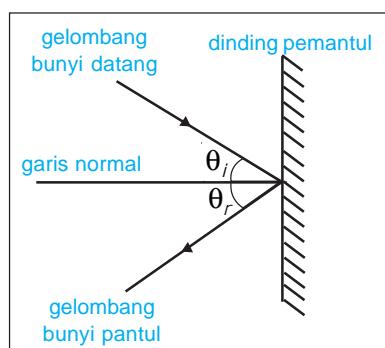
Dalam kehidupan sehari-hari ada beberapa contoh peristiwa pemantulan bunyi yang terjadi. Peristiwa-peristiwa pemantulan bunyi ini ada yang bersifat menguntungkan dan ada juga yang bersifat merugikan. Contoh, ketika kamu berbicara dalam ruangan, maka sesaat kemudian terdengar suara dari pantulan bicara kamu. Waktu pantul berlangsung cukup singkat. Gejala ini disebut gaung. Suara pantulan ini akan mengganggu suara aslinya. Sehingga suara asli akan terdengar tidak jelas.

Pemantulan gelombang bunyi pun ada yang bersifat menguntungkan, misalnya penggunaan sonar yang digunakan nelayan untuk mendeteksi keberadaan ikan di bawah kapal mereka. Sebuah sumber bunyi dirambatkan ke dalam air sehingga menjalar ke segala arah. Jika di bawah kapal ada segerombolan ikan, gelombang bunyi akan dipantulkan kembali ke atas dan diterima oleh alat yang dapat menangkap gelombang bunyi pantulan tersebut. Dengan demikian, pencarian ikan akan lebih efektif. Selain itu nelayan juga dapat memperkirakan kedalaman ikan-ikan tersebut.

Pemantulan bunyi pun dapat digunakan untuk menentukan jarak sumber bunyi terhadap pemantul. Persamaan jarak sumber bunyi dan pemantul adalah sebagai berikut.



Gambar 9.20 Sumber gelombang bunyi dan dinding pantul.



Gambar 9.21 Skema pemantulan bunyi oleh dinding pantul.

$$s = \frac{v \times t}{2} \quad \dots \dots \dots (9.6)$$

### Keterangan:

$s$  = jarak tempuh gelombang bunyi (m)  
 $v$  = cepat rambat gelombang bunyi (m/s)  
 $t$  = waktu tempuh gelombang bunyi (t)

**Persamaan 9.6** mempunyai penyebut 2 karena gelombang yang diterima merupakan gelombang pantul yang telah menjalar 2 kali jarak antara sumber bunyi dan pemantul.

### Contoh

Diketahui cepat rambat gelombang bunyi di udara adalah 340 m/s. Seseorang berteriak di tengah-tengah sebuah gedung. Jika 2 sekon kemudian orang tersebut dapat mendengar suara pantulan suaranya, hitunglah jarak orang tersebut terhadap dinding gedung!

### Jawab:

$$t = 2 \text{ s}$$

$$v = 340 \text{ m/s}$$

$$s = \frac{v \times t}{2} = \frac{340 \text{ m/s} \times 2 \text{ s}}{2} = 340 \text{ m}$$

Jadi, jarak orang tersebut ke dinding gedung adalah 340 m.

## 7. Jenis Pemantulan Bunyi

Telah dibahas sebelumnya bahwa bunyi dapat dipantulkan. Pemantulan bunyi ini membutuhkan waktu. Bunyi ada yang dipantulkan dengan selang waktu antara suara asli dan pantulan kecil sekali sehingga seolah-olah bunyi tersebut bersamaan dengan suara aslinya. Ada juga pemantulan bunyi yang selang waktu antara bunyi asli dan pantulannya cukup besar. Sehingga bunyi asli dan bunyi pantulan terdengar sangat jelas. Perbedaan selang waktu antara bunyi asli dan pantulannya dipengaruhi oleh jarak sumber bunyi dan pemantul. Bunyi pantul dapat dibedakan menjadi gaung dan gema.

### a. Gaung

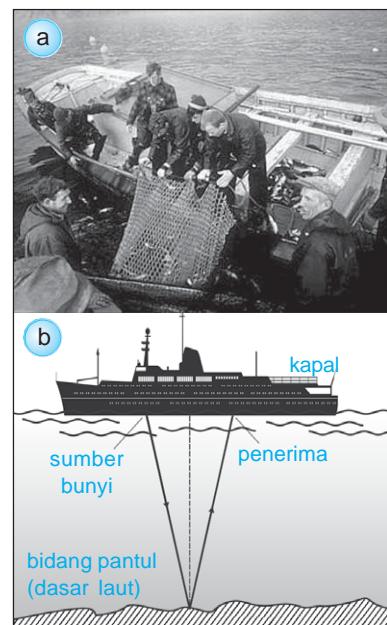
Ketika kamu berbicara di dalam sebuah gedung yang besar, dinding gedung ini akan memantulkan suaramu. Biasanya, selang waktu antara bunyi asli dan pantulannya di dalam gedung sangat kecil. Sehingga bunyi pantulan ini bersifat merugikan karena dapat mengganggu kejelasan bunyi asli.

### Contoh

Bunyi asli : mer - de - ka

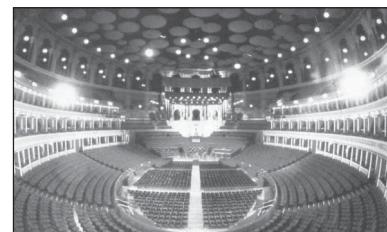
Bunyi pantul : mer - de - ka

Pemantulan bunyi yang seperti ini dinamakan gaung. Untuk menghindari peristiwa ini, gedung-gedung yang mempunyai ruangan besar seperti aula telah dirancang supaya gaung tersebut tidak terjadi. Upaya ini dapat dilakukan dengan



Gambar 9.22

- Nelayan memanfaatkan pemantulan gelombang bunyi pada sonar untuk mendekripsi keberadaan ikan.
- Skema pemantulan bunyi pada penggunaan sonar untuk mengukur kedalaman laut.



Gambar 9.23 Struktur bangunan gedung dibuat khusus untuk menghindari terjadinya gaung.

melapisi dinding dengan bahan yang bersifat tidak memantulkan bunyi atau dilapisi oleh zat kedap (peredam) suara. Contoh bahan peredam bunyi adalah gabus, kapas, dan wool. Ruangan yang tidak menghasilkan gaung sering disebut ruangan yang mempunyai akustik bagus.

Selain melapisi dinding dengan zat kedap suara, struktur bangunannya pun dibuat khusus. Perhatikan langit-langit dan dinding auditorium, dinding dan langit-langit ini tidak dibuat rata, pasti ada bagian yang cembung. Hal ini dimaksudkan agar bunyi yang mengenai dinding tersebut dipantulkan tidak teratur sehingga pada akhirnya gelombang pantul ini tidak dapat terdengar.

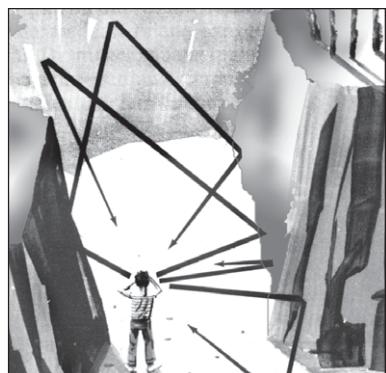
#### b. Gema

Terjadinya gema hampir sama dengan gaung yaitu terjadi karena pantulan bunyi. Namun, gema hanya terjadi bila sumber bunyi dan dinding pemantul jaraknya jauh, lebih jauh daripada jarak sumber bunyi dan pemantul pada gaung. Gema dapat terjadi di alam terbuka seperti di lembah atau jurang. Tidak seperti pemantulan pada gaung, pemantulan pada gema terjadi setelah bunyi (misalnya teriakanmu) selesai diucapkan.

#### Contoh

Bunyi asli : mer - de - ka

Bunyi pantul : mer - de - ka



**Gambar 9.24** Gema terdengar setelah suara asli selesai diucapkan.

**Sumber:** Ilmu Pengetahuan Populer

### Latihan 9.4

1. Jelaskan terjadinya pemantulan bunyi!
2. Tuliskan hukum pemantulan!
3. Apa yang dimaksud gema dan gaung?
4. Sebuah kapal akan mengukur kedalaman laut. Kapal laut tersebut memanfaatkan gelombang bunyi yang dirambatkan di dalam air. Alat yang digunakan menangkap gelombang pantul dari dasar laut mencatat selang waktu 1 detik mulai dari gelombang bunyi dikirim sampai diterima kembali. Hitunglah kedalaman laut tersebut! (Diketahui cepat rambat gelombang bunyi di air = 1.500 m/s)
5. Jelaskan mengapa suatu benda dapat ikut bergetar karena getaran benda lain!

## Rangkuman

- Getaran adalah gerak bolak-balik di sekitar titik kesetimbangan. Besaran-besaran dalam getaran adalah amplitudo, periode, dan frekuensi.
  - Amplitudo, yaitu simpangan getaran yang paling benar.
  - Periode, yaitu waktu untuk melakukan satu getaran.
  - Frekuensi, yaitu banyaknya getaran tiap satu detik.
- Gelombang adalah getaran yang merambat melalui suatu medium. Berdasarkan medium perambatannya, dibedakan dua macam gelombang.
  - Gelombang mekanik, yaitu gelombang yang memerlukan alat perambatan.
  - Gelombang elektromagnetik, yaitu gelombang yang dapat merambat tanpa medium perantara.
- Berdasarkan arah rambat dan getarannya, gelombang dibedakan menjadi dua macam.
  - Gelombang transversal, yaitu gelombang yang arah rambatan dan arah getarannya saling tegak lurus.
  - Gelombang longitudinal, yaitu gelombang yang arah rambatannya searah dengan arah getarannya.
- Hubungan antara cepat rambat, panjang, dan periode gelombang dituliskan dalam persamaan:  $v = \frac{\lambda}{T}$ .
- Gelombang bunyi bergerak ke segala arah dalam ruangan. Dalam perambatannya, gelombang bunyi selalu memerlukan medium (tidak dapat merambat dalam ruang hampa).
- Cepat rambat gelombang bunyi tergantung medium perantaranya. Dapat dirumuskan dalam persamaan:  $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ .
- Berdasarkan frekuensinya, bunyi dibedakan menjadi tiga macam.
  - Infrasonik, yaitu bunyi dengan frekuensi di bawah 20 Hz.
  - Audiosonik, yaitu bunyi dengan frekuensi antara 20 – 20.000 Hz.
  - Ultrasonik, yaitu bunyi dengan frekuensi di atas 20.000 Hz.
- Bunyi yang mempunyai frekuensi teratur disebut nada, sedangkan bunyi yang frekuensinya tak teratur disebut desah.
- Resonansi adalah peristiwa ikut bergetarnya benda lain yang berfrekuensi sama dengan sebuah benda yang bergetar.
- Bunyi pantul dapat dibedakan menjadi gaung dan gema. Gaung adalah bunyi pantul yang langsung mengikuti bunyi asli, sedangkan gema adalah bunyi pantul yang terdengar setelah bunyi asli.

## Refleksi

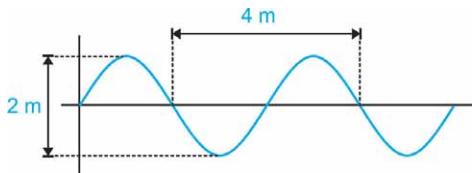
Kamu telah selesai mempelajari materi dalam bab ini. Sebelum melanjutkan bab berikutnya, lakukan evaluasi dengan menjawab pertanyaan di bawah. Jika semua pertanyaan kamu jawab dengan 'ya', kamu dapat melanjutkan belajar bab berikutnya. Jika ada pertanyaan yang dijawab dengan 'tidak', maka kamu perlu mengulangi materi yang berkaitan dengan pertanyaan itu. Jika ada yang sukar atau tidak dimengerti, bertanyalah kepada Bapak/Ibu Guru.

- Apakah kamu sudah memahami pengertian getaran serta menghitung besar amplitudo, periode, dan frekuensi suatu getaran?

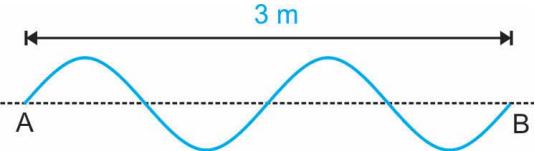
- Dapatkan kamu menjelaskan pengertian gelombang dan menyebutkan berbagai jenis gelombang serta menghitung cepat rambat, frekuensi, dan panjang gelombang?
- Apakah kamu dapat menjelaskan pemanfaatan pengetahuan gelombang dalam kehidupan sehari-hari?
- Apakah bunyi itu? Dapatkan kamu menjelaskan jenis-jenis bunyi dan karakteristiknya?
- Dapatkan kamu menjelaskan resonansi dan pemantulan gelombang bunyi?

## Latih Kemampuan 9

### I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- Berdasarkan medium perambatannya, gelombang dibedakan menjadi ....
  - gelombang transversal dan gelombang longitudinal
  - gelombang mekanik dan gelombang elektromagnetik
  - gelombang bunyi dan gelombang cahaya
  - gelombang laut dan gelombang Bumi
- Sebuah gelombang merambat dengan kecepatan 300 m/s, panjang gelombangnya 75 m. Frekuensi gelombang tersebut adalah ....
  - 4 Hz
  - 5 Hz
  - 6 Hz
  - 7 Hz
- 

Amplitudo dari gelombang yang ditampilkan pada gambar di atas adalah ....

  - 1 m
  - 2 m
  - 4 m
  - 8 m
- Dalam eksplorasi minyak dan gas bumi, digunakan pemanfaatan sifat gelombang yaitu ....
  - pemantulan gelombang
  - perambatan tanpa medium
  - amplitudo gelombang
  - panjang gelombang
- Sebuah gelombang mempunyai frekuensi 5 Hz dan panjang gelombangnya 20 m. Kecepatan gelombang tersebut adalah ....
  - 100 m/s
  - 4 m/s
  - 200 m/s
  - 8 m/s
- Sebuah gelombang merambat dengan kecepatan 480 m/s. Jika frekuensi gelombang tersebut adalah 12 Hz, panjang gelombangnya adalah ....
  - 40 m
  - 45 m
  - 50 m
  - 55 m
- Berikut ini yang **bukan** pemanfaatan gelombang dalam teknologi adalah ....
  - satelit
  - sel surya
  - eksplorasi minyak dan gas bumi
  - PLTN
- 

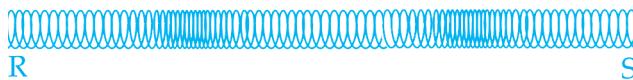
Dalam selang waktu 0,3 sekon antara A dan B terbentuk gelombang seperti gambar di atas. Cepat rambat gelombang dalam tali adalah ....

  - 10 m/s
  - 9 m/s
  - 6 m/s
  - 3 m/s
- Bunyi merupakan gelombang ....
  - elektromagnetik
  - mekanik
  - laut
  - mikro
- Cepat rambat gelombang bunyi bergantung pada ....
  - jenis mediumnya
  - suhu mediumnya
  - jenis dan suhu mediumnya
  - frekuensinya
- Seseorang melihat kilat di langit dan 4 sekon kemudian mendengar bunyi guntur. Jika cepat rambat bunyi di udara pada saat itu 345 m/s, maka jauh kilat itu terjadi diukur oleh orang tersebut adalah ....

- a. 1.380 m                    c. 172,5 m  
      b. 690 m                    d. 86,25 m
12. Kelelawar dapat berburu pada malam hari dengan menggunakan bunyi ....  
     a. infrasonik  
     b. audiosonik  
     c. supersonik  
     d. megasonik
13. Terdapat 3 buah garputala A, B, dan C. Garputala A dan B mempunyai frekuensi yang sama, sedangkan garputala C mempunyai frekuensi lebih besar. Jika garputala A dibunyikan dengan cara memukulnya, garputala yang akan ikut berbunyi adalah ....  
     a. garputala B  
     b. garputala C  
     c. semua garputala  
     d. tidak ada yang berbunyi
14. Sebuah kapal mengirim pulsa ultrasonik ke dasar laut yang kedalamannya 2.800 m. Jika cepat rambat bunyi di dalam air laut 1.400 m/s, maka waktu yang dicatat fathometer mulai dari pulsa dikirim hingga diterima kembali adalah ....  
     a. 2 sekon  
     b. 4 sekon  
     c. 8 sekon  
     d. 12 sekon
15. Frekuensi nada dawai gitar dapat bertambah tinggi jika ....  
     a. tegangan dan panjang dawai diperbesar  
     b. tegangan dawai diperkecil dan massa jenis senar diperbesar  
     c. panjang dawai diperbesar dan luas penampang dawai diperkecil  
     d. tegangan dawai diperbesar dan panjang dawai diperkecil

### B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

- Pada sebuah gelombang terdapat 3 bukit dan 2 lembah. Jarak antara bukit yang berdekatan adalah 5 m dan periodenya 3 sekon. Berapakah panjang gelombang dan kecepatan gelombang tersebut?
- Sebuah tali dengan panjang 8 m digerakkan turun naik pada salah satu ujungnya. Ketika tali tersebut membentuk dua bukit dan dua lembah selama 4 sekon, berapakah panjang gelombang, periode, frekuensi, dan kecepatan gelombang tersebut?
- Perhatikan gambar di bawah ini!



Waktu yang dibutuhkan gelombang longitudinal untuk merambat dari R ke S yang berjarak 6 meter adalah 2 sekon. Tentukan:

- periode gelombang,
  - cepat rambat gelombang!
- Pengukuran kedalaman laut menggunakan gelombang bunyi dilakukan dengan merambatkan bunyi ke dalam air. Cepat rambat gelombang bunyi di air laut adalah 1.500 m/s. Jika penerima bunyi pantul menerima bunyi pantulan setelah 3 detik, berapa kedalaman laut tersebut?
  - a. Sebutkan tiga contoh pemanfaatan gelombang dalam teknologi! Berikan penjelasan!  
     b. Bagaimana resonansi terjadi? Sebutkan kejadian dalam keseharian yang merupakan contoh peristiwa resonansi!

### Menembus Hambatan Suara

Pada 1942 Menteri Penerbangan Kerajaan Bersatu (Kerajaan Bersatu Britania Raya dan Irlandia Utara) memulai proyek sangat rahasia dengan *Miles Aircraft* untuk mengembangkan pesawat pertama untuk menembus hambatan suara. Proyek ini menghasilkan prototipe pesawat Miles M.52, yang dirancang untuk mencapai 1.000 mph (1.600 km/jam) pada ketinggian 36.000 kaki (11 km) dalam 1 menit 30 detik.

