



# Ilmu Pengetahuan Alam



SMP/MTs  
KELAS

**VIII**

Semester 2

Hak Cipta © 2014 pada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan  
Dilindungi Undang-Undang

Milik Negara  
Tidak Diperdagangkan

*Disklaimer: Buku ini merupakan buku siswa yang dipersiapkan Pemerintah dalam rangka implementasi Kurikulum 2013. Buku siswa ini disusun dan ditelaah oleh berbagai pihak di bawah koordinasi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, dan dipergunakan dalam tahap awal penerapan Kurikulum 2013. Buku ini merupakan “dokumen hidup” yang senantiasa diperbaiki, diperbaharui, dan dimutakhirkan sesuai dengan dinamika kebutuhan dan perubahan zaman. Masukan dari berbagai kalangan diharapkan dapat meningkatkan kualitas buku ini.*

#### Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Indonesia. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.  
Ilmu Pengetahuan Alam / Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.--  
Jakarta : Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2014.  
IV, 180. : ilus. ; 29,7 cm.

Untuk SMP/MTs Kelas VIII Semester 2  
ISBN 978-602-1530-62-7 (jilid lengkap)  
ISBN 978-602-1530-65-8 (jilid 2b)

1. Sains -- Studi dan Pengajaran  
II. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

I. Judul

507

Kontributor Naskah : Siti Zubaidah, Susriyati Mahanal, Lia Yuliati, dan Darsono Sigit.  
Penelaah : Ismunandar, I Nyoman Marsih, I Made Padri dan Ana Ratna Wulan.  
Penyelia Penerbitan : Pusat Kurikulum dan Perbukuan, Balitbang, Kemdikbud.

Cetakan Ke-1, 2014  
Disusun dengan huruf Arial, 11 pt

# Kata Pengantar

Kurikulum 2013 dirancang untuk memperkuat kompetensi siswa dari sisi pengetahuan, keterampilan, dan sikap secara utuh. Proses pencapaiannya melalui pembelajaran sejumlah mata pelajaran yang dirangkai sebagai suatu kesatuan yang saling mendukung pencapaian kompetensi tersebut. Bila pada jenjang SD/MI, semua mata pelajaran digabung menjadi satu dan disajikan dalam bentuk tema-tema, maka pada jenjang SMP/MTs pembelajaran sudah mulai dipisah-pisah menjadi mata pelajaran.

Sebagai transisi menuju ke pendidikan menengah, pemisahan ini masih belum dilakukan sepenuhnya bagi siswa SMP/MTs. Materi-materi dari bidang-bidang ilmu Fisika, Kimia, Biologi, serta Ilmu Bumi dan Antariksa masih perlu disajikan sebagai suatu kesatuan dalam mata pelajaran IPA (Ilmu Pengetahuan Alam). Hal ini dimaksudkan untuk memberikan wawasan yang utuh bagi siswa SMP/MTs tentang prinsip-prinsip dasar yang mengatur alam semesta beserta segenap isinya.

Buku IPA Kelas VIII SMP/MTs ini disusun dengan pemikiran di atas. Bidang ilmu Biologi dipakai sebagai landasan (platform) pembahasan bidang ilmu yang lain. Makhluk hidup digunakan sebagai objek untuk menjelaskan prinsip-prinsip dasar yang mengatur alam seperti objek alam dan interaksinya, energi dan keseimbangannya, dan lain-lain. Melalui pembahasan menggunakan bermacam bidang ilmu dalam rumpun ilmu pengetahuan alam, pemahaman utuh tentang alam yang dihuninya beserta benda-benda alam yang dijumpai di sekitarnya dapat dikuasai oleh peserta didik SMP/MTs.

Sebagai salah satu rumpun ilmu yang digunakan untuk mengukur kemajuan pendidikan suatu negara, pemahaman peserta didik suatu negara terhadap IPA dibandingkan secara rutin sebagaimana dilakukan melalui TIMSS (the Trends in International Mathematics and Science Study) dan PISA (Program for International Student Assessment). Melalui penilaian internasional seperti ini kita bisa mengetahui kualitas pembelajaran IPA dibandingkan dengan negara lain. Materi IPA pada Kurikulum 2013 ini telah disesuaikan dengan tuntutan penguasaan materi IPA menurut TIMSS dan PISA.

Sesuai dengan konsep Kurikulum 2013, buku ini disusun mengacu pada pembelajaran IPA secara terpadu dan utuh, sehingga setiap pengetahuan yang diajarkan, pembelajarannya harus dilanjutkan sampai membuat siswa terampil dalam menyajikan pengetahuan yang dikuasainya secara konkret dan abstrak, dan bersikap sebagai makhluk yang mensyukuri anugerah alam semesta yang dikaruniakan kepadanya melalui pemanfaatan yang bertanggungjawab.