Rancangan pesawat tersebut sangat revolusioner memperkenalkan banyak inovasi yang masih digunakan oleh pesawat supersonik sekarang ini. Pengembangan utama paling penting adalah ekor pesawat gerak-seluruh yang memungkinkan kontrol dalam kecepatan supersonik. Proyek ini dibatalkan oleh Direktur Riset Saintifik, Sir Ben Lockspeiser, sebelum penerbangan berawak dilakukan. Setelah itu, atas perintah pemerintah, semua data rancangan dan riset mengenai Miles M.52 dikirim ke *Bell Aircraft Corporation* di AS. Ada persetujuan pertukaran data oleh kedua pihak, "*allegedly*", setelah menerima data Britania, pemerintah Amerika memblokir persetujuan tersebut. Eksperimen berikutnya membuktikan bahwa rancangan Miles M.52 tersebut dapat menembus hambatan suara, dengan menggunakan replika skala 3/10 tak berawak pesawat ini mampu mencapai *Mach* 1,5 pada Oktober 1948.

Chuck Yeager merupakan orang pertama yang berhasil menembus hambatan suara dalam penerbangan pada 14 Oktober 1947, menerbangkan pesawat eksperimen Bell X-1 pada *Mach* 1 dengan ketinggian 45.000 kaki (13,7 km).

Hans Guido Mutke mengklaim bahwa dia telah menembus hambatan suara sebelum Yeager, pada 9 April 1945 dengan pesawat Messerschmitt Me 262. Namun, klaim ini diragukan umum.

Sebuah tim yang dipimpin oleh Richard Noble dan pengemudi Andy Green menjadi yang pertama menembus hambatan suara dalam kendaraan darat, disebut *Thrust Supersonic Car* pada 15 Oktober 1997, hampir 50 tahun setelah penerbangan Yeager.

Sumber: [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

# Bab X

## Optika

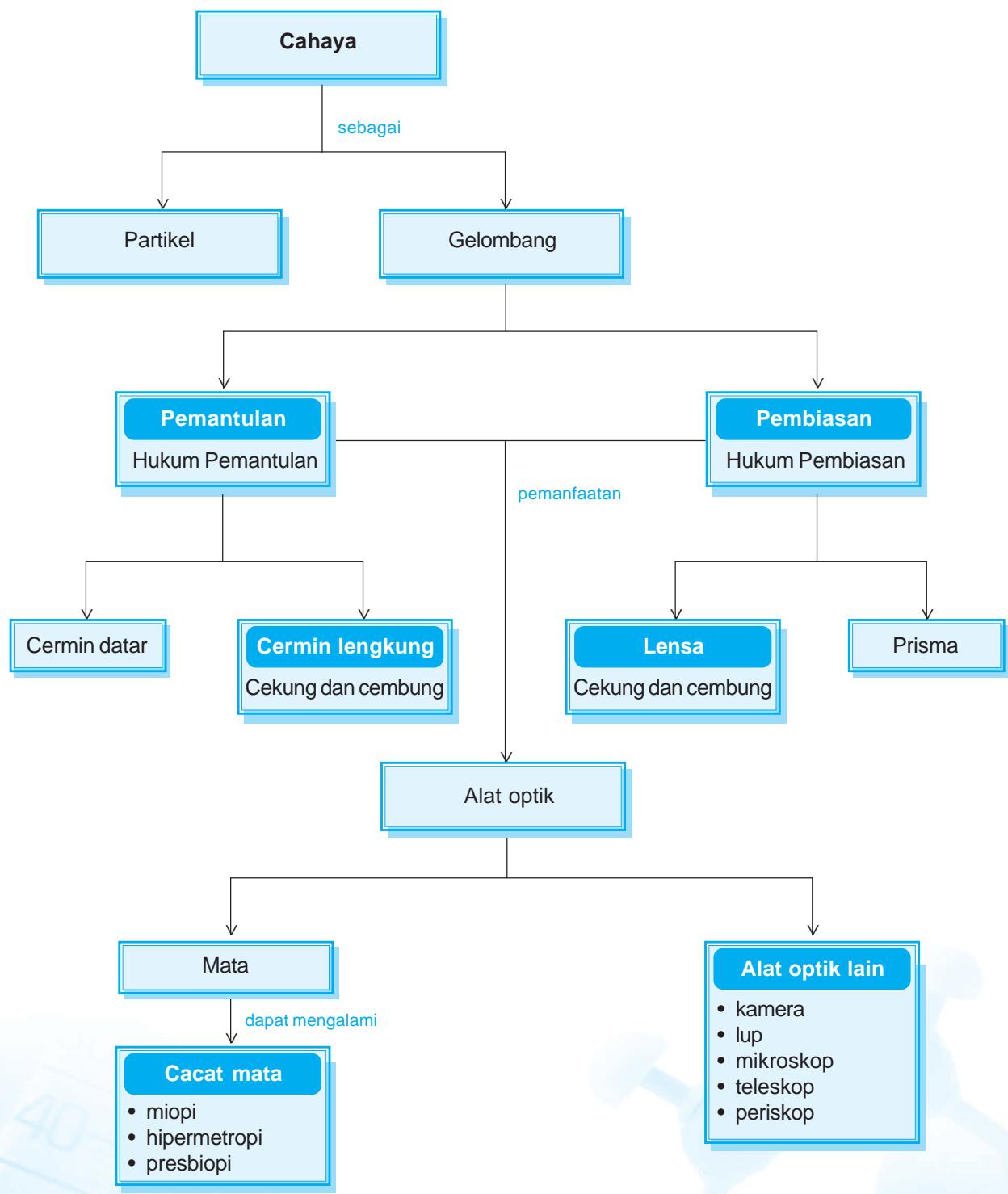


Bayangkan jika dalam kehidupan ini tidak ada cahaya. Mungkin, di bumi ini tidak akan ada kehidupan. Cahaya sangat penting dalam kehidupan manusia. Cahaya merupakan salah satu bentuk gelombang. Bagaimana sifat-sifat cahaya?

Untuk melihat benda yang jaraknya jauh digunakan sebuah alat bantu yang disebut teropong. Alat ini menggunakan prinsip cahaya. Apa saja bagian-bagian penting dari sebuah teropong?

Mari memahami konsep dan penerapan gelombang dan optika dalam produk teknologi sehari-hari. Dalam pembelajaran ini, kamu dapat menyelidiki sifat-sifat cahaya beserta hubungannya dengan cermin dan lensa serta mendeskripsikan alat-alat optik beserta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

# Peta Konsep



## Kata Kunci

- cahaya
- cermin
- lensa



## A. Cahaya

Dalam kehidupan sehari-hari, kamu pasti telah mengenal cahaya, seperti cahaya matahari dan cahaya lampu. Cahaya penting dalam kehidupan, sebab tanpa adanya cahaya tidak mungkin ada kehidupan. Jika bumi tidak mendapat cahaya dari Matahari, maka bumi akan gelap gulita dan dingin sehingga tidak mungkin ada kehidupan.

Para ahli telah meneliti cahaya untuk mengetahui sifat-sifat dan karakteristik cahaya. Ada dua pendapat mengenai cahaya, yaitu cahaya dianggap sebagai gelombang dan cahaya dianggap sebagai partikel. Setiap pendapat ini mempunyai alasan masing-masing dan keduanya telah dibuktikan secara eksperimen. Pada pembahasan ini, akan dipelajari cahaya sebagai gelombang. Untuk pembahasan cahaya sebagai partikel, kamu akan mempelajarinya kelak di SMA.

### 1. Cahaya sebagai Gelombang Elektromagnetik

Cahaya merupakan gelombang elektromagnetik. Seperti telah dibahas pada bab sebelumnya bahwa **gelombang elektromagnetik** adalah gelombang yang tidak memerlukan medium untuk merambat. Sehingga cahaya dapat merambat tanpa memerlukan medium. Oleh karena itu, cahaya matahari dapat sampai ke bumi dan memberi kehidupan di dalamnya. Cahaya merambat dengan sangat cepat, yaitu dengan kecepatan  $3 \times 10^8$  m/s, artinya dalam waktu satu sekron cahaya dapat menempuh jarak 300.000.000 m atau 300.000 km.

Setiap benda yang memancarkan cahaya disebut **sumber cahaya** dan setiap benda yang tidak dapat memancarkan cahaya disebut **benda gelap**. Benda-benda yang termasuk benda gelap dapat digolongkan sebagai berikut.

- a. Benda tembus cahaya, yaitu benda yang dapat meneruskan cahaya yang diterimanya. Benda tembus cahaya dapat dikelompokkan lagi menjadi benda bening dan benda baur. Contoh benda bening adalah kaca dan air jernih, sedangkan contoh benda baur adalah es dan air keruh.
- b. Benda tak tembus cahaya, yaitu benda yang tidak dapat meneruskan cahaya yang diterimanya. Contohnya adalah batu, tanah, kayu, dan besi.

Sebagai gelombang, cahaya mempunyai sifat-sifat gelombang di antaranya cahaya dapat merambat. Bagaimana bentuk perambatan cahaya? Perhatikan ketika cahaya matahari melalui lubang angin di rumahmu. Jika udara sedikit berdebu, kamu dapat melihat bahwa cahaya merambat membentuk sebuah garis lurus. Hal serupa terjadi ketika kamu melihat seberkas cahaya dari lubang kecil masuk ke dalam kamarmu yang gelap. Terlihat bahwa cahaya merambat dalam arah gerak lurus.



**Gambar 10.1** Lampu minyak tanah yang dinyalakan memancarkan cahaya sehingga disebut sumber cahaya.



**Gambar 10.2** Kaca merupakan benda bening karena dapat meneruskan cahaya.

Jika seberkas cahaya datang menemui sebuah rintangan, apa yang terjadi? Misalnya ketika Matahari bersinar cerah, tiba-tiba ada sekumpulan awan yang menghalangi cahayanya. Kamu dapat melihat bahwa daerah di bawah awan tersebut menjadi teduh. Suasana teduh ini disebabkan adanya bayangan dari awan. Suatu penghalang, semakin sukar ditembus cahaya semakin gelap bayangan yang terbentuk. Kamu dapat melihat bayangan badanmu ketika badanmu terkena sinar. Bayangan badanmu akan tampak hitam karena badanmu sama sekali tidak dapat ditembus cahaya. Lain halnya jika segumpal awan tipis menghalangi sinar Matahari. Meskipun terjadi bayangan, bayangan ini tidak terlalu pekat.

Berdasarkan pekat tidaknya suatu bayangan, bayangan dapat dibedakan menjadi dua jenis.

- a. Bayangan umbra, yaitu bayangan yang benar-benar gelap dengan kata lain bayangan yang tidak mendapat cahaya sama sekali.
- b. Bayangan penumbra, yaitu bayangan yang tidak terlalu gelap dengan kata lain bayangan yang masih mendapatkan cahaya.

Untuk lebih memahami perambatan cahaya dan bentuk bayangan, lakukan kegiatan berikut.

### Kegiatan 10.1

#### Perambatan Cahaya dan Bentuk Bayangan

##### Tujuan:

Mengamati perambatan cahaya dan bentuk bayangan.

##### Alat dan bahan:

Sebuah lilin dan kertas karton.

##### Prosedur kerja:

1. Gunakanlah sebuah ruangan yang benar-benar gelap.
2. Nyalakan lilin, kemudian tempatkan lilin sekitar 1 m dari dinding ruangan.
3. Di antara lilin dan dinding letakkan karton sedemikian rupa sehingga karton tersebut menghalangi cahaya lilin.
4. Amati bayangan yang terbentuk. Apakah jenis bayangan yang terbentuk?
5. Buatlah sebuah lubang kecil berbentuk lingkaran dengan diameter 1 cm.
6. Ulangi langkah 3, amati bayangan yang terbentuk. Dapatkah kamu melihat bahwa cahaya merambat melalui garis lurus?
7. Dari kegiatan ini, buatlah kesimpulanmu!

### Latihan 10.1

1. Dengan kata-katamu sendiri, berilah penjelasan mengenai cahaya!
2. Bagaimana cahaya merambat?
3. Mengapa cahaya dikatakan sebagai gelombang elektromagnetik?
4. Apa yang dimaksud umbra dan penumbra?
5. Apa yang dimaksud benda gelap?

## 2. Pemantulan Cahaya

Setiap benda di sekelilingmu bersifat memantulkan cahaya. Itulah yang menyebabkan benda tersebut dapat terlihat. Beberapa permukaan benda bersifat memantulkan cahaya yang mempunyai panjang gelombang tertentu. Hal ini yang menyebabkan benda mempunyai warna yang berbeda.

### a. Hukum Pemantulan

Bagaimana pemantulan terjadi? Untuk lebih memahami pemantulan cahaya, lakukan kegiatan berikut!

### Kegiatan 10.2

#### Pemantulan Cahaya pada Bidang Datar

##### Tujuan:

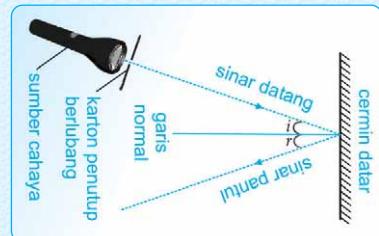
Mengamati pemantulan cahaya pada bidang datar.

##### Alat dan bahan:

Sebuah lampu senter, kertas karton berwarna hitam dan putih, busur, dan meja.

##### Prosedur kerja:

1. Tutuplah permukaan meja dengan karton berwarna putih.
2. Letakkan cermin secara tegak lurus dengan meja yang telah dilapisi karton putih.
3. Tutuplah lampu senter dengan kertas karton yang telah diberi lubang kecil sehingga ketika lampu senter dinyalakan cahaya yang keluar hanya melalui lubang kecil.
4. Arahkan cahaya senter ke cermin sehingga terbentuk sinar datang dan sinar pantul pada kertas.
5. Buat garis dengan pensil mengikuti cahaya tersebut.
6. Buat garis tegak lurus bidang cermin, tepat pada bidang jatuhnya sinar datang, yang disebut garis normal.
7. Ukurlah sudut yang dibentuk oleh sinar datang dengan garis normal serta sinar pantul dengan garis normal.
8. Ulangi langkah 1 sampai 7 untuk posisi lainnya.
9. Hitunglah sudut datang dan sudut pantulnya.  
**Sudut datang** adalah sudut yang dibentuk oleh sinar datang dan garis normal. **Sudut pantul** adalah sudut antara sinar pantul dengan garis normal.
10. Salin dan lengkapilah tabel di samping dengan hasil pengamatannya.
11. Apakah yang dapat kamu simpulkan?



| Sudut Datang ( $i$ ) | Sudut Pantul ( $r$ ) |
|----------------------|----------------------|
| ....                 | ....                 |
| ....                 | ....                 |
| ....                 | ....                 |
| ....                 | ....                 |

Ketika kamu menyalaikan lampu senter yang telah ditutupi dengan kertas karton yang diberi lubang, kamu dapat melihat cahaya merambat dalam bentuk garis lurus. Bayangan cahaya ini pun terlihat pada cermin. Jika sudut datang dan sudut pantul diukur, akan diperoleh besarnya sudut pantul dan sudut datang adalah sama.

Jika kamu membuat sebuah garis lurus yang tegak lurus dengan cermin, kamu akan mendapatkan sebuah garis yang dinamakan garis normal. Ternyata, sinar datang, sinar pantul, dan garis normal terletak pada bidang yang sama.

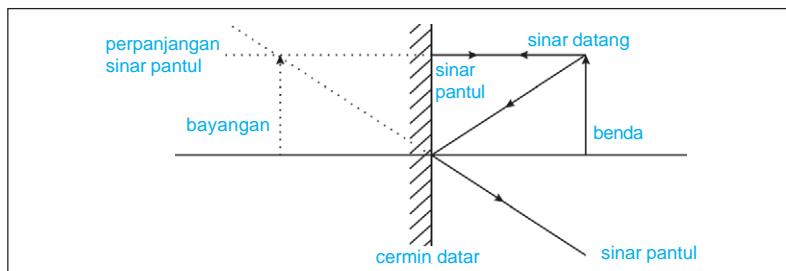
Untuk percobaan dengan sudut-sudut yang lain pun, ternyata sifat-sifatnya pun sama. Kegiatan yang telah kamu lakukan adalah untuk membuktikan hukum yang disebut hukum pemantulan. Secara lengkap hukum pemantulan cahaya adalah sebagai berikut.

- 1) Sinar datang, sinar pantul, dan garis normal terletak pada satu bidang datar.
- 2) Sudut datang sama dengan sudut pantul.

Meskipun hampir semua benda bersifat memantulkan cahaya, tetapi hanya beberapa saja yang dapat memantulkan cahaya secara sempurna. Permukaan benda yang memantulkan cahaya mempengaruhi karakteristik pemantulan. Pada **Gambar 10.3** terlihat cahaya yang mengenai permukaan bening dan rata akan dipantulkan secara teratur oleh permukaan tersebut. Pada pemantulan jenis ini kamu mungkin dapat melihat bayangan benda pada pemantul. Contoh pemantulan jenis ini adalah pemantulan pada cermin. Pada permukaan yang tidak rata, cahaya akan dipantulkan secara tidak teratur. Perhatikan **Gambar 10.4!** Pantulan jenis ini disebut dengan **pemantulan baur**. Sinar-sinar cahaya yang datang sejajar akan dipantulkan oleh permukaan menjadi tidak sejajar. Dalam bab ini, yang akan dibahas hanyalah pemantulan teratur.

### b. Pemantulan Cahaya pada Cermin Datar

Pernahkah kamu bercermin? Pada cermin kamu dapat melihat bayangan dirimu dan bayangan benda-benda lainnya. Cermin bersifat memantulkan cahaya secara teratur karena permukaannya bersifat rata dan bening. Bagaimana bayangan pada cermin datar terbentuk?



**Gambar 10.5** Pembentukan bayangan pada cermin datar.

Sinar datang yang mengenai cermin datar akan dipantulkan. Jika sinar datang tegak lurus terhadap cermin akan dipantulkan tegak lurus cermin. Pada gambar terlihat bahwa bayangan pada cermin datar merupakan perpanjangan sinar-sinar pantulnya. Ketika bercermin, kamu dapat melihat bayangan kamu seolah-olah ada di belakang cermin. Namun

**Bayangan Maya dan Bayangan Nyata**

Bayangan maya adalah bayangan yang terbentuk oleh perpanjangan garis pantul dan tidak dapat ditangkap layar. Adapun bayangan nyata adalah bayangan yang terbentuk oleh pertemuan dua atau lebih sinar pantul, bayangan nyata bersifat dapat ditangkap layar.

sebenarnya, bayanganmu tidak ada di belakang cermin. Bayangan yang seperti ini dinamakan **bayangan maya**.

Perhatikan kembali ketika kamu sedang bercermin. Ternyata arah bayangan yang dibentuk oleh cermin berkebalikan dengan keadaan sebenarnya. Misalnya, tangan kananmu yang sedang memegang sisir menjadi tangan kiri pada bayangan, dan sebaliknya. Dapatkah kamu menjelaskan mengapa terjadi demikian?

Sifat bayangan yang dibentuk oleh cermin datar adalah sebagai berikut.

- 1) sama besar
- 2) tegak
- 3) berkebalikan
- 4) jarak benda ke cermin sama dengan jarak bayangan ke cermin
- 5) maya

Bagaimana jumlah bayangan yang dibentuk oleh dua cermin datar?

Jika terdapat dua buah cermin datar yang membentuk sudut  $\alpha$ , maka banyaknya bayangan yang dibentuk dirumuskan oleh persamaan sebagai berikut.

$$n = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1 \quad \dots\dots \quad (10.1)$$

**Keterangan:**

$n$  = banyaknya bayangan yang dibentuk

$\alpha$  = sudut antara dua cermin

**Contoh:**

1. Seberkas sinar datang mengenai cermin dan dipantulkan. Jika sudut antara sinar datang dan cermin membentuk sudut  $30^\circ$ , hitunglah sudut datangnya!

**Jawab:**

Sudut datang adalah sudut yang dibentuk oleh sudut datang dan garis normal.

$$\text{Sudut datang} = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$$

Jadi, sudut datangnya adalah  $60^\circ$ .

2. Dua cermin diatur sehingga membentuk sudut  $60^\circ$ . Berapa jumlah bayangan yang terbentuk jika di antara dua cermin diletakkan satu buah benda?

**Jawab:**

$$\alpha = 60^\circ$$

$$n = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1 = 6 - 1 = 5$$

Jadi, ada 5 bayangan yang terbentuk.

### c. Pemantulan Cahaya pada Cermin Cekung

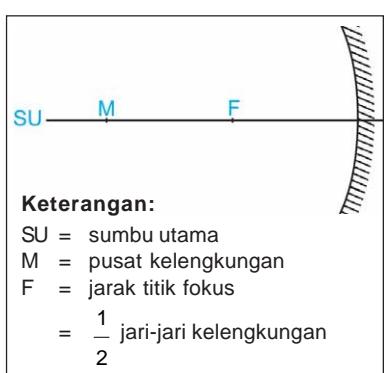
Selain pada cermin datar, peristiwa pemantulan dapat terjadi pada cermin cekung. Cermin cekung adalah cermin yang bentuknya melengkung seperti bagian dalam bola.

Pada pemantulan cahaya oleh cermin cekung, jarak antara benda dan cermin memengaruhi bayangan yang dihasilkan. Bayangan yang dibentuk oleh cermin cekung merupakan perpotongan sinar pantul atau merupakan perpotongan dari perpanjangan sinar pantul. Cermin cekung bersifat mengumpulkan cahaya (konvergen).

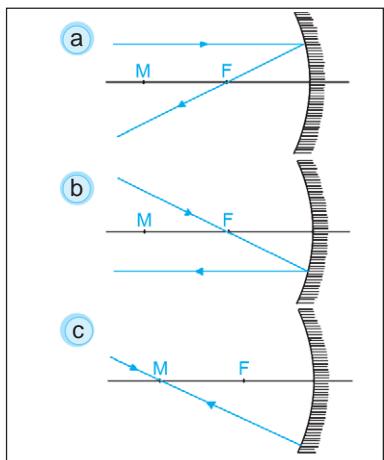
Pada cermin cekung terdapat tiga sinar istimewa seperti ditunjukkan pada **Gambar 10.7**, yaitu sebagai berikut.

- 1) Sinar datang sejajar sumbu utama akan dipantulkan melalui titik fokus.
- 2) Sinar datang melalui titik fokus, akan dipantulkan sejajar sumbu utama.
- 3) Sinar datang melalui pusat kelengkungan akan dipantulkan kembali melalui titik pusat kelengkungan cermin.

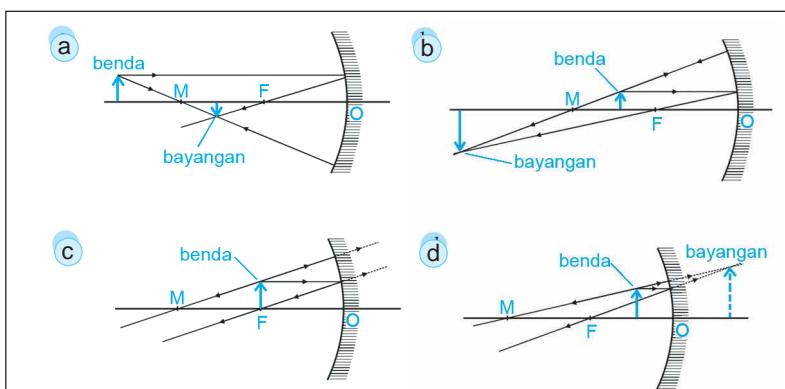
Dengan menggunakan ketiga sinar istimewa cermin cekung di atas, dapat dilukis pembentukan bayangan pada cermin cekung seperti ditunjukkan pada **Gambar 10.8**.



**Gambar 10.6** Bagian-bagian cermin cekung.



**Gambar 10.7** Jalannya sinar-sinar istimewa pada cermin cekung.



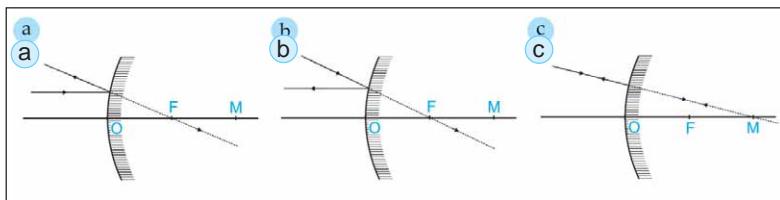
**Gambar 10.8** Pembentukan bayangan pada cermin cekung.

- 1) Jika benda diletakkan di luar pusat kelengkungan, pembentukan bayangannya seperti ditunjukkan pada **Gambar 10.8(a)**. Dari gambar terlihat bahwa jika benda diletakkan di luar pusat kelengkungan cermin, bayangan yang dibentuk akan bersifat nyata, terbalik, diperkecil dan terletak di antara pusat kelengkungan cermin (M) dan titik fokus (F).
- 2) Jika benda diletakkan di antara titik pusat kelengkungan cermin (M) dan titik fokus cermin (F). Pembentukan bayangannya ditunjukkan seperti pada **Gambar 10.8(b)**. Dari gambar terlihat bahwa jika benda diletakkan di antara pusat kelengkungan (M) dan titik fokus (F), bayangan yang dibentuk akan bersifat nyata, terbalik, diperbesar dan terletak di depan titik pusat kelengkungan cermin.

- 3) Jika benda diletakkan tepat pada titik fokus, pembentukan bayangannya ditunjukkan pada **Gambar 10.8(c)**. Dari gambar terlihat bahwa jika benda diletakkan tepat di titik fokus cermin ( $F$ ), akan membentuk bayangan maya di tak terhingga.
- 4) Jika benda diletakkan di antara titik fokus dan cermin, pembentukan bayangannya ditunjukkan pada **Gambar 10.8(d)**. Dari gambar terlihat bahwa jika benda diletakkan di antara titik fokus ( $F$ ) dan cermin, bayangan yang terbentuk bersifat maya, tegak dan diperbesar. Letak bayangan di belakang cermin.

#### d. Pemantulan Cahaya pada Cermin Cembung

Jika bentuk cermin cekung merupakan bagian dalam dari sebuah bola, maka bentuk cermin cembung adalah bagian luar bola. Perhatikan skema bentuk cermin cembung pada **Gambar 10.9**. Terlihat bahwa cermin cembung merupakan kebalikan cermin cekung. Bagaimana pembentukan bayangan oleh cermin cembung?



**Gambar 10.10** Jalannya sinar-sinar istimewa pada cermin cembung.

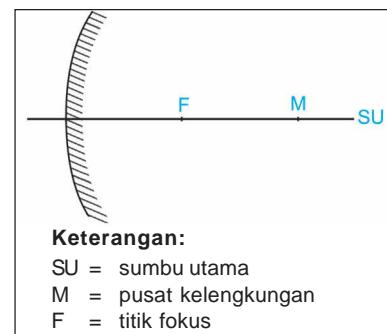
Seperti halnya cermin cekung, sebelum menggambarkan pembentukan bayangan, perlu diketahui sinar-sinar istimewa yang dimiliki cermin cembung. Sinar-sinar istimewa itu ditunjukkan pada **Gambar 10.10**, yaitu sebagai berikut.

- 1) Sinar datang sejajar sumbu utama akan dipantulkan seolah-olah berasal dari titik fokus.
- 2) Sinar datang seolah-olah menuju titik fokus akan dipantulkan sejajar sumbu utama
- 3) Sinar datang yang menuju pusat kelengkungan cermin, akan dipantulkan seolah-olah berasal dari pusat kelengkungan yang sama.

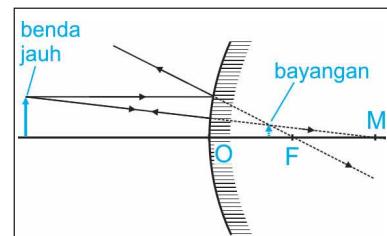
Dengan bantuan ketiga sinar istimewa untuk cermin cembung di atas, dapat digambarkan pembentukan bayangan oleh cermin cembung.

**Gambar 10.11** tersebut memperlihatkan pembentukan bayangan pada cermin cembung untuk benda yang diletakkan jauh dari cermin. Dengan menggunakan sinar istimewa pada cermin cembung, diperoleh bayangan yang sifatnya maya, tegak, diperkecil dan terletak di belakang cermin.

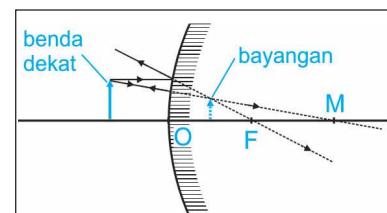
Bagaimana jika benda diletakkan dekat dengan cermin? Bagaimana sifat-sifat bayangannya? Pembentukan bayangan pada cermin cembung dengan meletakkan benda dekat dengan cermin dapat kamu lihat pada **Gambar 10.12**.



**Gambar 10.9** Skema cermin cembung.



**Gambar 10.11** Pembentukan bayangan untuk benda yang diletakkan jauh dari cermin cembung.



**Gambar 10.12** Pembentukan bayangan untuk benda dekat cermin cembung.

c. Hubungan Titik Fokus, Jarak Benda, dan Jarak Bayangan

Untuk mengetahui hubungan antara titik fokus ( $f$ ), jarak benda ( $s_0$ ) dan jarak bayangan ( $s_1$ ) pada cermin, terlebih dahulu lakukan kegiatan berikut ini!

### Kegiatan 10.3

#### Hubungan Antara Titik Fokus, Jarak Benda, dan Jarak Bayangan pada Cermin Cekung

**Tujuan:**

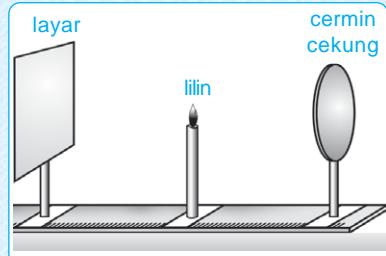
Mempelajari hubungan antara titik fokus, jarak benda, dan jarak bayangan pada cermin cekung.

**Alat dan bahan:**

Cermin cekung, lilin, layar putih, dan bangku optik.

**Prosedur kerja:**

- Letakkan lilin di bangku optik di antara cermin cekung dan layar putih.
- Geser-geserlah letak layar sepanjang mistar bangku optik hingga didapatkan bayangan yang jelas pada layar putih.
- Ukur jarak layar dari cermin (sebagai  $s_1$ ) dan jarak lilin dari cermin (sebagai  $s_0$ ).
- Catat hasil pengukuran dalam tabel.
- Ulangi langkah-langkah di atas dengan mengubah letak benda ( $s_0$ ).



| $s_0$ (cm) | $s_1$ (cm) | $\frac{1}{s_0}$ | $\frac{1}{s_1}$ | $\frac{1}{s_0} + \frac{1}{s_1}$ |
|------------|------------|-----------------|-----------------|---------------------------------|
|            |            |                 |                 |                                 |

Dari Kegiatan 10.3, tampak bahwa nilai  $\frac{1}{s_0} + \frac{1}{s_1}$  tetap. Nilai ini sama dengan  $\frac{1}{f}$ . Jadi pada cermin lengkung (cekung dan cembung) berlaku:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s_0} + \frac{1}{s_1} \quad \dots \dots \quad (10.2)$$

**Keterangan:**

$f$  = jarak fokus

$s_0$  = jarak benda ke cermin

$s_1$  = jarak bayangan ke cermin

Perbesaran merupakan perbandingan jarak bayangan terhadap cermin dengan jarak benda terhadap cermin atau perbandingan tinggi bayangan terhadap tinggi benda. Perbesaran dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$M = \left| \frac{s_1}{s_0} \right| = \frac{h_1}{h_0} \quad \dots \dots \dots \quad (10.3)$$

**Keterangan:**

$M$  = perbesaran  
 $h_0$  = tinggi benda  
 $h_1$  = tinggi bayangan

### Contoh

Sebuah benda tingginya 4 cm diletakkan di depan sebuah cermin cekung yang mempunyai jarak fokus 6 cm. Jarak benda terhadap cermin adalah 12 cm.

- Hitung jarak bayangan terhadap cermin!
- Hitung perbesaran bayangan!
- Lukislah pembentukan bayangannya!

**Jawab:**

$$h_0 = 4 \text{ cm}$$

$$s_0 = 12 \text{ cm}$$

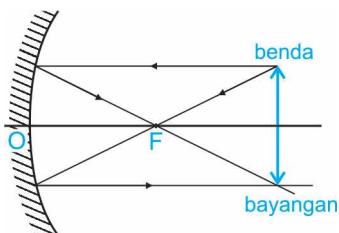
$$f = 6 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{a. } \frac{1}{f} &= \frac{1}{s_0} + \frac{1}{s_1} \Leftrightarrow \frac{1}{s_1} = \frac{1}{f} - \frac{1}{s_0} \\ &\Leftrightarrow \frac{1}{s_1} = \frac{1}{6} - \frac{1}{12} \\ &\Leftrightarrow \frac{1}{s_1} = \frac{2}{12} - \frac{1}{12} = \frac{1}{12} \\ &\Leftrightarrow s_1 = 12 \end{aligned}$$

Jadi, jarak bayangan terhadap cermin adalah 12 cm.

$$\text{b. } M = \left| \frac{s_1}{s_0} \right| = \frac{12}{12} = 1 \text{ kali}$$

- Lukisan pembentukan bayangan adalah sebagai berikut.



### Latihan 10.2

- Apa yang dimaksud pemantulan cahaya?
- Sebutkan tiga sinar istimewa pada peristiwa pemantulan pada cermin cembung dan cermin cekung!
- Gambarkan sinar-sinar istimewa pemantulan pada cermin cekung dan cermin cembung!
- Sebutkan sifat bayangan yang dibentuk oleh cermin cekung!
- Sebutkan sifat bayangan yang dibentuk oleh cermin cembung!

### 3. Pembiasan Cahaya

Dalam kehidupan sehari-hari kamu mungkin pernah melihat peristiwa pembiasan. Untuk melihat peristiwa pembiasan lakukan kegiatan berikut!

#### Kegiatan 10.4

##### Pembiasan Cahaya

###### Tujuan:

Mengamati terjadinya pembiasan cahaya.

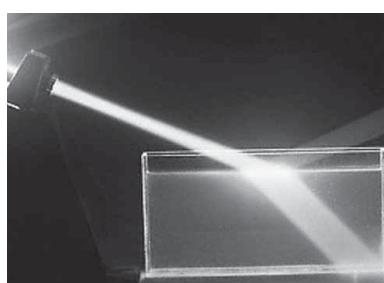
###### Alat dan bahan:

Sebuah pensil, lampu senter, gelas berukuran besar, dan air jernih.

###### Prosedur kerja:

1. Isilah gelas dengan air jernih hingga terisi setengahnya.
2. Masukkan pensil setengahnya ke dalam gelas tersebut.
3. Buatlah sudut antara pensil dan air kurang dari  $90^\circ$ .
4. Apa yang terjadi? Dapatkah kamu melihat bahwa pada batas air dan udara, pensil kamu tampak membengkok?
5. Sorotkan lampu senter ke dalam gelas yang berisi air jernih. Buatlah sudut antara sinar cahaya senter dan permukaan air. Lakukan pula menyorotkan lampu senter secara tegak lurus permukaan air.
6. Amati apa yang terjadi.
7. Apakah kesimpulan dari percobaan di atas?

Ketika pensilmu dimasukkan ke dalam gelas yang berisi air jernih, pensil tersebut seolah-olah membengkok pada titik batas udara dan air. Mengapa ini terjadi? Kejadian seperti itu dinamakan pembiasan. Hal ini disebabkan adanya perbedaan kerapatan medium air dan udara. Hal serupa terjadi ketika kamu menyorotkan lampu senter ke dalam air. Lampu senter tersebut ada yang dibiaskan dan ada yang dipantulkan. Selain terjadi pembiasan, cahaya lampu senter pun mengalami pemantulan. Hal ini terjadi karena air mempunyai warna yang jernih. Telah dibahas sebelumnya, jika cahaya mengenai suatu permukaan jernih, cahaya tersebut akan mengalami pemantulan dan pembiasan.



Gambar 10.13 Pembiasan cahaya dari medium udara menuju medium kaca.

Pembiasan adalah perubahan arah sinar cahaya (atau jenis gelombang lain) ketika melewati dua medium transparan yang kerapatannya berbeda, misalnya air dan udara. Pembiasan merupakan salah satu fenomena penting yang paling mendasar untuk menjelaskan kejadian-kejadian yang terjadi pada lensa dan prisma. Peristiwa yang terjadi pada **Kegiatan 10.4**, cahaya dari lampu senter akan dibelokkan di perbatasan antara dua medium yaitu air dan udara. Dalam hal ini gelombang cahaya menjalar melalui dua medium yang mempunyai kerapatan berbeda, dari medium yang kerapatannya kecil ke medium yang kerapatannya lebih besar (dari udara ke air).

Peristiwa pada Kegiatan 10.4 jika dibuat diagram, maka jalannya sinar senter dari udara masuk ke air ditunjukkan seperti pada Gambar 10.14. Cara menggembarkannya adalah sebagai berikut.

- Gambar garis yang mewakili bidang batas, XY kemudian garis yang tegak lurus XY, yaitu AB (Gambar 10.14a).
- Gambar dua lingkaran dengan titik pusat O dengan perbandingan jari-jari 4 : 3 sesuai indeks bias medium (di sini  $n = \frac{4}{3}$ , medium air) (Gambar 10.14b).
- Gambar sinar datang P dengan sudut datang  $i$ , misal  $30^\circ$ . Teruskan sinar PO hingga memotong lingkaran kecil di titik Q. Tariklah garis dari titik Q sejajar dengan garis normal AB hingga memotong lingkaran besar di titik R. Hubungkan titik pusat O dan titik R dengan garis lurus. Garis OR menunjukkan sinar bias (Gambar 10.14c).

Tampak bahwa sinar yang datang dari medium kurang rapat (udara) menuju medium lebih rapat (air) dibelokkan mendekati normal.

Bagaimana jika sinar cahaya datang dari medium yang lebih rapat menuju medium kurang rapat? Sinar yang datang dari medium lebih rapat ke medium kurang rapat, misalnya dari kaca menuju air, akan dibiaskan menjauhi garis normal. Jika sinar datang yang mengenai suatu medium kurang rapat menghasilkan sinar bias dengan sudut  $90^\circ$ , berarti sinar bias bergerak sepanjang bidang batas dan tidak memasuki medium kedua. Sudut ini disebut sudut kritis. Perhatikan Gambar 10.15!