Buku ini menjabarkan usaha minimal yang harus dilakukan siswa untuk mencapai kompetensi yang diharapkan. Sesuai dengan pendekatan yang digunakan dalam Kurikulum 2013, siswa diberanikan untuk mencari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Peran guru sangat penting untuk meningkatkan dan menyesuaikan daya serap siswa dengan ketersediaan kegiatan pada buku ini. Guru dapat memperkayanya dengan kreasi dalam bentuk kegiatan-kegiatan lain yang sesuai dan relevan yang bersumber dari lingkungan sosial dan alam.

Implementasi terbatas pada tahun ajaran 2013/2014 telah mendapat tanggapan yang sangat positif dan masukan yang sangat berharga. Pengalaman tersebut dipergunakan semaksimal mungkin dalam menyiapkan buku untuk implementasi menyeluruh pada tahun ajaran 2014/2015 dan seterusnya. Walaupun demikian, sebagai edisi pertama, buku ini sangat terbuka dan terus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan. Untuk itu, kami mengundang para pembaca memberikan kritik, saran dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan pada edisi berikutnya. Atas kontribusi tersebut, kami ucapkan terima kasih. Mudah-mudahan kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

Jakarta, Januari 2014  
Menteri Pendidikan dan Kebudayaan

Mohammad Nuh



# Daftar Isi

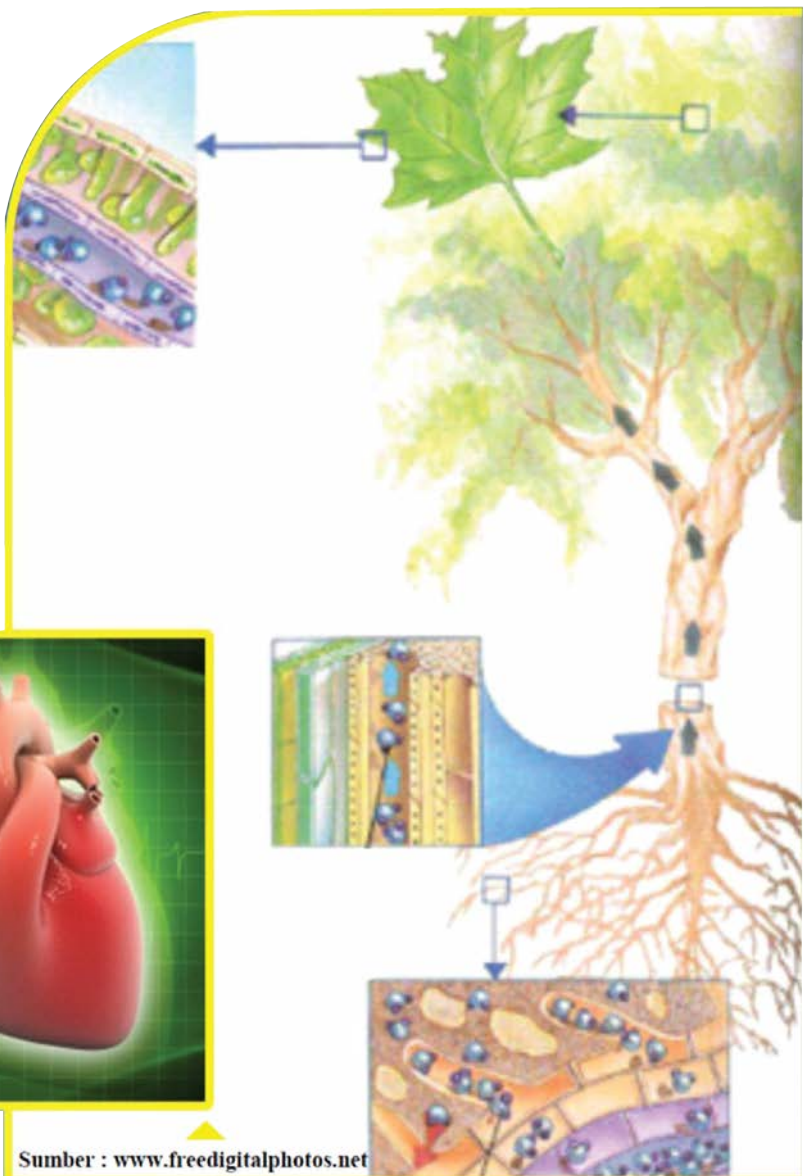
<b>BAB 7 Sistem Transportasi</b> .....	1
A. Sistem Transportasi pada Makhluk Hidup .....	2
B. Sistem Respirasi .....	18
C. Rangkuman .....	26
D. Peta Konsep .....	27
E. Uji Kompetensi .....	28
<b>BAB 8 Sistem Ekskresi</b> .....	33
A. Struktur dan Fungsi Sistem Ekskresi Pada Manusia .....	35
B. Gangguan Pada Sistem Ekskresi Manusia .....	42
C. Pola Hidup Sehat untuk Menjaga Sistem Ekskresi .....	46
D. Rangkuman .....	47
E. Peta Konsep .....	48
F. Uji Kompetensi .....	49
<b>BAB 9 Indera Pendengaran dan Sistem Sonar Pada Makhluk Hidup</b> .....	54
A. Indera Pendengaran Pada Manusia .....	57
B. Mekanisme Proses Mendengar Pada Manusia .....	74
C. Sistem Sonar dan Pemanfaatannya .....	74
D. Rangkuman .....	79
E. Peta Konsep .....	81
F. Uji Kompetensi .....	82
<b>BAB 10 Indera Penglihatan dan Alat Optik</b> .....	86
A. Pembentukan Bayangan .....	87
B. Pemanfaatan Alat Optik dalam kehidupan Sehari-hari .....	103
C. Alat Optik dalam Kehidupan Sehari-hari .....	112
D. Rangkuman .....	117
E. Peta Konsep .....	118
F. Uji Kompetensi .....	119
<b>BAB 11 Sistem Tata Surya dan Kehidupan di Bumi</b> .....	124
A. Struktur Bumi dan Bencana .....	125
B. Sistem Tata Surya .....	137
C. Rangkuman .....	155
D. Peta Konsep .....	157
E. Uji Kompetensi .....	158
<b>Glosarium</b> .....	160
<b>Indeks</b> .....	166
<b>Daftar Pustaka</b> .....	174

# Bab 7

## Sistem Transportasi dan Sistem Respirasi

Pernahkah kamu berpikir mengapa bunga potong yang diletakkan dalam pot berisi air masih tetap segar dalam waktu tertentu? Proses apakah yang terjadi sehingga bunga potong tersebut tidak layu? Mengapa pada waktu siang hari yang panas kita merasa sejuk bila berteduh di bawah pohon yang rindang?

Di antara kamu, pernahkah pada saat berlari merasakan denyut jantung lebih cepat dibandingkan pada saat kamu istirahat? Mengapa hal ini terjadi? Nah, untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas pelajasilah Bab 7 ini dengan penuh semangat.



Sumber : [www.freedigitalphotos.net](http://www.freedigitalphotos.net)

## A. Sistem Transportasi pada Makhluk Hidup

Di dalam tubuh makhluk hidup selalu terjadi sistem transportasi. Sistem transportasi ini terjadi melalui proses pengangkutan nutrisi, oksigen, karbondioksida, dan sisa metabolisme. Pada bagian ini kamu akan mempelajari proses transportasi yang terjadi pada tumbuhan dan manusia.

### 1. Sistem Transportasi pada Tumbuhan

#### a. Jaringan Transportasi pada Tumbuhan

Masih ingatkah kamu berkas pengangkut pada tumbuhan? Materi ini sudah dipelajari pada semester gasal dan dibahas di Bab 3. Berkas pengangkut terdiri atas xilem dan floem.

*Xilem* dan *floem* adalah jaringan seperti tabung yang berperan dalam sistem pengangkutan. *Air* dan *mineral* dari dalam tanah akan diserap oleh akar? Kemudian diangkut melalui *xilem* ke bagian batang dan daun tumbuhan. Zat makanan yang dibuat di daun akan diangkut melalui *floem* ke bagian lain tumbuhan yang memerlukan zat makanan.

*Xilem* dan *floem* adalah jaringan pengangkut yang salurannya terpisah. *Xilem* yang ada di akar bersambungan dengan *xilem* yang ada di batang dan di daun. *Floem* juga bersambungan ke semua bagian tubuh tumbuhan.

Masih ingatkah kamu dimana letak jaringan xilem dan floem pada setiap organ tumbuhan? Jika kamu lupa, coba kamu buka kembali materi pada Bab 3.

#### b. Mekanisme Transportasi pada Tumbuhan

Sebelumnya, kamu telah mempelajari jaringan tumbuhan yang berperan dalam proses pengangkutan. Pada bab ini, kita akan mempelajari proses pengangkutan air dan mineral dari tanah serta proses pengangkutan nutrisi hasil fotosintesis yang terjadi pada tumbuhan.