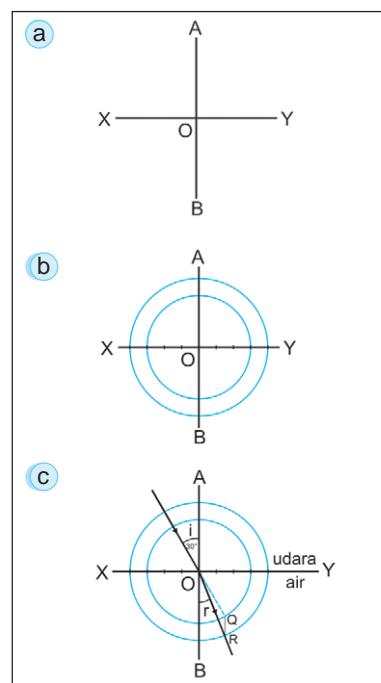
Prinsip jalannya sinar dari satu medium ke medium lain pada pembiasan sama dengan pemantulan. Jadi hukum pembiasan cahaya dapat dituliskan sebagai berikut.

- Sinar datang, sinar bias, dan garis normal terletak pada satu bidang datar dan ketiganya berpotongan di satu titik.
- Sinar datang dari medium kurang rapat menuju medium lebih rapat dibiaskan mendekati garis normal. Sebaliknya sinar datang dari medium lebih rapat menuju medium kurang rapat dibiaskan menjauhi garis normal. Sinar datang tegak lurus bidang batas diteruskan atau tidak mengalami pembiasan.

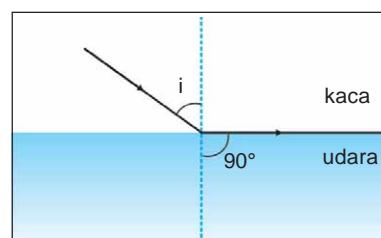
Contoh pembiasan cahaya dalam kehidupan sehari-hari antara lain peristiwa fatamorgana dan dasar kolam renang tampak dangkal jika dilihat dari samping.

Perbandingan kecepatan cahaya di ruang hampa udara dengan kecepatan cahaya dalam suatu medium disebut **indeks bias medium**. Bila dirumuskan secara matematis adalah sebagai berikut.

$$n = \frac{C}{C_n} \quad \dots \dots \quad (10.4)$$



**Gambar 10.14** Menggambar diagram sinar pembiasan cahaya dari udara ke air.



**Gambar 10.15** Pembiasan cahaya dari medium kaca ke medium udara dengan sudut kritis.



**Gambar 10.16** Dasar kolam renang yang tampak dangkal merupakan contoh gejala pembiasan.

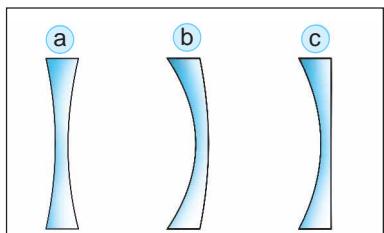
### Keterangan:

$n$  = indeks bias medium

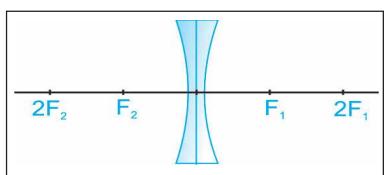
$C$  = kecepatan cahaya di ruang hampa =  $3 \times 10^8$  m/s

$C_n$  = kecepatan cahaya dalam medium

Telah disebutkan bahwa pembiasan dapat terjadi pada medium yang transparan. Dengan lensa kita dapat mempelajari peristiwa pembiasan. Pengetahuan pembiasan pada lensa cembung maupun lensa cekung merupakan pengetahuan dasar untuk mempelajari alat-alat optik seperti kacamata, kamera, teropong, dan alat optik lainnya.



Gambar 10.17 Jenis-jenis lensa cekung.  
a. cekung-cekung  
b. cekung-cembung  
c. datar-cekung



Gambar 10.18 Bagian-bagian lensa cekung.

#### a. Pembiasan pada Lensa Cekung

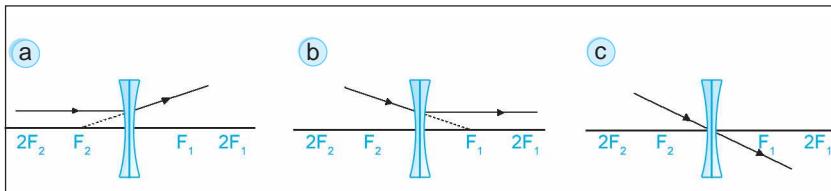
Lensa cekung adalah lensa yang mempunyai bentuk sedemikian rupa sehingga ketebalan bagian tengahnya lebih kecil daripada bagian ujung-ujungnya. Lensa cekung sering juga disebut lensa negatif. Lensa cekung bersifat menyebarkan sinar, disebut juga *divergen*. **Gambar 10.17** adalah jenis-jenis lensa cekung.

**Gambar 10.17a** merupakan lensa cekung-cekung yang terdiri atas dua bagian cekung, **Gambar 10.17b** merupakan lensa cekung-cembung yang terdiri atas sisi cekung dan sisi cembung, dan **Gambar 10.17c** merupakan lensa datar-cekung yang terdiri atas sisi datar dan sisi cekung.

Berbeda dengan cermin, lensa dapat meneruskan cahaya dari kedua sisinya. Oleh karena itu lensa memiliki 2 buah titik pusat. **Gambar 10.18** adalah bagian-bagian lensa cekung.

Bagaimana pembentukan bayangan pada lensa cekung? Sebelum membahas tentang pembentukan bayangan pada lensa cekung, terlebih dahulu harus kamu ketahui sinar-sinar istimewa pada lensa cekung. Sinar istimewa ini sangat penting sebagai dasar melukis pembentukan bayangan pada lensa cekung. Adapun sinar-sinar istimewa pada lensa cekung adalah sebagai berikut.

- 1) Sinar datang sejajar sumbu utama akan dibiaskan seolah-olah berasal dari titik fokus
- 2) Sinar datang seolah-olah menuju titik fokus lensa pertama ( $F_1$ ) akan dibiaskan sejajar sumbu utama.
- 3) Sinar yang datang melewati pusat optik lensa (O) tidak dibiaskan.

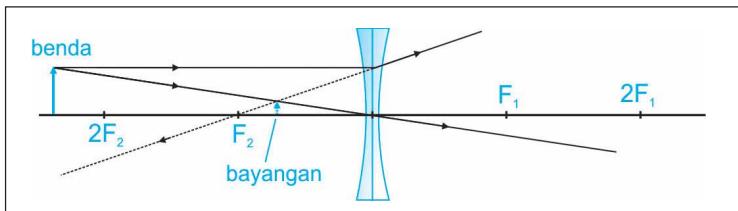


Gambar 10.19 Sinar-sinar istimewa pada lensa cekung.

Dengan menggunakan ketiga sinar istimewa pada lensa cekung di atas dapat digambarkan pembentukan bayangan oleh lensa cekung. Berikut adalah pembentukan bayangan pada lensa cekung untuk berbagai posisi benda.

### 1) Jarak benda lebih besar dari $2F_2$

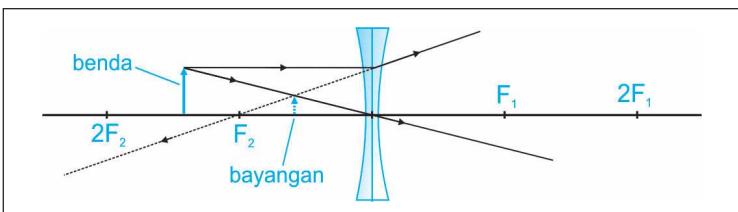
Jarak benda lebih besar dari  $2F_2'$ , dengan menggunakan sinar istimewa lensa cekung yaitu nomor 1 dan nomor 3, diperoleh bayangan yang bersifat maya, tegak, diperkecil, dan letak bayangannya di depan lensa.



Gambar 10.20 Diagram sinar dengan jarak benda lebih besar dari  $2F_2$ .

### 2) Jarak benda di antara $2F_2$ dan $F_2$

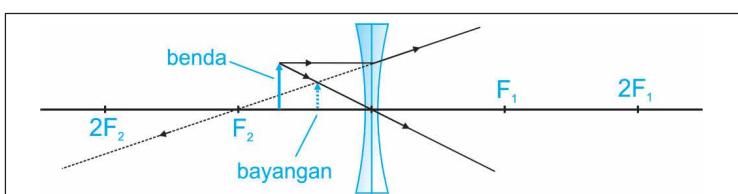
Jarak benda di antara  $2F_2$  dan  $F_2'$ , dengan menggunakan sinar istimewa lensa cekung yaitu nomor 1 dan nomor 3, diperoleh bayangan yang bersifat maya, tegak, diperkecil, dan letak bayangannya di depan lensa.



Gambar 10.21 Diagram sinar dengan benda di antara  $2F_2$  dan  $F_2$ .

### 3) Benda diletakkan di antara $F$ dan pusat lensa

Benda diletakkan di antara  $F$  dan pusat optik, dengan menggunakan sinar istimewa lensa cekung yaitu nomor 1 dan nomor 3, diperoleh bayangan yang bersifat maya, tegak, diperkecil, dan letak bayangannya di depan lensa.

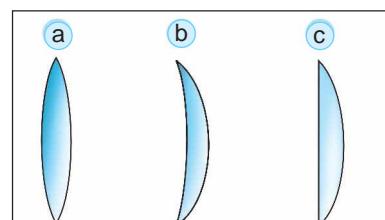


Gambar 10.22 Diagram sinar dengan benda di antara  $F_2$  dan pusat kelengkungan lensa.

## b. Pembiasan pada Lensa Cembung

Seperti pada lensa cekung, lensa cembung pun bersifat membiaskan cahaya. Lensa cembung memiliki bentuk yang tipis pada kedua bagian ujungnya. Lensa cembung bersifat mengumpulkan sinar (konvergen). Perhatikan jenis-jenis lensa cembung pada Gambar 10.23.

Bagaimana pembentukan bayangan pada lensa cembung? Sebelum membahas tentang pembentukan bayangan pada lensa cembung, perlu kamu pahami sinar-sinar istimewa yang dimiliki lensa cembung. Sinar istimewa ini sangat penting sebagai dasar melukis pembentukan bayangan pada



Gambar 10.23 Jenis-jenis lensa cembung.  
a. cembung-cembung  
b. cembung-cekung  
c. datar-cembung

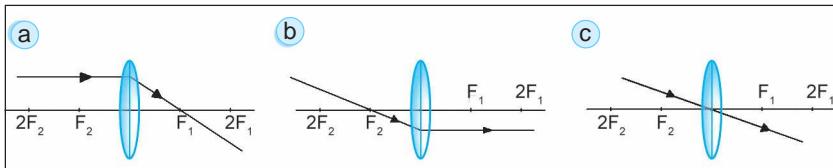
## Info Sains

### Fokus dan Bayangan lensa Cembung

- Pada lensa cembung,  $f$  bernilai positif (+), sedangkan pada lensa cekung  $f$  bernilai negatif (-).
- Benda nyata, maka  $s_o$  bernilai positif (+).
- Jika  $s_i$  bernilai positif (+) berarti bayangannya bersifat nyata tetapi jika  $s_i$  bernilai negatif (-) berarti bayangannya bersifat maya.

lensa cembung. Adapun sinar-sinar istimewa pada lensa cembung adalah sebagai berikut.

- Sinar datang sejajar sumbu utama akan dibiaskan melalui titik fokus ( $F_1$ ) di belakang lensa.
- Sinar datang menuju titik fokus di depan lensa ( $F_2$ ) akan dibiaskan sejajar sumbu utama.
- Sinar yang datang melewati pusat optik lensa (O) diteruskan, tidak dibiaskan.



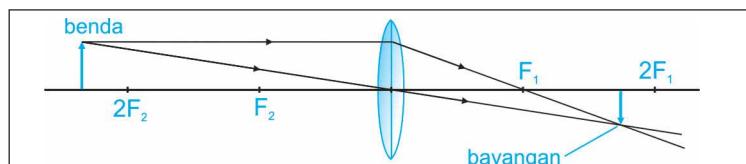
Gambar 10.24 Sinar-sinar istimewa pada lensa cembung.

Dengan menggunakan ketiga sinar istimewa pada lensa cembung di atas dapat digambarkan pembentukan bayangan oleh lensa cembung.

Berikut adalah pembentukan bayangan pada lensa cembung untuk berbagai posisi benda.

#### 1) Jarak benda lebih besar $2F_2$

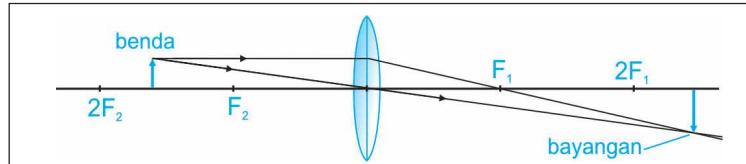
Jarak benda lebih besar  $2F_2$ , dengan menggunakan sinar istimewa lensa cembung yaitu nomor 1 dan nomor 3, diperoleh bayangan yang bersifat nyata, terbalik, diperkecil, dan letak bayangannya di antara  $F_1$  dan  $2F_1$ .



Gambar 10.25 Diagram pembentukan bayangan lensa cembung dengan jarak benda lebih besar  $2F_2$ .

#### 2) Benda diletakkan di antara $2F_2$ dan $F_2$

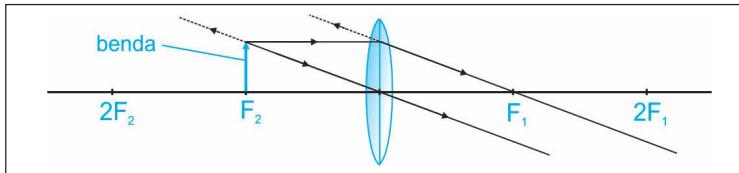
Benda diletakkan di antara  $2F_2$  dan  $F_2$ . Dengan menggunakan sinar istimewa lensa cembung yaitu nomor 1 dan nomor 3, diperoleh bayangan yang bersifat nyata, terbalik, diperbesar, dan letak bayangannya di luar  $2F_1$ .



Gambar 10.26 Diagram pembentukan bayangan lensa cembung dengan benda di antara  $2F_2$  dan  $F_2$ .

#### 3) Benda diletakkan di titik $F_2$

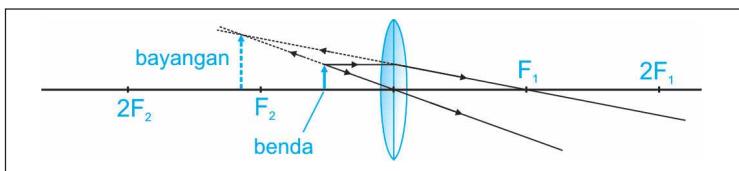
Benda diletakkan di  $F_2$  objek. Dengan menggunakan sinar istimewa lensa cembung yaitu nomor 1 dan nomor 3, diperoleh bayangan yang bersifat maya di tak hingga.



Gambar 10.27 Diagram pembentukan bayangan lensa cembung dengan benda di titik  $F_2$ .

- 4) *Benda diletakkan di antara  $F_2$  objek dan pusat lensa*

Benda diletakkan di antara  $F_2$  dan pusat lensa. Dengan menggunakan sinar istimewa lensa cembung yaitu nomor 1 dan nomor 3, diperoleh bayangan yang bersifat maya, tegak, diperbesar, dan terletak di depan lensa.



Gambar 10.28 Diagram pembentukan bayangan lensa cembung dengan benda di antara  $F_2$  dan pusat lensa.

Pada lensa juga berlaku persamaan-persamaan seperti pada cermin yaitu sebagai berikut.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s_0} + \frac{1}{s_1} \quad \dots\dots \quad (10.5)$$

$$M = \left| \frac{s_1}{s_0} \right| = \frac{h_1}{h_0} \quad \dots\dots \quad (10.6)$$

#### Keterangan:

$f$  = jarak fokus

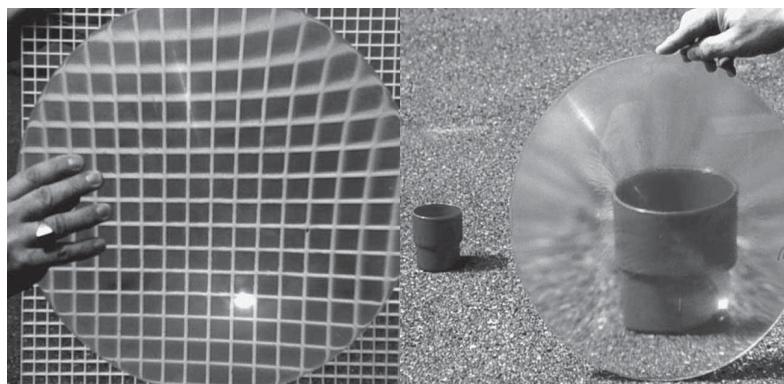
$s_0$  = jarak benda terhadap cermin

$s_1$  = jarak bayangan terhadap cermin

$M$  = perbesaran

$h_0$  = tinggi benda

$h_1$  = tinggi bayangan



Gambar 10.29 Lensa cembung menghasilkan bayangan maya yang diperbesar terhadap benda yang diletakkan di antara  $F_2$  dan pusat lensa.

#### Info Sains

##### Bayangan Cermin Cekung dan Lensa Cembung

Pada cermin cekung dan lensa cembung berlaku:

| Benda    | IV | III | II | I  |
|----------|----|-----|----|----|
|          | N  | N   | N  | M  |
|          | IV | III | II | I  |
| Bayangan | M  | N   | N  | N  |
|          | Tg | Tb  | Tb | Tb |
|          | B  | B   | K  | K  |

##### Keterangan:

I, II, III, IV = ruang I, II, III, IV

N = nyata

M = maya

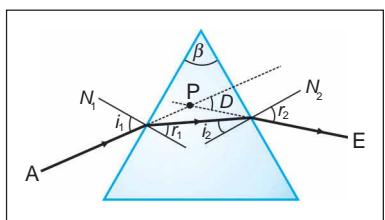
Tg = tegak

Tb = terbalik

B = diperbesar

K = diperkecil

### c. Pembiasan pada Prisma



Gambar 10.30 Sudut-sudut pembiasan pada prisma.

Prisma merupakan benda bening yang terbuat dari gelas yang dibatasi oleh dua bidang permukaan yang membentuk sudut tertentu. Sudut yang dibentuk oleh kedua bidang pembias disebut sudut pembias ( $\beta$ ).

Sinar yang dijatuhkan pada bidang pembias pertama, dan sinar yang keluar dari bidang pembias kedua membentuk sudut tertentu dengan sinar masuk. Sudut ini disebut sudut deviasi ( $D$ ). Perhatikan Gambar 10.30!

Hubungan antara sudut deviasi ( $D$ ), sudut sinar datang ( $i_1$ ), sudut sinar bias ( $r_2$ ), dan sudut pembias prisma ( $\beta$ ) dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$D = i_1 + r_2 - \beta \dots\dots\dots (10.7)$$

### Tugas 10.1

Berikan contoh alat-alat yang memanfaatkan kejadian pembiasan atau pemantulan, kemudian jelaskan cara kerja alat tersebut!

### Latihan 10.3

1. Apa yang dimaksud pembiasan?
2. Sebutkan dan gambarkan bagian-bagian utama pada sebuah lensa cembung dan lensa cekung!
3. Sebutkan dan gambarkan sinar-sinar istimewa pada lensa cekung dan lensa cembung!
4. Sebutkan sifat bayangan yang dibentuk oleh lensa cekung!
5. Sebutkan sifat bayangan yang dibentuk oleh benda yang terletak di antara titik pusat lensa dan titik fokus lensa cembung!



## B Alat-Alat Optik

Dalam kehidupan sehari-hari banyak sekali alat-alat optik yang memanfaatkan peristiwa pembiasan dan pemantulan cahaya, seperti kaca pembesar, kamera, proyektor, dan teleskop. Alat optik adalah alat yang cara kerjanya memanfaatkan peristiwa pembiasan dan pemantulan cahaya. Di dalam alat optik kamu pasti menemukan cermin dan atau lensa.

### 1. Mata

Mata merupakan indra penglihatan yang sangat penting. Kita dapat melihat dunia yang indah ini dengan mata. Mata termasuk alat optik karena di dalamnya terdapat lensa mata yang digunakan untuk menerima cahaya yang dipantulkan oleh benda-benda yang kita lihat. Dalam hal ini, mata dapat melihat suatu benda jika ada cahaya dan benda tersebut dapat

memantulkan cahaya. Ketika dalam keadaan gelap, mata kita tidak dapat melihat benda. Hal ini disebabkan karena tidak adanya cahaya yang masuk ke mata dari benda-benda yang memantulkannya atau dari sumber cahaya.

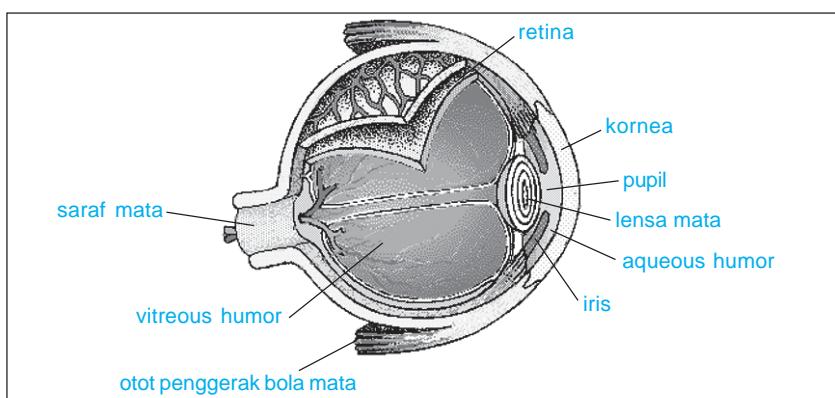
Secara garis besar mata kita terdiri atas lensa mata, retina, otot, dan saraf. Bagian paling luar adalah lensa mata yang digunakan untuk membentuk bayangan di retina. Sebagai sebuah lensa, ketebalan mata akan berpengaruh pada titik fokus. Jika mata melihat benda jauh, mata kita akan melebar sehingga lensa mata menjadi menipis dan jarak fokusnya menjadi kecil. Hal ini dimaksudkan supaya bayangan benda tersebut jatuh tepat di retina. Kemampuan mata untuk melebar atau mengkerut dibantu otot-otot mata. Melebar dan mengerutnya mata kita akan mengakibatkan lensa mata menjadi menebal atau menipis. Kemampuan lensa mata untuk menipis atau menebal sesuai dengan jarak benda yang dilihat disebut **daya akomodasi**.

Jika mata melihat benda yang makin dekat, maka daya akomodasinya makin besar. Sebaliknya jika melihat benda yang makin jauh, maka daya akomodasinya makin kecil. Daya akomodasi menyebabkan mata memiliki titik dekat (*punctum proximum*) dan titik jauh (*punctum remotum*). Titik dekat mata adalah titik terdekat yang dapat dilihat jelas oleh mata dengan berakomodasi maksimum. Titik jauh adalah titik terjauh yang dapat dilihat jelas oleh mata dengan tanpa berakomodasi.

Bagian-bagian terpenting dari mata adalah kornea, iris, pupil, lensa mata, dan retina. Bagian-bagian tersebut ditunjukkan pada **Gambar 10.32**.



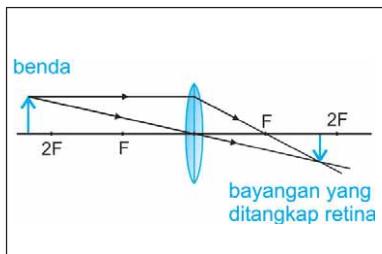
**Gambar 10.31** Indra penglihatan kita tergolong alat optik karena di dalamnya terdapat lensa.



**Gambar 10.32** Bagian-bagian mata manusia.

Kornea adalah bagian luar mata yang berfungsi menerima dan meneruskan cahaya. Lensa mata terbuat dari bahan bening dan kenyal. Lensa mata berfungsi untuk membentuk bayangan benda. Iris merupakan selaput yang membentuk suatu celah lingkaran, berfungsi memberi warna pada mata. Celah lingkaran yang dibentuk iris disebut pupil.

**Retina** adalah tempat jatuhnya bayangan yang dibentuk oleh lensa mata. Lensa mata berupa lensa cembung. Benda yang dilihat terletak di depan 2F sehingga bayangan yang terbentuk nyata, terbalik, diperkecil dan berada di antara F dan 2F di



**Gambar 10.33** Bayangan yang ditangkap retina bersifat nyata, terbalik, dan diperkecil.

belakang lensa seperti ditunjukkan pada **Gambar 10.33**. Di dalam retina terdapat saraf. Saraf mata ini sangat sensitif terhadap cahaya. Otak akan menerima informasi tentang benda yang kita lihat, informasi ini dikirimkan oleh retina melalui saraf-saraf mata. Informasi benda-benda yang kita lihat akan dikirimkan ke otak dan otak akan mengolahnya sehingga kita dapat melihat benda sesuai dengan sebenarnya, tidak terbalik seperti yang ditangkap retina.

Kemampuan akomodasi mata setiap orang berbeda-beda. Ada orang yang tidak dapat melihat benda yang jauh atau dekat. Orang yang mengalami gangguan seperti ini dikatakan orang tersebut memiliki cacat mata. Berikut adalah jenis-jenis cacat mata pada manusia.

#### a. Rabun Dekat (Hipermetropi)

Rabun dekat terjadi jika mata tidak dapat melihat benda-benda yang jaraknya dekat. Hal ini dikarenakan fokus lensa mata mempunyai jarak yang terlalu panjang. Akibatnya bayangan akan jatuh di belakang retina.

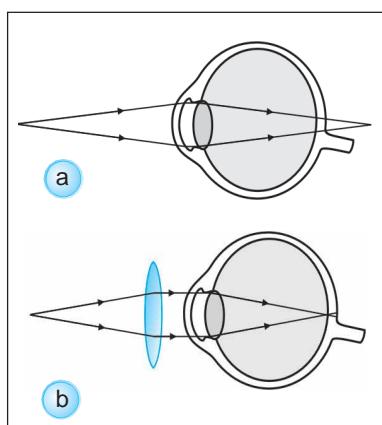
Rabun disebut juga hipermetropi. Orang yang menderitanya akan kesulitan melihat benda-benda yang jaraknya dekat. Benda yang terlihat oleh orang yang menderitanya akan tampak buram.

Untuk membantu penderita rabun dekat, lensa mata perlu diberi bantuan sedemikian rupa agar bayangan yang dibentuk oleh lensa mata jatuh tepat pada retina. Mereka membutuhkan kacamata dengan lensa cembung. Peranan lensa kacamata cembung adalah agar bayangan yang tadinya jatuh di belakang retina dapat maju sehingga jatuh tepat pada retina.

#### b. Rabun Jauh (Miopi)

Kebalikan dari rabuh dekat, mata yang mengalami rabun jauh tidak dapat melihat benda-benda yang jaraknya jauh. Hal ini disebabkan lensa mata tidak dapat memipih untuk memperkecil jarak fokusnya. Bayangan yang dibentuk oleh lensa mata yang mengalami cacat mata rabun jauh akan jatuh berada di depan retina.

Untuk membantu penderita rabun jauh digunakan kacamata yang mempunyai lensa cekung. Lensa cekung ini akan membantu lensa mata sehingga bayangan yang tadinya jatuh di depan retina akan jatuh tepat di retina. Cacat mata rabun jauh ini sering disebut juga miopi.

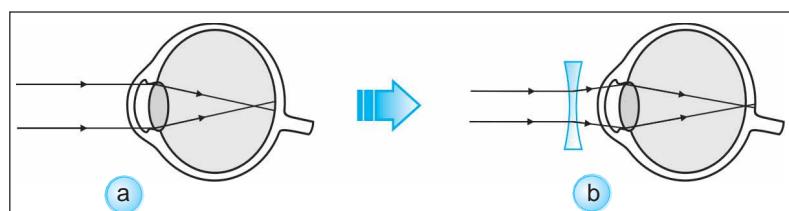


**Gambar 10.34** (a) Rabun dekat. (b) Rabun dekat ditolong dengan kacamata berlensa positif.

### Info Sains

#### Lensa Kacamata

- Syarat lensa cembung untuk menolong penderita hipermetropi adalah:  
 $s' = -$  titik dekat penderita rabun dekat.
- Syarat lensa cekung untuk menolong penderita miopi adalah:  
 $s' = -$  titik jauh penderita rabun jauh.



**Gambar 10.35** a. Rabun jauh  
b. Rabun jauh ditolong dengan kacamata berlensa negatif.

### c. Presbiopi

Cacat mata presbiopi ini banyak dialami oleh orang-orang lanjut usia. Oleh karena itu presbiopi sering disebut juga mata tua. Penderita cacat mata ini tidak dapat melihat benda-benda yang jaraknya jauh atau dekat. Hal ini dikarenakan menurunnya daya akomodasi lensa mata.

Untuk membantu penderita cacat mata ini, digunakan kacamata yang mempunyai lensa ganda yaitu lensa cembung dan lensa cekung. Lensa cekung berfungsi untuk melihat benda-benda jauh dan lensa cembung berfungsi untuk melihat benda-benda dekat. Biasanya, lensa cembung terletak di bagian bawah dan lensa cekung di bagian atas.



Gambar 10.36 Kacamata presbiopi.

Untuk menghindari cacat mata, mata kita perlu perawatan dan penggunaan yang benar. Cacat mata dapat diakibatkan bawaan (genetik) atau karena kebiasaan. Oleh karena itu, jagalah matamu sejak dini, hindari kebiasaan-kebiasaan yang kurang baik, seperti membaca terlalu dekat atau terlalu jauh, membaca di tempat yang terlalu gelap atau terlalu terang, menonton televisi dalam jarak yang terlalu dekat atau terlalu jauh. Selain itu, jaga kesehatan mata dengan baik. Bakteri atau jamur dapat juga mengakibatkan mata mengalami kerusakan.

Kekuatan lensa merupakan kemampuan lensa untuk memfokuskan sinar-sinar, makin kuat lensa memfokuskan sinar akan makin besar kekuatan lensanya. Kekuatan lensa dilambangkan dengan  $P$  (*power*) yang dirumuskan sebagai berikut.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s_0} + \frac{1}{s_1} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{-300} = 0 - \frac{1}{300} = -\frac{1}{300} \quad (10.8)$$

#### Keterangan:

$P$  = kekuatan lensa, satuan dioptri

$f$  = jarak fokus, satuan meter

#### Contoh

Seorang penderita rabun jauh memiliki titik jauh 300 cm. Berapa kekuatan lensa kacamata orang tersebut agar dapat melihat benda jauh dengan normal?

#### Jawab:

$$s_0 = \infty$$

$s_1 = -300$  cm (tanda negatif (-) karena bayangan yang dibentuk lensa cekung bersifat maya, di depan lensa)

$$P = \dots ?$$

$$f = -300 \text{ cm} = -3 \text{ m}$$

Kekuatan lensa:

$$P = \frac{1}{f} = \frac{1}{-3} = -0,33 \text{ dioptri}$$

## Latihan 10.4

1. Mengapa mata disebut alat optik?
2. Bayangan yang dibentuk pada retina mata bersifat nyata, terbalik, dan diperkecil. Mengapa kita melihat benda tidak merasa terbalik?
3. Jelaskan jenis-jenis cacat mata dan cara menolongnya!
4. Jelaskan mekanisme pembentukan bayangan pada mata cacat miopi! Menurutmu, dapatkah cacat mata disembuhkan?
5. Seorang penderita rabun dekat memiliki titik dekat 50 cm. Jika dia ingin membaca dengan normal, berapakah kekuatan lensa kacamata yang harus digunakannya?

## 2. Alat-Alat Optik yang Lain

Ketika kamu berfoto dengan teman-temanmu menggunakan kamera mungkin kamu tidak menyadari sedang menggunakan alat optik. Sekarang, terdapat banyak jenis kamera, seperti kamera analog dan kamera digital.

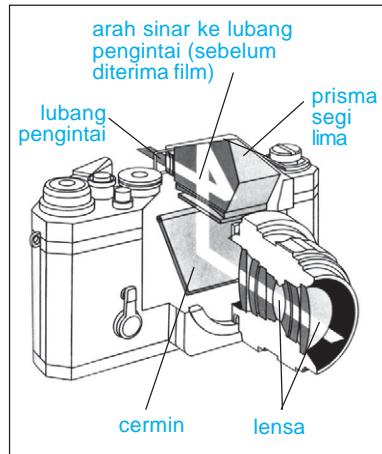
Meskipun jenis dan teknologinya beraneka macam, tetapi pada prinsipnya sama, yaitu menggunakan pembiasan dan pemantulan cahaya dengan cermin atau lensa. Berikut akan dibahas beberapa alat optik yang sering kamu temui dalam kehidupan sehari-hari.

### a. Kamera

Kamera merupakan salah satu alat optik yang besar manfaatnya. Dengan adanya kamera kamu dapat mengabadikan kejadian-kejadian penting dan bersejarah. Pernahkah kamu menggunakan kamera?

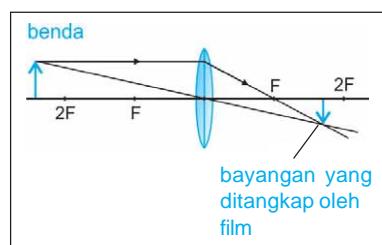
Kamera terdiri atas tiga bagian utama, yaitu lensa, diafragma, dan film. Cara kerja kamera adalah sebagai berikut. Benda yang akan diambil gambarnya diletakkan di depan kamera. Cahaya yang berasal dari objek tersebut akan diterima oleh lensa cembung dan akan dibiaskan sehingga membentuk bayangan nyata di film. Kedudukan lensa terhadap film dapat diubah-ubah. Hal ini dimaksudkan agar bayangan yang terbentuk jatuh tepat di atas film. Pada film, terdapat zat kimia yang peka terhadap cahaya. Cahaya gelap dan cahaya terang masing-masing akan meninggalkan jejak yang berbeda pada kamera. Dari film, gambar tersebut dapat dicuci dan dicetak.

Jika diperhatikan, prinsip kerja antara kamera dan mata kita adalah sama. Mata kita menangkap bayangannya di retina yang akan diolah oleh otak melalui saraf, sedangkan pada kamera, bayangan yang ditangkap lensa dibentuk pada film. Telah kamu ketahui bahwa bayangan yang dibentuk oleh lensa cembung bersifat nyata dan terbalik. Bayangan yang dibentuk pada film kamera bersifat nyata, terbalik, dan diperkecil seperti ditunjukkan pada Gambar 10.38.



Gambar 10.37 Kamera (jenis SLR) dan bagian-bagiannya.

Sumber: Growing Up With Science

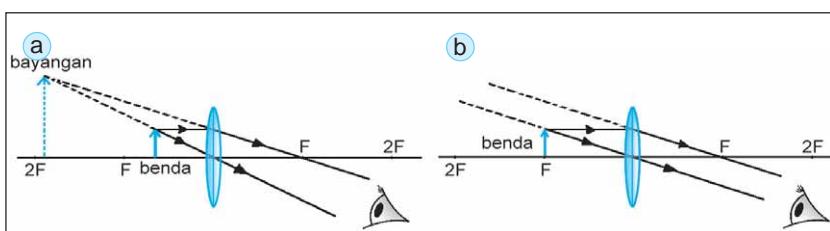


Gambar 10.38 Diagram pembentukan bayangan pada kamera.

## b. Lup

Lup adalah alat optik yang menggunakan lensa cembung untuk melihat benda-benda kecil. Lup biasa digunakan untuk melihat nama-nama jalan di peta yang tercetak sangat kecil, melihat gambar di perangko, dan melihat komponen-komponen jam tangan yang kecil.

Agar benda terlihat, maka benda diletakkan di antara titik pusat ( $O$ ) dan titik fokus ( $F$ ) sehingga terbentuk bayangan yang bersifat maya, tegak, dan diperbesar. Saat bayangan terbentuk di titik dekat mata, maka mata berakomodasi maksimum. Jika ingin mengamati benda dengan lup tanpa berakomodasi, maka benda diletakkan tepat di titik fokus lensa sehingga yang masuk ke mata berupa sinar sejajar. Ini dikatakan mengamati dengan mata tidak berakomodasi. Sketsa pembentukan bayangan oleh lup ditunjukkan pada Gambar 10.40.



Gambar 10.40 a. Diagram sinar pembentukan bayangan pada lup dengan mata berakomodasi maksimum.  
b. Diagram sinar pembentukan bayangan pada lup dengan mata tidak berakomodasi.



Gambar 10.39 Lup.

## Info Sains

### Lup untuk Membuat Api

Lup bersifat mengumpulkan cahaya sehingga dapat digunakan untuk mengumpulkan cahaya Matahari. Lup diletakkan di bawah terik Matahari, dengan mengatur jarak lup terhadap benda yang akan dibakar sehingga cahaya Matahari mengumpul di satu titik. Energi kalor yang dikumpulkan oleh lup ini mampu membuat kertas terbakar.

## c. Mikroskop

Pernahkah kamu bertanya-tanya bagaimana caranya para ilmuwan mengamati jasad renik? Para peneliti biasanya menggunakan mikroskop untuk melihat-benda-benda kecil yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang.

Mikroskop terdiri atas dua buah lensa cembung yang berfungsi untuk memperbesar bayangan benda. Lensa ini dinamakan lensa objektif dan lensa okuler. Lensa objektif adalah lensa yang diletakkan dekat dengan objek yang akan diamati, sedangkan lensa okuler adalah lensa yang diletakkan dekat mata. Jarak fokus lensa objektif lebih kecil dari jarak fokus lensa okuler ( $f_{ob} < f_{ok}$ ).