##### 1) Transportasi Air

Air adalah zat yang diperlukan oleh tumbuhan. Air adalah salah satu jenis zat yang termasuk ke dalam kelompok zat cair. Masih ingatkah kamu karakteristik zat cair yang telah kalian pelajari di kelas 7? Peristiwa masuk dan keluarnya air dari tumbuhan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Pada saat kondisi lingkungan lembap atau jumlah uap air di lingkungan tinggi, maka air akan masuk ke dalam tumbuhan.

Akan tetapi, apabila lingkungan di sekitar tumbuhan kering atau jumlah uap air di lingkungan rendah, uap air akan keluar dari tumbuhan melalui stomata yang terdapat di daun. Proses ini disebut **transpirasi**.



#### Ayo Kita Pelajari

##### A. Sistem Transportasi pada Makhluk Hidup

1. Sistem Transportasi pada Tumbuhan
2. Sistem Transportasi pada Manusia



#### Istilah Penting

Sistem transportasi      Darah  
Jaringan pengangkut      Jantung  
Air  
Sphygmomanometer



#### Mengapa Penting?

Agar kita mengetahui sistem transportasi yang terjadi pada manusia dan tumbuhan, kamu perlu mengetahui lebih dulu proses pengangkutan oksigen, nutrisi serta sisa metabolisme yang terjadi pada tubuh tumbuhan dan manusia.

#### Ayo Kita Diskusikan

Bagaimana tumbuhan yang tinggi dapat mengangkut air yang ada di dalam tanah menuju daun yang letaknya lebih dari 10 m dari akar?

Air yang ada di dalam tanah masuk ke dalam sel tumbuhan karena adanya perbedaan konsentrasi air. Konsentrasi adalah ukuran yang menunjukkan jumlah suatu zat dalam volume tertentu. Apabila terjadi perpindahan molekul zat terlarut dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah, maka proses perpindahan ini disebut **difusi**. Apabila terjadi perpindahan molekul zat pelarut dari konsentrasi rendah ke konsentrasi tinggi melalui membran semipermeabel, maka proses perpindahan ini disebut **osmosis**.

Membran semipermeabel adalah membran yang hanya dapat dilalui oleh zat tertentu, tetapi tidak dapat dilalui oleh zat lainnya. Contoh zat yang dapat melalui membran semipermeabel adalah air. Membran ini berfungsi sebagai pengatur lalu lintas (keluar dan masuknya) zat-zat dari dalam dan luar sel. Contoh membran semipermeabel adalah membran sel.

Zat pelarut adalah zat yang melarutkan zat lain. Pada materi ini, yang berperan sebagai zat pelarut adalah air. Adapun zat terlarut adalah zat yang larut dalam zat lain. Pada proses ini, yang berperan sebagai zat terlarut adalah mineral tanah dan zat gula hasil fotosintesis.

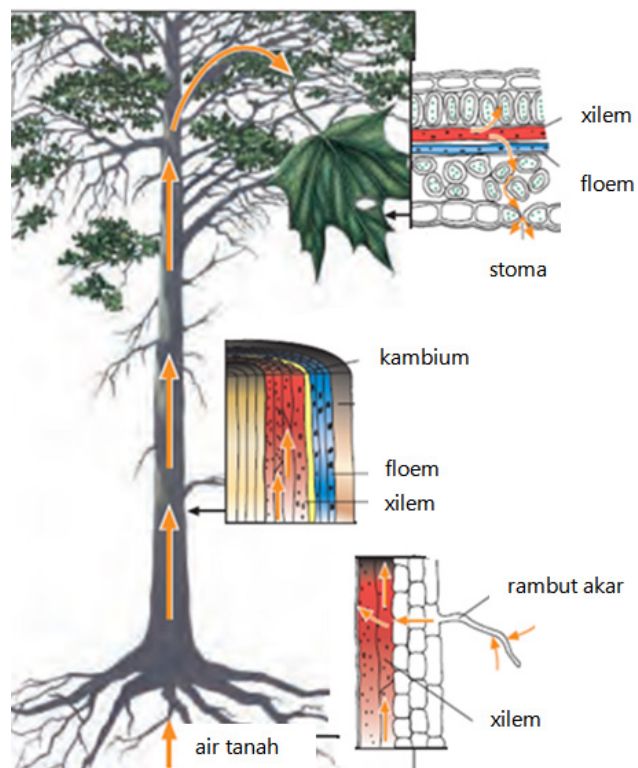
Masih ingatkah kamu susunan jaringan pada akar mulai dari jaringan terluar hingga terdalam? Jaringan-jaringan itulah yang akan dilalui oleh air ketika masuk ke dalam tumbuhan. Berikut ini jaringan yang dilalui oleh air ketika masuk ke akar.