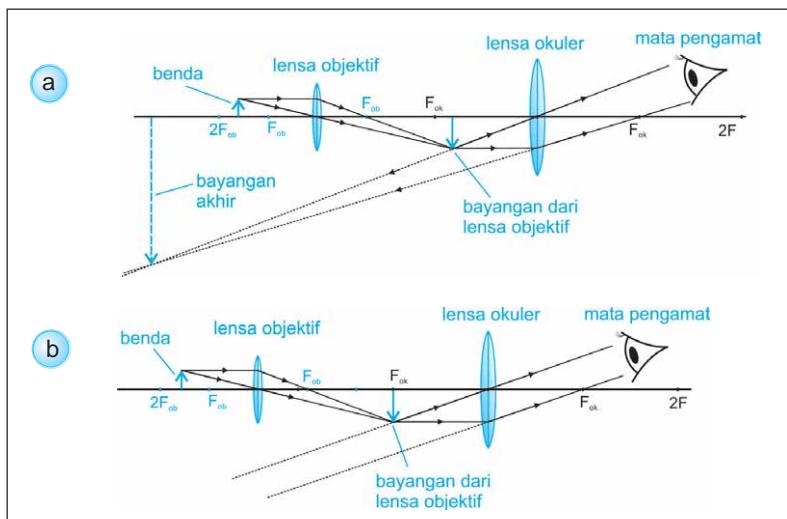
Benda yang diamati diletakkan di depan lensa objektif di antara  $F_{ob}$  dan  $2F_{ob}$ . Bayangan yang dibentuk oleh lensa objektif bersifat nyata, terbalik dan diperbesar. Bayangan yang dibentuk oleh lensa objektif akan menjadi benda bagi lensa okuler.

Bila diamati dengan mata berakomodasi, maka benda (bayangan dari lensa objektif) diletakkan di antara titik pusat lensa okuler ( $O_{ok}$ ) dan titik fokus okuler ( $F_{ok}$ ). Sedangkan jika diamati dengan mata tanpa berakomodasi, maka benda (bayangan dari lensa objektif) diletakkan di titik fokus lensa okuler ( $F_{ok}$ ).



**Gambar 10.41** Mikroskop digunakan untuk mengamati benda-benda renik.

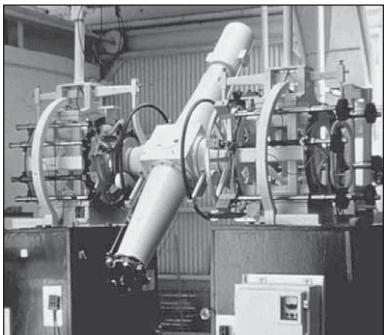
Lebih jelasnya perhatikan Gambar 10.42(a) dan Gambar 10.42(b). Bayangan yang dibentuk oleh lensa okuler bersifat maya, tegak, dan diperbesar. Bayangan akhir yang dibentuk adalah maya, terbalik dan diperbesar. Bayangan ini dapat dilihat mata pengamat. Bayangan ini telah mengalami perbesaran beberapa kali lipat sehingga benda yang sangat kecil akan tampak besar.



**Gambar 10.42** a. Diagram pembentukan bayangan pada mikroskop dengan mata berakomodasi maksimum.  
b. Diagram pembentukan bayangan pada mikroskop dengan mata tidak berakomodasi.



**Gambar 10.43** Salah satu jenis teropong bias.



**Gambar 10.44** Jenis teropong pantul yang banyak digunakan di observatorium untuk mengamati bintang.

#### d. Teleskop (Teropong)

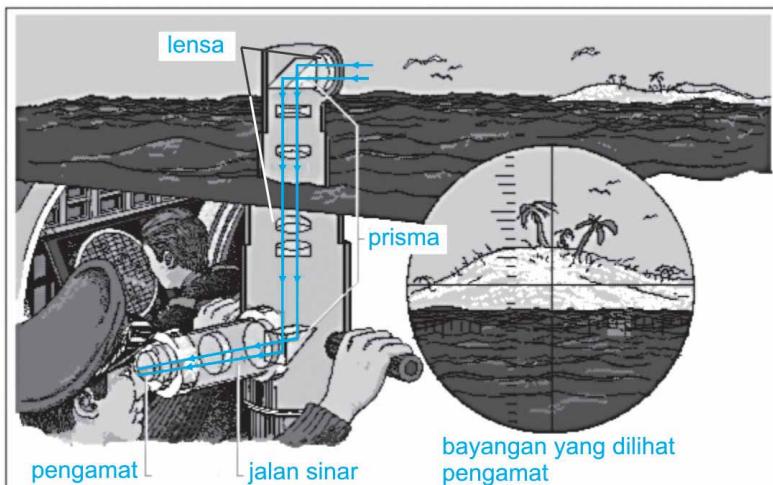
Teropong merupakan alat optik yang digunakan sebagai alat untuk melihat benda yang letaknya jauh. Teropong dibedakan menjadi dua yaitu teropong bias (tersusun atas beberapa lensa) dan teropong pantul (tersusun atas beberapa cermin dan lensa). Teropong bias antara lain teropong bintang (astronomi), teropong bumi, dan teropong panggung (teropong Galileo).

Teropong bintang digunakan untuk mengamati benda-benda langit. Bagaimana cara kerja teropong bintang? Cara kerja teropong bintang mirip dengan cara kerja mikroskop. Teropong ini terdiri atas dua buah lensa cembung yaitu lensa objektif dan lensa okuler. Lensa objektif digunakan untuk menangkap cahaya dari benda-benda yang jauh. Karena jaraknya jauh, benda dapat dianggap diletakkan di luar  $2F$ . Dengan demikian bayangan yang dibentuknya adalah nyata, terbalik, dan diperkecil. Bayangan dari lensa objektif ini menjadi benda bagi lensa okuler. Oleh lensa okuler, bayangan ini dibiaskan lagi sehingga membentuk bayangan yang maya, tegak, dan diperbesar dan dapat dilihat dengan mata. Dengan demikian benda-benda langit yang jaraknya jauh akan tampak dekat dan jelas jika dilihat menggunakan teropong bintang. Bayangan yang dihasilkan teropong bintang adalah terbalik.

### e. Periskop

Apakah periskop itu? Periskop adalah alat optik yang digunakan pada kapal selam untuk melihat permukaan laut. Kapal selam perlu melihat keadaan permukaan laut sebelum kapal selam tersebut muncul mengapung di permukaan.

Periskop terdiri atas dua buah lensa cembung dan dua buah prisma siku-siku sama kaki. Perhatikan Gambar 10.45.!



Gambar 10.45 Diagram jalannya sinar pada periskop.

### Tokoh Sains

#### Bambang Hidayat



Prof. Dr. Bambang Hidayat (lahir di Kudus, Jawa Tengah, pada 18 September 1934), adalah seorang astronom Indonesia. Pendidikan menengah dilaluinya di SMP II Semarang dan SMA Bag. B Semarang. Bambang masuk FMIPA UI di Bandung tahun 1953. Pada tahun 1954 Bambang diangkat menjadi asisten pengamatan bintang ganda visual menggunakan teropong Zeiss Besar, di Observatorium Bosscha, Lembang. Pada tahun 60-an, Bambang ikut memasang teropong jenis mutakhir pada saat itu, yakni teropong tipe Schmidt di Lembang. Pada tahun 1968, Bambang diberi kehormatan untuk dapat memimpin Observatorium Bosscha dan Departemen Astronomi ITB. Tahun 1983 atas penunjukan Menteri Negara Riset dan Teknologi, Kepala BPPT, Prof. Habibie, Bambang ditugasi menjabat sebagai ketua panitia nasional pengembangan elektronika antariksa dan teleskop radio.

### Tugas 10.2

Lensa kontak merupakan alat optik yang berfungsi sebagai pengganti kacamata. Kumpulkan informasi mengenai lensa kontak tersebut! Cari tahu bahannya dari apa, bagaimana pengaruhnya terhadap mata, dan bandingkan dengan kacamata lensa biasa! Kemukakan pendapatmu mengenai lensa kontak ini!

### Latihan 10.5

1. Bagaimana lup dapat digunakan untuk membuat api? Jelaskan dengan gambar!
2. Sebutkan contoh alat optik beserta kegunaannya!
3. Mengapa banyak digunakan lensa cembung pada alat optik?
4. Apa yang dimaksud lensa objektif dan lensa okuler?
5. Bagaimana cara kerja teropong sehingga dihasilkan bayangan dari benda yang jaraknya sangat jauh?

### Rangkuman

- Setiap benda yang memancarkan cahaya disebut sumber cahaya dan setiap benda yang tidak dapat memancarkan cahaya disebut benda gelap.
- Cahaya dapat dianggap sebagai partikel dan sebagai gelombang. Sebagai gelombang, cahaya mempunyai sifat dapat dipantulkan dan dapat dibiaskan.

- hukum pemantulan cahaya adalah sebagai berikut.
  - a. Sinar datang, sinar pantul, dan garis normal terletak pada satu bidang datar.
  - b. Sudut datang sama dengan sudut pantul.
- Hukum pembiasan cahaya dituliskan sebagai berikut.
  - a. Sinar datang, sinar bias, dan garis normal terletak pada satu bidang datar dan ketiganya berpotongan di satu titik.
  - b. Sinar datang dari medium kurang rapat menuju medium lebih rapat dibiaskan mendekati garis normal. Sebaliknya sinar datang dari medium lebih rapat menuju medium kurang rapat dibiaskan menjauhi garis normal. Sinar datang tegak lurus bidang batas diteruskan atau tidak mengalami pembiasaan.
- Alat optik adalah alat yang cara kerjanya memanfaatkan peristiwa pembiasan dan pemantulan cahaya.
- Mata termasuk alat optik karena di dalamnya terdapat lensa mata yang digunakan untuk menerima cahaya yang dipantulkan oleh benda-benda yang kita lihat.
- Alat-alat optik lain yang menggunakan prinsip peristiwa pemantulan dan pembiasan cahaya oleh cermin dan lensa antara lain kamera, lupa, mikroskop, teleskop, dan periskop.

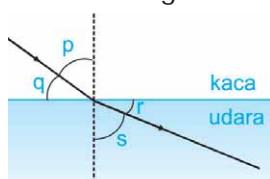
### Refleksi

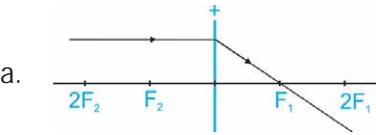
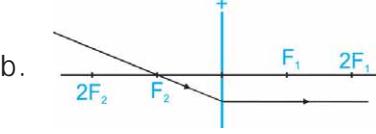
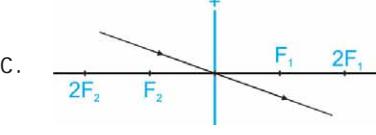
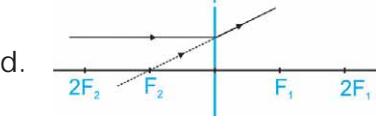
Kamu telah selesai mempelajari materi **Optika** dalam bab ini. Untuk itu, lakukan evaluasi diri dengan menjawab beberapa pertanyaan di bawah ini. Jika semua pertanyaan dijawab dengan 'ya', berarti kamu telah menguasai bab ini dengan baik. Namun jika ada pertanyaan yang dijawab dengan 'tidak', kamu perlu mempelajari lagi materi yang berkaitan dengan pertanyaan itu. Jika ada kesulitan atau ada hal-hal yang sukar dimengerti, bertanyalah kepada Bapak/Ibu Guru.

1. Apakah kamu sudah memahami sifat-sifat cahaya?
2. Dapatkah kamu menjelaskan pemantulan cahaya pada cermin datar, cermin cekung, dan cermin cembung serta pembentukan bayangan oleh cermin-cermin tersebut?
3. Bagaimanakah cahaya dibiaskan? Dapatkah kamu menjelaskan pembiasan cahaya pada lensa cekung dan lensa cembung serta pembentukan bayangan oleh lensa tersebut?
4. Apakah kamu dapat menyebutkan berbagai jenis alat optik serta menunjukkan cara kerja dan proses pembentukan bayangan benda pada alat optik tersebut?

### Latih Kemampuan **10**

#### I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Berikut yang bukan merupakan sifat cahaya adalah ....
  - a. memerlukan medium untuk merambat
  - b. dapat dipantulkan
  - c. dapat dibiaskan
  - d. termasuk gelombang elektromagnetik
2. Suatu benda berjarak 10 cm di depan sebuah cermin cekung yang memiliki fokus 15 cm. Perbesaran bayangan yang dihasilkan adalah ....
  - a. 3,0 kali
  - b. 2,0 kali
  - c. 1,5 kali
  - d. 0,5 kali
3. Perhatikan gambar berikut.  
  
 Daerah yang disebut sudut bias adalah ....
  - a. p
  - b. q
  - c. r
  - d. s

4. Bayangan yang dibentuk oleh cermin datar bersifat ....
- nyata, terbalik, dan diperkecil
  - nyata, sama besar, dan tegak
  - maya, tegak, dan sama besar
  - nyata, terbalik, dan diperbesar
5. Sebuah benda diletakkan 8 cm di depan lensa cembung yang memiliki jarak fokus 12 cm. Letak bayangan adalah ....
- 24 cm di depan lensa
  - 24 cm di belakang lensa
  - 48 cm di depan lensa
  - 48 cm di belakang lensa
6. Berikut jalannya sinar istimewa pada lensa cembung, **kecuali** ....
- a. 
- b. 
- c. 
- d. 
7. Sebuah lensa cekung memiliki jarak fokus 20 cm. Apabila sebuah benda diletakkan 30 cm di depan lensa maka jarak bayangan yang terbentuk dari lensa adalah ....
- 60 cm di depan lensa
  - 60 cm di belakang lensa
  - 12 cm di depan lensa
  - 12 cm di belakang lensa
8. Pernyataan berikut yang benar adalah ....
- lensa cembung disebut juga lensa negatif

## B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

- Sebuah benda diletakkan di depan cermin cembung pada jarak 4 cm. Jika titik fokus cermin tersebut adalah 8 cm, berapa jarak bayangan terhadap benda?
- Lukislah bayangan yang dibentuk oleh suatu benda dengan jarak 2 cm di depan sebuah cermin cekung yang mempunyai titik fokus 5 cm!

3. Bagaimana suatu alat disebut sebagai alat optik? Jelaskan!
4. a. Jelaskan mekanisme pembentukan bayangan pada mata normal!  
b. Jelaskan mekanisme pembentukan bayangan pada mata yang mengalami cacat mata miopi, presbiopi, dan hipermetropi!
5. Jelaskan cara kerja mikroskop sehingga pengamat memperoleh bayangan yang diperbesar beberapa kali!

## Wacana Sains

### Sejarah Pengukuran Kelajuan Cahaya

Kelajuan cahaya telah sering diukur oleh ahli Fisika. Pengukuran awal yang paling baik dilakukan oleh Olaus Roemer (ahli Fisika Denmark), pada 1676. Beliau menciptakan kaedah mengukur kelajuan cahaya. Beliau mendapati dan telah mencatatkan pergerakan planet Saturnus dan satu dari bulannya dengan menggunakan teleskop. Roemer mendapati bahawa bulan tersebut mengorbit Saturnus sekali setiap  $42\frac{1}{2}$  jam. Masalahnya adalah apabila bumi dan Saturnus berjauhan, putaran orbit bulan tersebut kelihatan bertambah. Ini menunjukkan cahaya memerlukan waktu lebih lama untuk sampai ke Bumi. Dengan ini kelajuan cahaya dapat diperhitungkan dengan menganalisa jarak antara planet pada masa-masa tertentu. Roemer mencapai kelajuan 227.000 kilometer per sekon.

Albert A. Michelson memperbaiki hasil kerja Roemer pada tahun 1926. Dia menggunakan cermin berputar untuk mengukur waktu yang diambil cahaya untuk pergi balik dari Gunung Wilson ke Gunung San Antonio di California. Ukuran jitu menghasilkan kelajuan 299.796 kilometer/sekon. Dalam penggunaan sehari-hari, jumlah ini dibulatkan menjadi 300.000 kilometer/sekon.

### Ellipsometer Sederhana

Ellipsometer adalah suatu alat yang dapat dipergunakan untuk pengukuran sifat-sifat optik dari suatu media yang didasarkan pada analisis fenomena pantulan sinar terhadap suatu media tersebut yaitu perubahan pengutuban (*polarization*) sinar dengan panjang gelombang tertentu yang terjadi sewaktu sinar dipantulkan atau diteruskan pada media tersebut. Dengan menganalisa perubahan intensitas sinar akibat pantulan gelombang tersebut, maka dimungkinkan untuk mengetahui berbagai parameter sifat optik seperti parameter indeks bias, ketebalan, koefisien serapan, dan lain-lain dari medium yang dikenainya.

Beberapa faktor keuntungan yang dapat diperoleh dari alat ini antara lain: (i) tidak mengganggu sifat-sifat fisis dari permukaan sampel yang diukurnya untuk panjang gelombang tertentu yang dapat dipilih, (ii) cukup sensitif untuk pengukuran antarmuka (*interface*) dari suatu struktur media yang memiliki ukuran cukup kecil, (iii) dapat dioperasikan pada udara bebas (tidak harus pada kondisi khusus seperti ruang hampa), dan (iv) dapat diperoleh hasil secara langsung (*in situ*) dari pengukuran. Secara umum alat ellipsometer dapat dipergunakan untuk mengukur sifat-sifat optik suatu bahan baik padat maupun cair yang memiliki sifat isotropik (sifat optik tidak tergantung arah) ataupun anisotropik (sifat optik tergantung arah). Selain itu media yang akan diukur dapat berupa lapisan tipis (*thin film*) atau berupa lapisan yang tebal (*bulk*).

Sumber: [www.elektroindonesia.com](http://www.elektroindonesia.com)

### I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Resultan keempat gaya pada gambar di bawah ini adalah ....



- a. 1 N ke kiri      c. 2 N ke kiri  
b. 1 N ke kanan    d. 2 N ke kanan
2. Sebuah benda bergerak di atas lantai. Kecepatan benda tersebut semakin lama semakin kecil dan akhirnya berhenti. Gaya yang menyebabkan gerak benda tersebut semakin melambat adalah ....
- a. gaya dorong      c. gaya gesekan  
b. gaya tarik          d. gaya berat
3. Ban mobil dibuat beralur agar ....
- a. berat ban semakin besar  
b. berat ban semakin kecil  
c. gaya gesekan semakin besar  
d. gaya gesekan semakin kecil
4. Berat suatu benda 34,3 N. Jika percepatan gravitasi bumi 9,8 N/kg, massa benda tersebut adalah ....
- a. 3,50 g              c. 350 g  
b. 35,0 g              d. 3.500 g
5. Dengan menggunakan pesawat sederhana akan memudahkan pekerjaan tertentu. Dengan demikian penggunaan pesawat sederhana memberikan ....
- a. keuntungan mekanik  
b. usaha yang lebih kecil  
c. usaha yang besar  
d. energi mekanik yang besar
6. Titik tumpu terletak di antara titik gaya dan titik beban. Jenis tuas ini termasuk tuas jenis ....
- a. pertama              c. ketiga  
b. kedua                d. keempat
7. Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak dapat ....
- a. diciptakan  
b. dimusnahkan  
c. diubah bentuknya  
d. diciptakan dan dimusnahkan
8. Seorang anak yang massanya 40 N mampu menaiki tangga setinggi 10 m dalam waktu 10 detik. Daya yang dimiliki anak tersebut adalah .... ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )
- a. 200 watt              c. 600 watt  
b. 400 watt              d. 800 watt
9. Sebuah batu beratnya 700 N (diukur di udara). Jika batu tersebut dapat diangkat oleh seorang anak dengan gaya 400 N di dalam danau (air), maka berat batu tersebut di dalam air adalah ....
- a. 400 N                c. 200 N  
b. 300 N                d. 100 N
10. Sebuah dongkrak hidrolik dengan luas pengisap kecil  $A_1 = 10 \text{ cm}^2$  dan luas pengisap besar  $1 \text{ m}^2$  digunakan untuk mengangkat beban 5.000 N. Gaya tekan yang harus diberikan pada pengisap kecil supaya beban tersebut terangkat adalah ....
- a. 200 N                c. 400 N  
b. 300 N                d. 500 N
11. Getaran adalah ....
- a. gerak lurus yang berulang-ulang  
b. gerak bolak-balik di sekitar titik kesetimbangan  
c. bergoyangnya permukaan air karena suatu gangguan  
d. jarak terjauh dari titik kesetimbangan
12. Jika cepat rambat gelombang dijaga tetap tetapi panjang gelombangnya didua-kalikan, maka frekuensi gelombang tersebut menjadi ....
- a. setengah kali      c. dua kali  
b. seperempat kali    d. empat kali
13. Frekuensi sebuah gelombang adalah 50 Hz, berarti ....
- a. dalam satu detik terjadi satu gelombang yang panjangnya 50 m  
b. dalam satu detik terjadi 50 gelombang  
c. satu gelombang perlu waktu 50 sekon  
d. untuk membentuk satu meter gelombang dibutuhkan waktu 50 detik

14. Sinar Matahari dapat sampai ke bumi meskipun di ruang angkasa merupakan ruang hampa. Hal ini disebabkan ....
- Matahari mempunyai energi yang sangat besar
  - cahaya Matahari merupakan gelombang elektromagnetik
  - cahaya Matahari merupakan gelombang mekanik
  - kecepatan gelombang cahaya Matahari sangat besar
15. Pada gelombang tali, satu gelombang didefinisikan sebagai ....
- dua puncak
  - dua lembah
  - dua puncak dan satu lembah
  - satu puncak dan satu lembah
16. Gelombang bunyi dapat merambat melalui zat-zat berikut, **kecuali** ....
- zat padat
  - zat gas
  - zat cair
  - ruang hampa
17. Mata merupakan salah satu alat optik karena ....
- memiliki saraf
  - memiliki lensa
  - memiliki otot
  - menggunakan kaca mata
18. Resonansi adalah ....
- bergetarnya suatu benda karena getaran benda lain yang sama frekuensinya
  - bergetarnya suatu benda karena getaran benda lain yang lebih besar frekuensinya
  - bergetarnya suatu benda karena getaran benda lain yang lebih kecil frekuensinya
  - bergetarnya suatu benda karena getaran benda lain yang sama amplitudonya
19. Perhatikan gambar berikut!
- 
- Daerah yang disebut sudut pantul adalah ....
- a
  - b
  - c
  - d
20. Wira berteriak di depan tebing yang jaraknya dari tempat dia berdiri 80 m. Jika bunyi pantulan terdengar 0,5 sekon setelah bunyi aslinya, maka kecepatan bunyi di udara pada saat itu adalah ....
- 320 m/s
  - 300 m/s
  - 160 m/s
  - 40 m/s

### B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

- Wira mendorong meja ke arah barat dengan gaya sebesar 25 N. Secara bersamaan Ira juga mendorong meja tersebut ke arah timur dengan gaya 17 N. Tentukan besar dan arah resultant gaya yang diterima meja tersebut!
- Kotak seberat 10.000 N akan dipindahkan ke dalam bak mobil menggunakan sebuah bidang miring sepanjang 5 m. Jika tinggi bak mobil dari tanah 1 m, berapa usaha yang diperlukan?
- Jelaskan perubahan energi yang terjadi pada lampu senter yang menyala!
- Diketahui percepatan gravitasi bumi  $10 \text{ m/s}^2$ . Sebuah benda jatuh dari ketinggian 15 m. Berapakah kecepatan jatuh benda tersebut saat berada pada ketinggian 7 m?
- Sebutkan contoh peralatan sehari-hari yang menggunakan prinsip Hukum Pascal! Jelaskan pula penggunaannya!
- Apakah perbedaan mengapung dan melayang di dalam air? Jelaskan syarat-syarat agar suatu benda mengapung atau melayang di dalam air!
- Dalam waktu 2 sekon terbentuk sebuah gelombang transversal yang terdiri dari tiga puncak gelombang dan dua lembah. Tentukan periode dan frekuensi gelombang tersebut!
- Jelaskan upaya yang harus dilakukan untuk mengurangi atau meredam gaung di dalam gedung bioskop maupun aula!
- Benda tinggi 10 cm diletakkan di depan cermin cekung yang titik fokusnya 15 cm. Jika jarak benda dari cermin 20 cm, tentukan jarak bayangan dari cermin dan perbesaran bayangan!
- Lukiskan jalannya sinar pada pembentukan bayangan oleh mikroskop yang diamati dengan mata berakomodasi maksimum!

# Glosarium

|                |  |
|----------------|--|
| aerosol        | : suatu padatan yang berada dalam gas  |
| air sadah      | : air yang mengandung salah satu dari garam-garam Mg dan Ca dari bikarbonat, sulfat, dan halogenida  |
| akromegali     | : penyakit yang ditimbulkan akibat kelebihan hormon pertumbuhan (GH) ketika telah dewasa, akibatnya ujung-ujung anggota tubuh membesar seperti hidung, dagu, dahi, tangan, telinga, dan sebagainya |
| alkali         | : kelompok unsur untuk golongan IA kecuali hidrogen (H) pada Tabel Periodik Unsur, karena sifatnya yang dapat membentuk senyawa basa   |
| amilase        | : enzim yang berfungsi mengubah karbohidrat menjadi gula   |
| amplitudo      | : simpangan terjauh pada suatu getaran   |
| analgesik      | : obat untuk menghilangkan rasa nyeri  |
| anion          | : ion negatif  |
| antioksidan    | : sejenis zat aditif yang ditambahkan pada zat lain (misal minyak) untuk mencegah terjadinya oksidasi oleh udara yang menyebabkan minyak menjadi tengik atau menjadi rusak                         |
| antipiretik    | : obat untuk menurunkan suhu badan atau demam  |
| apendiks       | : bagian yang terdapat pada usus buntu atau pangkal usus besar yang berupa untaian seperti cacing  |
| atom           | : bagian terkecil dari suatu zat yang tidak dapat diuraikan menjadi partikel yang lebih kecil lagi dengan reaksi kimia biasa   |
| audiosonik     | : bunyi yang mempunyai frekuensi antara 20 Hz – 20.000 Hz  |
| auksin         | : hormon pada tumbuhan yang berperan dalam pembentukan bunga dan buah serta pembelahan sel   |
| autotrof       | : sifat dapat membuat sendiri makanan dengan menggunakan karbon dioksida, air, dan sinar matahari sebagai sumber energi  |
| barograf       | : barometer yang dapat merekam sendiri   |
| barometer      | : alat untuk mengukur tekanan udara  |
| blastula       | : tahapan perkembangan embrio di mana pada tahap ini sel-sel mengalami pembentukan jaringan embrional  |
| blastulasi     | : proses perkembangan morula menjadi blastula  |
| bronkiolus     | : percabangan dari bronkus   |
| CFC            | : klorofluorokarbon, zat kimia yang digunakan sebagai zat pendorong pada aerosol, sebagai pendingin pada lemari pendingin dan di pabrik polistirena  |
| daya           | : perubahan energi setiap satu sekon   |
| daya akomodasi | : kemampuan lensa mata untuk mencembung dan memipih  |
| DDT            | : <i>Dichloro Diphenyl Trichloroethane</i> adalah insektisida yang pertama kali digunakan secara luas dalam penanggulangan berbagai penyakit yang ditularkan oleh serangga                         |
| dekongestan    | : obat untuk melegakan saluran hidung  |
| detergen       | : zat yang berfungsi sebagai zat pencuci dengan cara kerja seperti sabun, tidak dipengaruhi oleh air sadah   |

|                           |  |
|---------------------------|--|
| dinamometer               | : alat untuk mengukur gaya   |
| distilasi                 | : pemisahan komponen campuran berdasarkan perbedaan titik didihnya   |
| divergen                  | : memancarkan ke segala arah   |
| dopping                   | : pemakaian obat dalam pertandingan olahraga dan sebagainya dengan tujuan meningkatkan stamina (yang tidak diizinkan oleh panitia)                                     |
| ektoderm                  | : lapisan paling luar dari sel   |
| elektron                  | : partikel subatom yang bermuatan negatif  |
| email                     | : lapisan yang melindungi mahkota gigi   |
| energi kinetik            | : energi yang dimiliki sebuah benda karena kelajuannya   |
| energi potensial          | : energi yang disebabkan oleh posisi benda   |
| enzim                     | : zat organik kompleks yang terbentuk dalam makhluk hidup untuk meningkatkan laju reaksi pada suatu proses kimia alamiah   |
| estrogen                  | : hormon yang dihasilkan ovarium yang meningkatkan tanda-tanda kelamin sekunder dan pembelahan sel-sel lapisan endometrium   |
| faring                    | : pangkal kerongkongan, persimpangan jalan makanan, dan napas  |
| fermentasi                | : suatu perubahan kimia yang disebabkan oleh organisme atau enzim terutama bakteri atau mikroorganisme yang terdapat dalam tumbuhan bersel satu seperti ragi dan jamur |
| film                      | : pelat atau lembaran seluloid yang diberi lapisan emulsi yang peka terhadap cahaya  |
| fitohormon                | : hormon tumbuhan  |
| frekuensi                 | : banyaknya gelombang atau banyaknya getaran pada suatu peristiwa periodik (peristiwa yang berulang secara teratur) setiap detik                                       |
| fusi                      | : penggabungan dua inti atom ringan menjadi sebuah inti atom berat   |
| garputala                 | : alat untuk menimbulkan nada yang murni (getarannya getaran harmonis)   |
| gastrulasi                | : proses terbentuknya gastrula   |
| gaung                     | : gelombang bunyi yang telah dipantulkan balik dan terdengar dengan selang waktu antara bunyi asli dan pantulannya sangat kecil  |
| gaya                      | : sesuatu yang dapat mengubah gerak suatu benda; bisa juga dikatakan sebagai tarikan atau dorongan   |
| gelombang                 | : suatu gangguan (usikan) yang merambat melalui suatu arah, permukaan, atau melalui ruang, sedangkan besarnya gangguan itu berubah secara periodik                     |
| gelombang elektromagnetik | : gelombang yang tidak memerlukan medium untuk merambat  |
| gelombang longitudinal    | : gelombang yang arah perambatannya searah dengan arah getarannya  |
| gelombang transversal     | : gelombang yang arah perambatannya tegak lurus terhadap arah getarannya   |
| gema                      | : gelombang bunyi yang telah dipantulkan balik oleh permukaan dan terdengar setelah bunyi asli   |
| geotropisme               | : gerak tropisme yang dipengaruhi oleh rangsang gaya gravitasi bumi  |
| giberelin                 | : hormon perangsang tumbuhnya buah, biji, dan bunga  |
| gigantisme                | : pertumbuhan yang sangat cepat (pertumbuhan raksasa) karena kelebihan hormon pertumbuhan dalam masa pertumbuhan   |
| gir                       | : kombinasi dari roda bergerigi untuk meneruskan gerak antara batang-batang yang berputar  |

|              |  |
|--------------|--|
| gravitasi    | : gaya tarik menarik antara semua massa di dalam alam semesta  |
| halusinagen  | : zat-zat yang dapat mengubah persepsi, pikiran, dan perasaan seseorang serta menimbulkan halusinasi (khayalan)  |
| hertz        | : satuan frekuensi   |
| hidrofilik   | : bersifat menyukai pelarut air  |
| hidrofobik   | : bersifat tidak menyukai pelarut air  |
| hipermetropi | : rabun dekat, cacat mata yang tidak mampu melihat benda-benda yang dekat letaknya, bayangan benda jatuh di belakang retina  |
| hormon       | : zat kimia yang dikeluarkan oleh suatu kelenjar tubuh yang tidak memiliki saluran   |
| imago        | : bentuk dewasa suatu makhluk dewasa   |
| infrasonik   | : bunyi yang mempunyai frekuensi di bawah 20 Hz  |
| inspirasi    | : proses memasukkan udara pernapasan ke dalam paru-paru  |
| ion          | : atom yang bermuatan  |
| iradiasi     | : perlakuan pada makanan, seperti buah dengan menggunakan berkas sinar gamma agar tetap segar  |
| isotop       | : unsur sejenis dengan jumlah proton sama tetapi jumlah neutronnya berbeda   |
| kambium      | : bagian yang membatasi antara xilem dan floem, pembelahan kambium ke arah dalam membentuk xilem dan ke arah luar membentuk floem, sehingga tumbuhan dapat tumbuh membesar (melebar) |
| kapiler      | : pembuluh darah halus yang tebalnya hanya selapis sel yang berfungsi sebagai tempat pertukaran zat antara darah dengan sel-sel jaringan tubuh                                       |
| kation       | : ion positif  |
| katrol       | : roda yang dapat berputar pada suatu sumbu, pinggirnya beralur untuk tempat menyangkutkan tali  |
| kelenjar     | : jaringan khusus dalam tubuh berfungsi sebagai pembentuk zat atau cairan tertentu   |
| kemotaksis   | : gerak taksis yang dipengaruhi rangsangan berupa bahan kimia  |
| kemotropisme | : gerak yang dipengaruhi oleh rangsangan bahan kimiawi   |
| kompos       | : pupuk yang dibuat dari campuran daun-daun yang membusuk dan kotoran hewan  |
| konvergen    | : bersifat memusatkan, mengumpulkan  |
| kretinisme   | : pertumbuhan yang lambat (kerdil) karena kekurangan hormon pertumbuhan (GH) di masa pertumbuhan   |
| kuasa        | : gaya yang diperlukan untuk mengangkat beban  |
| kuratif      | : usaha atau upaya penyembuhan   |
| lateks       | : getah karet  |
| leukosit     | : sel-sel darah putih, fungsinya untuk membunuh bibit penyakit atau menghancurkan badan asing yang masuk ke dalam tubuh  |
| manometer    | : alat untuk mengukur tekanan udara dalam ruang tertutup   |
| medium       | : zat antara, contohnya adalah udara sebagai medium bunyi merambat   |
| menopause    | : masa berhentinya menstruasi  |
| meristematis | : sel-sel yang dapat mengadakan pembelahan secara terus menerus membentuk sel-sel yang baru  |

|               |   |
|---------------|---|
| metagenesis   | : pergiliran keturunan antara generasi gametofit dengan generasi sporofit   |
| metamorfosis  | : perubahan bentuk dari satu fase ke fase lain dalam suatu daur hidup organisme   |
| meteorologi   | : ilmu pengetahuan yang mempelajari ciri-ciri fisika dan kimia atmosfer untuk meramalkan keadaan cuaca  |
| miopi         | : rabun jauh, cacat mata yang tidak mampu melihat benda-benda yang letaknya jauh, bayangan benda jatuh di depan retina  |
| molekul       | : bagian terkecil dan tidak terpecah dari suatu senyawa kimia murni yang masih mempertahankan sifat kimia dan sifat fisikannya  |
| nasti         | : gerak sebagian tubuh tumbuhan akibat rangsangan dari luar yang arah geraknya tidak dipengaruhi oleh arah datangnya rangsang   |
| neraca pegas  | : sama dengan dinamometer, sebagai pengukur gaya gravitasi  |
| neutron       | : partikel subatom yang tidak bermuatan   |
| niktinasti    | : gerak tidur daun tanaman leguminosae  |
| nomor atom    | : banyaknya proton dalam inti atom  |
| nomor massa   | : jumlah dari proton dan neutron  |
| nonpolar      | : suatu molekul yang tidak mempunyai perbedaan muatan pada ujungnya   |
| otot sinergis | : otot yang bekerja sama atau saling membantu untuk menghasilkan gerakan  |
| over dosis    | : konsumsi narkoba yang melebihi kemampuan tubuh untuk menerimanya  |
| partikel      | : bagian paling kecil dari suatu materi   |
| pembiasan     | : pembelokan arah cahaya pada bidang batas antara dua zat yang tembus cahaya  |
| pengemulsi    | : suatu zat yang ditambahkan agar suatu campuran dari dua atau lebih zat cair dapat bercampur dengan merata dan tidak terpisah antara satu dengan yang lain, contoh adanya protein (kasein) sebagai pengemulsi dalam susu |
| penumbra      | : daerah yang terletak "di belakang" benda yang dilalui oleh sebagian saja dari cahaya, karena ukuran sumber cahaya itu besar   |
| periode       | : waktu yang diperlukan oleh suatu benda bergerak periodik untuk menyelesaikan satu getaran atau satu gerak periodik  |
| peristaltik   | : gerakan meremas-remas pada sistem pencernaan  |
| presbiopi     | : cacat mata akibat berkurangnya daya akomodasi mata karena usia lanjut.  |
| preventif     | : usaha pencegahan  |
| proton        | : partikel subatom yang bermuatan positif   |
| polar         | : memiliki suatu dipol (dua kutub muatan)   |
| polip         | : (1) sejenis tumor atau pembengkakan di rongga hidung<br>(2) bentuk hewan Coelenterata yang menempel di dasar perairan   |
| pupa          | : fase antara larva dan imago serangga yang bermetamorfosis   |
| putik         | : alat kelamin betina pada tumbuhan biji  |
| rehabilitatif | : usaha pemulihan pada keadaan sebelumnya   |
| resonansi     | : peristiwa ikut bergetarnya sebuah benda karena benda lain yang sama frekuensinya dalam daerah rambatan gelombang  |
| sabun         | : suatu garam Na atau K dari asam karboksilat panjang sebagai hasil hidrolisis terhadap minyak atau lemak oleh basa (NaOH atau KOH)   |

|                  |   |
|------------------|---|
| senyawa ionik    | : senyawa yang terbentuk dari ion positif dan ion negatif   |
| sonar            | : singkatan dari <i>sound navigation and ranging</i> , merupakan alat untuk mendeteksi adanya benda di bawah air (misalnya ikan)  |
| taksis           | : gerak seluruh tubuh tumbuhan yang arah geraknya dipengaruhi oleh sumber rangsangan  |
| tendon           | : bagian ujung otot lurik yang melekat pada tulang dan dapat menarik tulang untuk bergerak  |
| trakea           | (1) batang tenggorokan<br>(2) bagian dari pembuluh kayu yang bentuknya memanjang dengan ujung yang meruncing  |
| trakeid          | : bagian dari pembuluh kayu, terdiri dari sel-sel yang sempit dan penebalan dinding selnya lebih tebal sehingga tidak merupakan pembuluh yang sempurna karena letaknya terpisah-pisah                                     |
| tuas             | : salah satu jenis pesawat yang biasanya berbentuk batang yang dapat berputar pada suatu sumbu (titik tumpu), biasanya digunakan untuk mengadakan gaya yang besar dengan menggunakan gaya yang kecil                      |
| ultrasonik       | : bunyi yang mempunyai frekuensi di atas 20.000 Hz  |
| umbra            | : daerah yang terletak "di belakang" benda, yang sama sekali tidak dikenai cahaya karena jalan cahaya dihalangi oleh benda itu  |
| vektor           | : suatu besaran yang mempunyai besar dan arah   |
| ventrikel        | : rongga jantung sebelah bawah, memiliki dinding yang lebih tebal berfungsi untuk memompa darah keluar dari jantung, yaitu rongga kanan mengalirkan darah ke paru-paru dan rongga kiri mengalirkan darah ke seluruh tubuh |
| wasir            | : merupakan suatu penyakit karena terjarinya pelebaran pembuluh darah balik di sekitar anus, disebut juga hemoroid  |
| watt             | : satuan untuk daya (= Joule/sekon)   |
| xilem            | : pembuluh-pembuluh yang terdapat pada bagian kayu tumbuhan, yang berfungsi mengalirkan air dan garam-garam tanah ke daun   |
| zat aditif       | : bahan kimia yang dicampurkan ke dalam makanan yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas makanan, menambahkan kelezatan, dan mengawetkan makanan  |
| zat adiktif      | : bahan-bahan alamiah, semi sintetis maupun sintetis yang dapat menimbulkan ketagihan dan ketergantungan bagi pemakainya  |
| zat psikotropika | : zat atau obat baik alamiah maupun sintetis bukan narkotika yang berkhasiat psikoaktif melalui pengaruh selektif pada susunan saraf pusat yang menyebabkan perubahan pada aktivitas, mental, dan perilaku                |
| zat radioaktif   | : zat yang memancarkan sinar radioaktif   |