Epidermis → Korteks → Endodermis → Perisikel → Xilem

Pertama-tama, air diserap oleh rambut-rambut akar. Kemudian, air masuk ke sel *epidermis* melalui proses secara *osmosis*. Selanjutnya, air akan melalui korteks. Dari korteks, air kemudian melalui endodermis dan perisikel. Selanjutnya, air masuk ke jaringan *xilem* yang berada di akar. Setelah tiba di *xilem* akar, air akan bergerak ke *xilem* batang dan ke *xilem* daun. Agar lebih mudah memahami penjelasan ini, perhatikanlah Gambar 7.1.

Tumbuhan tidak mempunyai mekanisme pemompaan cairan seperti pada jantung manusia. Lalu, bagaimanakah air dapat naik dari akar ke bagian tumbuhan lain yang lebih tinggi?

Berdasarkan hasil penelitian para ilmuwan, air dapat diangkut naik dari akar ke bagian tumbuhan lain yang lebih tinggi dan diedarkan ke seluruh tubuh tumbuhan karena adanya **daya kapilaritas batang**. Sifat ini seperti yang terdapat pada pipa kapiler.



Sumber: Parravano, dkk. 2006

**Gambar 7.1** Pergerakan Air dan Nutrisi pada Tanaman

Pipa kapiler memiliki bentuk yang hampir menyerupai sedotan akan tetapi diameternya sangat kecil. Apabila salah satu ujung pipa kapiler, dimasukkan ke dalam air, maka air yang berada pada pipa tersebut akan lebih tinggi daripada air yang berada di sekitar pipa kapiler. Begitu pula pada batang tanaman, air yang berada pada batang tanaman akan lebih tinggi apabila dibandingkan dengan air yang berada pada tanah.

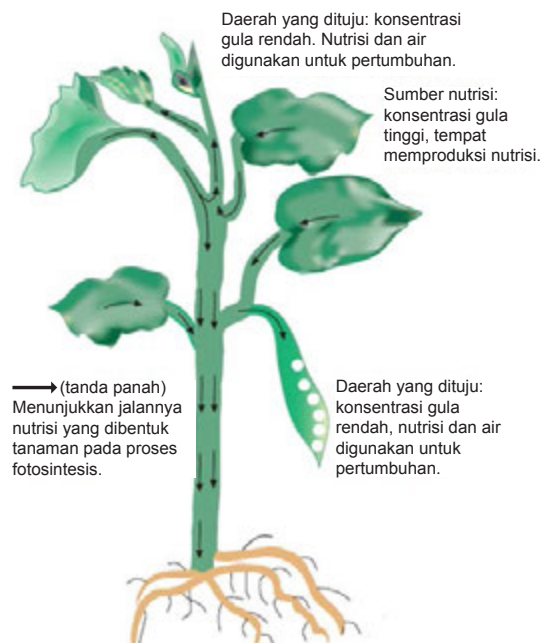
Daya kapilaritas batang dipengaruhi oleh adanya gaya **kohesi** dan **adhesi**. Kohesi merupakan kecenderungan suatu molekul untuk dapat berikatan dengan molekul lain yang sejenis. Adhesi adalah kecenderungan suatu molekul untuk dapat berikatan dengan molekul lain yang tidak sejenis. Melalui gaya adhesi, molekul air membentuk ikatan yang lemah dengan dinding pembuluh. Melalui gaya kohesi akan terjadi ikatan antara satu molekul air dengan molekul air lainnya. Hal ini akan menyebabkan terjadinya tarik menarik antara molekul air yang satu dengan molekul air lainnya di sepanjang pembuluh *xilem*.

Selain disebabkan oleh gaya kohesi dan adhesi, naiknya air ke daun disebabkan oleh penggunaan air dibagian daun atau yang disebut dengan **daya isap daun**. Air dimanfaatkan oleh tumbuhan dalam proses fotosintesis . Pada daun, air juga mengalami penguapan. Penguapan air oleh daun disebut transpirasi. Penggunaan air oleh bagian daun akan menyebabkan terjadinya tarikan terhadap air yang berada pada bagian *xilem*, sehingga air yang ada pada akar dapat naik ke daun.

## 2) Transportasi Nutrisi

Semua bagian tumbuhan yaitu, akar, batang, daun serta bagian lainnya memerlukan nutrisi. Agar kebutuhan nutrisi di setiap bagian tumbuhan terpenuhi, maka dibutuhkan suatu proses pengangkutan nutrisi hasil fotosintesis berupa gula dan asam amino ke seluruh tubuh tumbuhan. Pengangkutan hasil fotosintesis dari daun ke seluruh tubuh tumbuhan terjadi melalui pembuluh *floem*.

Perjalanan zat-zat hasil fotosintesis dimulai dari sumbernya yaitu daun (daerah yang memiliki, konsentrasi gula tinggi) ke bagian tanaman lain yang dituju (daerah yang memiliki konsentrasi gula rendah). Agar dapat memahami penjelasan ini perhatikanlah Gambar 7.2.



Sumber: Parravano, dkk. 2006

**Gambar 7.2** Transportasi nutrisi pada tumbuhan

## 2. Sistem Transportasi pada Manusia

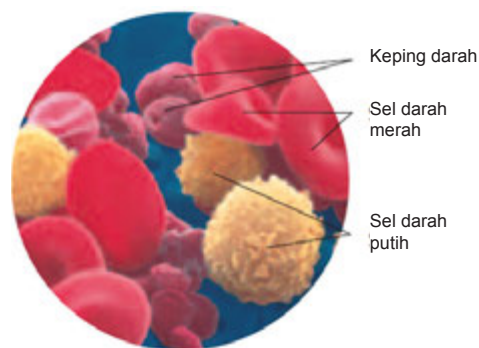
Sistem transportasi pada tubuh manusia berfungsi untuk mengangkut nutrisi, oksigen, karbondioksida serta sisa metabolisme. Proses ini berlangsung terus menerus selama kehidupan manusia. Bagaimanakah sistem transportasi tersebut berlangsung di dalam tubuh? Agar kamu dapat memahaminya, simaklah penjelasan berikut ini dengan baik.



## a. Darah

Pernahkah bagian tubuh kamu terluka, misalnya karena terjatuh atau terkena benda tajam seperti pisau atau paku? Apakah bagian tubuh yang terluka tersebut mengeluarkan suatu cairan? Apa warnanya? Tahukah kamu apakah nama cairan yang dikeluarkan oleh bagian tubuh kamu yang terluka?

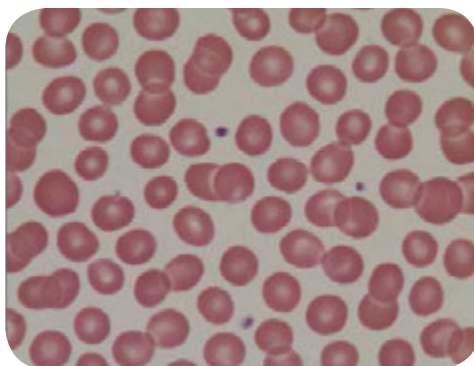
Bagian tubuh kamu yang terluka tersebut mengeluarkan darah. Tahukah kamu apa sebenarnya darah itu? Darah merupakan jaringan yang tersusun atas plasma, sel darah merah, sel darah putih, dan keping-keping darah. Kurang lebih 55% bagian dari darah adalah plasma.



Sumber: Harter, Penny, dkk. 1996

**Gambar 7.3** Sel darah

### 1) Sel Darah Merah (Eritrosit)



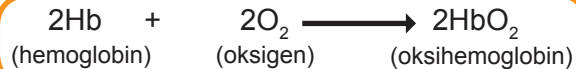
Sumber: Dokumen Kemdikbud

**Gambar 7.4** Sel darah merah

*Eritrosit* berbentuk bulat pipih dengan bagian tengahnya cekung (bikonkaf). Sel darah merah tidak memiliki inti sel. Eritrosit berfungsi untuk mengangkut oksigen dari paru-paru ke sel-sel di seluruh tubuh. Oleh karena itu, jenis sel darah ini yang paling banyak terdapat dalam darah. Satu milimeter kubik darah (lebih kurang sekitar satu tetes) terdiri atas lima juta lebih sel darah merah.

Warna merah pada darah disebabkan adanya hemoglobin (Hb) dalam sel darah merah. Hemoglobin atau zat warna darah merupakan suatu protein yang mengandung unsur besi. Fungsi hemoglobin mengikat oksigen dan membentuk

oksihemoglobin. Oksigen diangkut dari paru-paru dan diedarkan ke seluruh sel tubuh. Hemoglobin yang mengikat oksigen (oksihemoglobin) berwarna merah cerah, sedangkan hemoglobin yang masih mengikat karbondioksida berwarna merah tua keunguan. Berikut ini reaksi kimia pengikatan oksigen oleh hemoglobin.



Melalui peredaran darah, oksihemoglobin akan beredar ke seluruh sel-sel tubuh. Setelah sampai di sel-sel tubuh, akan terjadi reaksi pelepasan oksigen dari hemoglobin ke sel yang kekurangan oksigen. Oksigen masuk ke dalam sel melalui proses difusi.