# Kunci Jawaban

## Bab I

### Pilihan ganda

- 1. d
- 3. c
- 5. a
- 7. a
- 9. b
- 11. d
- 13. d
- 15. a

## Bab V

### Pilihan ganda

- 1. a
- 3. c
- 5. d
- 7. a
- 9. c
- 11. a
- 13. d
- 15. d

## Bab VIII

### Pilihan ganda

- 1. a
- 3. c
- 5. a
- 7. c
- 9. b
- 11. a
- 13. b
- 15. b

## Bab II

### Pilihan ganda

- 1. c
- 3. b
- 5. a
- 7. a
- 9. a
- 11. d
- 13. a
- 15. d

## Latihan Semester I

### Pilihan ganda

- 1. c
- 3. b
- 5. b
- 7. a
- 9. b
- 11. a
- 13. d
- 15. d
- 17. a
- 19. d

## Bab IX

### Pilihan ganda

- 1. b
- 3. b
- 5. a
- 7. d
- 9. b
- 11. a
- 13. a
- 15. d

## Bab III

### Pilihan ganda

- 1. d
- 3. c
- 5. c
- 7. a
- 9. a
- 11. a
- 13. c
- 15. b

## Bab VI

### Pilihan ganda

- 1. a
- 3. b
- 5. b
- 7. c
- 9. c
- 11. b
- 13. c
- 15. c

## Bab X

### Pilihan ganda

- 1. a
- 3. d
- 5. a
- 7. c
- 9. a
- 11. d
- 13. d
- 15. d

## Bab IV

### Pilihan ganda

- 1. a
- 3. a
- 5. d
- 7. a
- 9. a
- 11. a
- 13. b
- 15. a

## Bab VII

### Pilihan ganda

- 1. a
- 3. b
- 5. c
- 7. b
- 9. c
- 11. c
- 13. b
- 15. b
- 17. b
- 19. c

## Latihan Semester II

### Pilihan ganda

- 1. b
- 3. d
- 5. b
- 7. d
- 9. b
- 11. b
- 13. b
- 15. d
- 17. b
- 19. c

# **Daftar Pustaka**

daftar pustaka

- Abercrombie, dkk. 1993. *Kamus Biologi Lengkap*. Jakarta: Erlangga.
- Adyana, K.K. 1995. *Dasar-Dasar Anatomi dan Fisiologi Tubuh Manusia (Edisi 2)*. Bandung: Jurusan Pendidikan Biologi FPMIPA UPI.
- Burnie, D. 2001. *82 Percobaan Alam*. Semarang: Mandira Jaya Abadi.
- Campbell, N.A. Reece, J.B. dan Mitchel, L.G. 1999. *Biologi Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Carlos, J.I. Kelley R.O. dan Carniero J. 1998. *Histologi Dasar*. Jakarta: EGC.
- Cartono, 2005. *Biologi Umum untuk Perguruan Tinggi LPTK*. Bandung: Prisma Press.
- Encyclopedi Britannica*, 2006
- Ensiklopedia Iptek*. 2004. PT. Lentera Abadi.
- Ensiklopedia Mini Sains*. 2001. Jakarta: Erlangga.
- Ensiklopedia Umum untuk Pelajar*. 2005. Jakarta: PT. Ichtiar Baru von Hoeve.
- Giancoli, Douglas C. 2000. *Physics for Scientist & Engineers with Modern Physics*. Third Edition. New Jersey: Prentice Hall.
- Gibson, John. 1995. *Anatomi dan Fisiologi Modern untuk Perawat*. Edisi 2. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Growing Up With Science*. 1987. H.S. Stuttman, Inc.
- Hadiat, dkk. *Kamus Sains*. 2004. Jakarta: Balai Pustaka.
- Halliday, David, dkk. 2001. *Fundamentals of Physics*. Sixth Edition. New York: John Wiley & Sons.
- Hewitt, S. 2004. *Proyek Sains yang Menarik*. London: Aladdin Books Ltd.
- <http://bima.ipb.ac.id> diakses bulan Juli 2008
- <http://en.wikipedia.org> diakses bulan Februari – Juli 2008
- <http://id.wikipedia.org> diakses bulan Februari – Juli 2008
- <http://iel.ipb.ac.id> diakses bulan Februari – Juli 2008
- <http://vcbio.science.ru> diakses bulan Juli 2008
- <http://www.bappehti.go.id> diakses bulan Oktober 2007
- <http://www.cbn.net.id> diakses bulan Juli 2007
- <http://www.e-smartschool.com> diakses bulan Februari – Juni 2008
- <http://www.elektroindonesia.com> diakses bulan Maret 2008
- <http://www.f1indonesia.com> diakses bulan September 2007
- <http://www.fisikanet.lipi.go.id> diakses bulan Juli 2007
- <http://www.humanmedicine.net> diakses bulan Oktober 2007
- <http://www.gizi.net> diakses bulan Oktober 2007
- <http://www.myquran.com> diakses bulan Februari 2007
- <http://www.pm2.usm.my> diakses bulan September 2007

- <http://www.phschool.com> diakses bulan Juli 2008
- <http://www.republika.co.id> diakses bulan Februari – Juni 2008
- Ilmu Pengetahuan Populer*. 2005. Jakarta: Grolier International, Inc.
- Jendela Iptek*. 2000. Jakarta: Balai Pustaka.
- Johnson, Keith. 2001. *Physics for You*. United Kingdom: Nelson Thornes. Ltd.
- Kamus Biologi Bergambar*. 2004. Jakarta: Erlangga.
- Kamus Fisika Bergambar*. 2004. Jakarta: Erlangga.
- Kamus Kimia Bergambar*. 2004. Jakarta: Erlangga.
- Keenan, Kleinfur, Wood. 1989. *Kimia untuk Universitas*. Jakarta: Erlangga.
- Kimball, John W. 1998. *Biologi*. Jakarta: Erlangga.
- Kompas*, 9 November 2005, 24 Oktober 2005, 7 desember 2006, 20 Desember 2006
- Kurnadi, K.A. 1995. *Dasar-Dasar Anatomi dan Fisiologi Tubuh Manusia*. Bandung: Jurusan Pendidikan Biologi IKIP Bandung.
- McMurtry, John & Robert C. McMurtry. 2001. *Chemistry*. New Jersey: Prentice Hall International.
- Microsoft Student*. 2006.
- Mulyono HAM. 2005. *Kamus Kimia*. Jakarta: Bumi Aksara
- Oxford Ensiklopedi Pelajar*. 1995. Jakarta: Grolier-Widyadara.
- Pearce, E.C. 1982. *Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis*. Jakarta: Gramedia.
- Pfeil, Wolfgang. 1999. *Tabel Referensi*. Jakarta: Erlangga
- Physics Today*. 1995. World Book, Inc.
- Santosa, S.W. dan Soerodikusumo, W. 1996. *Anatomi Tumbuhan*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Suroso, AY. Anna Permanasari. Kardiawarman. *Ensiklopedi Sains dan Kehidupan*. Jakarta: Tarity Samudra Berlian.
- The Human Body Atlas*. 2004. New South Wales: Grange Books and Global Book Publishing Pty Ltd.
- The World Book Encyclopedia*. 1995. Chicago: World Book.
- Winatasasmita, D. 1999. *Struktur Hewan*. Bandung: Jurusan Pendidikan Biologi FPMIPA IKIP Bandung.
- Winatasasmita, D. 2001. *Biologi Sel*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Yohanes Surya. 2004. *Persiapan Menghadapi Olimpiade Fisika Tingkat SMP*. PT Bina Sumber Daya MIPA.
- Young Scientist*. 1994. London: World Book. Inc.

# Indeks

## A

abrasif 101  
aglutinin 51  
aglutinogen 51  
air ludah 34  
air sadah 100, 101  
akar 63  
alkali 89  
alveolus 43  
ambeian 54  
amplitudo 208  
analgesik 113, 129  
anemia 54  
anion 86  
antipiretik 113  
anus 36  
aorta 47  
ependiks 36  
apendisitis 41  
Aristoteles 77  
Arnold Sommerfield 79  
arteri 47  
artikulasi 30  
ASI 34  
asma 45  
atom 37  
atrium 47  
atrofi otot 33  
audiosonik 223  
auksin 7  
ayunan sederhana 208

## B

balita 18  
barometer 200  
barograf 201  
batang 57  
batu empedu 41  
bejana berhubungan 190  
benang sari 60  
besaran gaya 139  
besaran vektor 172  
bidang miring 153  
biji 60  
Blaise Pascal 188  
blastula 10  
bronkiolus 43  
bronkitis 45  
bronkus 42  
buah 60  
bunga 59

## C

cepat rambat 215  
chlorofluoro-carbon 105  
colorimeter 95

## D

darah 48  
daun 64

## E

daya 173  
dekongestan 113  
Democritus 77, 93  
dentin 34  
depresan 124, 129  
desah 224  
desinfektan 104, 129  
detergen 89, 98, 100, 101, 104, 105  
diabetes melitus 54  
diafragma 43  
diapedesis 49  
diare 41  
diastol 47  
diferensiasi 11  
dikotil 58, 64  
distilasi 94  
donor 51  
dorman 60  
duodenum 35

## F

Edwin Schrodinger 79  
ekspirasi 43  
ekstrinsik 95  
elektron 78, 79, 80, 86, 93  
email 34  
embrio 13  
Empedocles 77, 93  
empedu 35  
empulur 62  
endoskeleton 27  
energi 165  
energi kinetik 168, 169  
energi mekanik 168  
energi potensial 168  
enzim 106  
epidermis 61  
eritrosit 49  
esofagus 34  
etiolasi 64

## G

fagositosis 49  
faring 36  
fibrinogen 49  
floem 62  
fotolisis 63  
fotosintesis 65  
frekuensi 208, 215  
fusi 167

## gelombang

bunyi 211  
elektromagnetik 212  
longitudinal 212, 213  
mekanik 211  
transversal 212  
gema 229, 230  
gen 6  
George C de Havessy 109  
gerak endonom 70  
gerak esionom 70  
gerak higroskopis 73  
gerak tumbuhan 70  
getah bening 53  
getaran 207  
giberelin 7  
gigantisme 7  
gigi 34  
gizi 37  
gliserin 100  
gliserol 89  
golongan darah 51

## H

hama 74  
Hans Friedrich Geitel 86  
havers 28  
hemoglobin 48  
Henri Danlos 109  
hidrofilik 100  
hidrofobik 100  
hidrokarbon 89  
hidrolit 188, 190  
hidrometer 198  
hidung 42  
hipertensi 54  
hipoklorit 102, 103  
hipotensi 54  
hormon 6  
hukum Archimedes 193  
hukum Newton 144, 145, 146  
hukum kekekalan energi 170  
hukum Marsenne 225  
hukum Pascal 187

## I

ileum 36  
imago 16  
influenza 45  
infrasonik 223  
inspirasi 43  
inti radioaktif 166  
intrinsik 95  
ionisasi 86  
isotop 80

## J

J.J. Thomson 78  
jakun 42  
jantung 46

jejunum 36  
jembatan ponton 198  
John Dalton 78  
Julius Elster 86

## K

kaliptra 63  
kamper 103  
kapasitas paru-paru 44  
kapiler 47  
karbohidrat 37  
karbol 101  
karies 40  
karsinogenik 115, 121  
kartilago 28  
kation 86  
katrol 151, 155  
kelopak 60  
kepompong 16  
kerongkongan 34  
kesetimbangan 143  
kifosis 33  
klorofil 63  
kolenkim 62  
konfigurasi elektron 81  
kontraksi otot 32  
kretinisme 8  
kuratif 128  
kulit 64

## L

lambung 35  
laring 42  
larva 16  
lemak 38  
lentisel 64  
leukemia 49  
leukosit 49  
lidah 33  
limfa 53  
limfosit 44  
limpa 47  
lordosis 33

## M

mahkota bunga 60  
manometer 200  
massa 149  
melayang 195  
mengapung 195  
meristem 55  
meristem 61  
merokok 44  
mesofil 65  
metagenesis 17  
metamorfosis 15  
meteorogi 201  
monokotil 64  
mortar 108  
morula 13  
mulut 33

## N

nada 224  
narkotika 122, 123, 127, 129  
nasti 72  
neutron 79, 93

Niels Bohr 79  
nimfa 17  
nomor atom 80, 93  
nomor massa 86, 93  
nonpolar 100

## O

organ 56  
organogenesis 13  
osifikasi 28  
osteoblas 28  
osteoklas 28  
osteoporosis 32  
otot 31  
over dosis 127  
ozon 104, 105, 106

## P

palisade 65  
panjang gelombang 215  
pankreas 35  
parenkim 62  
paru-paru 43  
patah tulang 33  
Paul Mueller 107  
pemanjulan gelombang 216  
pembekuan darah 50  
pencernaan 33  
penulangan 28  
penyakit tanaman 75  
pepsin 35  
peredaran darah 46  
periode 209, 215  
peristaltik 34  
pernapasan 42  
persendian 30  
pertenokarp 60  
pertumbuhan 5  
pesawat sederhana 153  
pestisida 75  
pita suara 42  
plasma darah 48  
pleura 43  
pnematofor 56  
polar 100  
polip 53  
preventif 128  
protein 37  
proton 79, 86, 81, 93  
psikotropika 87, 120, 121, 125, 127  
ptialin 34  
pubertas 18  
pupa 16  
putik 60

## R

Rachel Carson 107  
radioaktif 108, 109, 128  
radioisotop 109  
rangka 27  
rangka aksial 28  
rangka apendikular 29  
reaksi inti 166  
rehabilitatif 128  
rekutum 36  
remaja 18  
resipien 51

resonansi 226  
resultan 140, 142  
reumatik 33  
roda gigi 153  
Rutherford 79, 93

## S

salesma 45  
saponifikasi 83  
sekum 36  
sel darah 49  
sel surya 217  
senyawa ionik 87  
serum 49  
shade guide 95  
Sir Isaac Newton 140  
sistol 41  
sitokonin 7  
sklerenkim 62  
skoliosis 33  
somatotropin 7  
sonar 218  
stimulan 128  
stomata 65  
sumsum merah 27

## T

taksis 72  
tanah 9  
TBC 45  
tekanan 183  
tekanan air 187  
tekanan darah 47  
tekanan udara 199  
tendon 32  
tenggelam 196  
timbre 225  
tiroksin 6  
titik kesetimbangan 207  
tonsil 53  
trakea 42  
transfusi 51  
trombosit 49  
tropisme 71  
tuas 153, 155  
tudung akar 63  
tulang 27

## U

udara pernapasan 44  
ultrasonik 223  
ultrasonografi 223  
urat 32  
usaha 172  
usus besar 36  
usus halus 35

## V

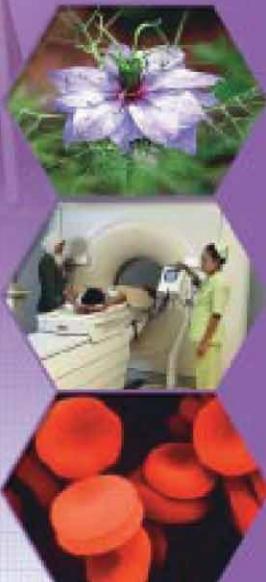
varises 54  
vena 47  
ventrikel 47  
vitamin 38

## W

wasir 54

## X

xilem 62



# Ilmu Pengetahuan Alam 2

Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) merupakan ilmu yang mempelajari tentang alam sekitar secara sistematis melalui penguasaan kumpulan pengetahuan yang berupa fakta-fakta, konsep-konsep atau prinsip-prinsip, dan hal-hal yang penting dengan suatu proses penemuan.

Bagaimana langkah kamu sebagai siswa untuk menguasai fakta, konsep, dan prinsip tersebut?

Buku ini akan membantumu mencapai hal tersebut. Selain itu, buku ini juga akan membantumu mempelajari dirimu sendiri dan alam sekitarmu.

Beberapa kompetensi pembelajaran yang berkaitan dengan Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) dapat kamu temukan, yaitu sebagai berikut.

- Prosedur ilmiah untuk mempelajari benda-benda alam dengan menggunakan peralatan.
- Klasifikasi zat.
- Wujud zat dan perubahannya.
- Berbagai sifat dalam perubahan fisika dan kimia.
- Gejala-gejala alam.
- Keanekaragaman makhluk hidup.
- Saling ketergantungan dalam ekosistem.
- Kepadatan penduduk dan permasalahannya.

Semua pembelajaran tersebut disajikan secara inkuiri ilmiah (*scientific inquiry*) yang memberikan pengalaman belajar secara langsung kepada kamu melalui penggunaan dan pengembangan keterampilan proses dan sikap ilmiah.

ISBN 979-462-968-5

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 34 Tahun 2008 tanggal 10 Juli 2008 tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk Digunakan dalam Proses Pembelajaran

HET (Harga Eceran Tertinggi) Rp. 17.321,-