Selama perkembangan janin dalam kandungan, sel darah merah dibentuk dalam hati dan limpa. Sel darah merah berusia sekitar 120 hari. Sel yang telah tua akan dihancurkan di hati dan limpa. Selanjutnya, di dalam hati, hemoglobin diubah dan dijadikan pigmen (pigmen empedu).






## 2) Sel Darah Putih (Leukosit)

Berbeda dengan sel darah merah, sel darah putih memiliki bentuk yang tidak tetap atau bersifat amuboid dan mempunyai inti sel. Jumlah sel darah putih juga tidak sebanyak jumlah sel darah merah. Setiap satu milimeter kubik darah mengandung sekitar 8.000 sel darah putih.

Fungsi utama sel darah putih adalah melawan penyakit yang masuk ke dalam tubuh dan membentuk antibodi. Peningkatan jumlah leukosit merupakan petunjuk adanya infeksi. Jika jumlah leukosit sampai di bawah 6.000 sel per cc darah, maka disebut sebagai kondisi **leukopeni**. Jika jumlah leukosit melebihi normal (di atas 9.000 sel per cc), maka disebut **leukositosis**.

Berdasarkan ada atau tidaknya butir-butir kasar (*granula*) dalam *sitoplasma*, *leukosit* dapat dibedakan menjadi **granulosit** dan **agranulosit**. Granulosit merupakan kelompok sel darah putih yang mempunyai granula dalam sitoplasmanya. Sebaliknya, *agranulosit* tidak mempunyai *granula*. Leukosit jenis granulosit terdiri atas eosinofil, basofil, dan netrofil. Agranulosit terdiri atas limfosit dan monosit. Agar kamu dapat memahami dengan baik karakteristik jenis-jenis sel darah putih dengan baik, perhatikan Tabel 7.1.

Tabel 7.1. Karakteristik Jenis-Jenis Sel Darah Putih

Jenis Sel Darah Putih	Bentuk Sel	Karakteristik
Granulosit	Eusinofil	 Mengandung granula berwarna merah. Berfungsi pada reaksi alergi, terutama infeksi cacing.
	Basofil	 Mengandung granula berwarna biru. Berfungsi pada reaksi alergi.
	Netrofil	 Disebut juga sel-sel PMN ( <i>Poly Morpho Nuclear</i> ). Berfungsi sebagai fagosit (menyerang patogen).
Agranulosit	Limfosit	 Terdiri atas dua jenis, yaitu sel T dan sel B. Keduanya berfungsi untuk imunitas dan kekebalan tubuh.
	Monosit	 Leukosit yang berukuran paling besar. Berfungsi mencerna sel-sel yang mati atau rusak dan memberikan perlawanan imunologis atau kekebalan

Sumber: Dokumen Kemdikbud

Tabel 7.2 Karakteristik jenis jenis sel darah putih

### 3) Keping Darah (Trombosit)

Bentuk trombosit beraneka ragam, yaitu bulat, oval, dan memanjang. Trombosit tidak berinti sel dan bergranula. Jumlah sel keping darah atau trombosit pada orang dewasa sekitar 200.000 – 500.000 sel per cc. Umur dari keping darah sangat singkat, yaitu 5 sampai dengan 9 hari.

Pernahkah kamu berpikir bagaimana proses pembekuan darah terjadi? Keping darah sangat berhubungan dengan proses mengeringnya luka, sehingga tidak heran jika ada yang menyebut keping darah dengan **sel darah pembeku**. Sesaat setelah terluka, trombosit akan pecah karena bersentuhan dengan permukaan kasar dari pembuluh darah yang terluka. Di dalam trombosit terdapat enzim trombokinase atau tromboplastin.

#### ✓ Ayo Kita Diskusikan

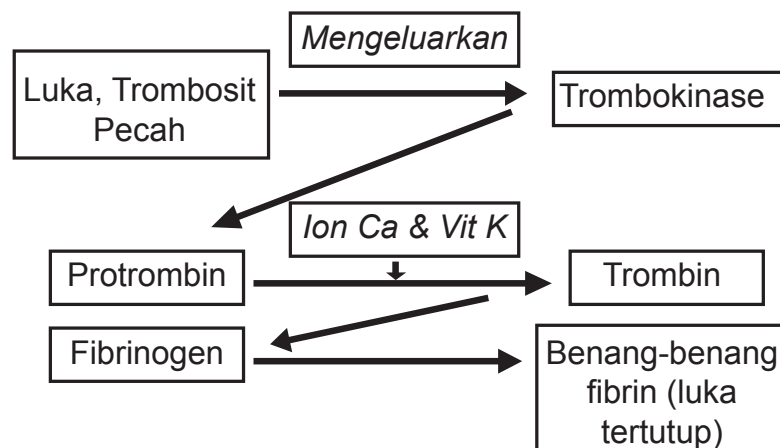
Salah satu fungsi darah adalah menjaga stabilitas suhu tubuh (termoregulasi). Dapatkah kamu menuliskan beberapa fungsi darah yang lainnya?

Enzim tromboplastin akan mengubah protein yang disebut protrombin (calon trombin) menjadi trombin karena pengaruh ion kalsium dan vitamin K dalam darah. Trombin akan mengubah fibrinogen (protein darah) menjadi benang-benang fibrin. Benang-benang fibrin ini akan membentuk jaring-jaring di sekitar sel-sel darah, sehingga luka tertutup dan darah tidak menetes lagi.

### INFO IPA

Pernahkah kamu mendengar istilah hemofilia?  
Hemofilia adalah gangguan atau kelainan turunan akibat terjadinya mutasi atau cacat genetika pada kromosom X. Hal ini menyebabkan penderita kekurangan faktor pembeku darah sehingga mengalami gangguan pembekuan darah sehingga darah tidak dapat membeku secara normal. Cacat genetika ini akan kamu pelajari lebih lanjut di SMA. Penderita hemofilia berat dapat mengalami beberapa kali pendarahan dalam sebulan. Kadang, pendarahan terjadi begitu saja tanpa sebab. Gejala hemofilia, yaitu pendarahan di bawah kulit yang mengakibatkan kebiruan jika terjadi benturan pada tubuhnya. Pendarahan di bawah kulit ini terjadi pada persendian atau otot di siku, pergelangan kaki, dan lutut. Akibatnya, nyeri yang hebat dan kelumpuhan.

Perhatikan skema proses pembekuan darah pada Gambar 7.5 berikut. Coba kamu buat uraian proses pembekuan darah berdasarkan skema berikut, sehingga kamu akan lebih memahaminya.



Gambar 7.5 Skema proses pembekuan darah

#### 4) Plasma Darah

Plasma darah merupakan cairan darah yang sebagian besar terdiri atas air (92%). Selain itu, dalam plasma darah juga terdapat protein plasma yang terdiri atas albumin, fibrinogen, dan globulin. Zat-zat lain yang terlarut dalam plasma darah antara lain sari makanan, mineral, hormon, antibodi, dan zat sisa metabolisme (urea dan karbondioksida).



#### Ayo Kita Lakukan

##### Model Tiruan Darah

Kamu dapat membuat model tiruan darah dengan menggunakan campuran dari minyak goreng, air dan pewarna kue (warna merah).

##### Apa yang kamu perlukan?

1. Tabung reaksi
2. Pipet tetes
3. Gelas ukur
4. Minyak goreng
5. Air
6. Pewarna makanan

##### Apa yang harus kamu lakukan?

1. Bentuklah satu kelompok yang terdiri atas tiga orang.
2. Tuangkan 5 mL minyak goreng ke dalam tabung reaksi. Gunakan gelas ukur untuk mengukur volume minyak goreng. Lakukan pengukuran dengan cermat dan teliti.
3. Tuangkan 5 mL air ke dalam tabung reaksi. Gunakan gelas ukur untuk mengukur volume air. Lakukan pengukuran dengan cermat dan teliti.
4. Tambahkan beberapa tetes zat warna kue pada campuran air dan minyak goreng.
5. Tutuplah ujung tabung reaksi dengan cara menyumbat bagian mulut tabung reaksi menggunakan ibu jari.
6. Kocoklah beberapa saat hingga seluruh komponen tercampur dengan cukup sempurna. Lakukan dengan hati-hati agar tabung reaksi tidak terjatuh.
7. Diamkan tabung reaksi beberapa saat, biarkan hingga campuran terpisah.
8. Gambarlah pada buku IPA kamu lapisan yang terbentuk pada campuran minyak goreng, air, dan pewarna makanan!
9. Analogkan setiap lapisan larutan yang terbentuk dengan bagian-bagian darah.
10. Buatlah laporan hasil kegiatan bersama kelompokmu. Kemudian presentasikan di depan kelas.

#### b. Organ Peredaran Darah

Sebelumnya kamu telah mempelajari bahwa di dalam tubuh, darah tidak hanya diam, melainkan mengalir untuk mengedarkan oksigen dan sari-sari makanan ke seluruh bagian tubuh. Darah dapat mengalir ke seluruh tubuh karena di dalam tubuh kamu terdapat alat yang dapat mengedarkan darah ke seluruh tubuh. Dapatkah kamu menebak organ apa saja yang berperan dalam peredaran darah manusia?



## 1) Jantung

Dapatkan kamu menebak pertanyaan yang terdapat pada kegiatan “Ayo Tebak” di samping ini?

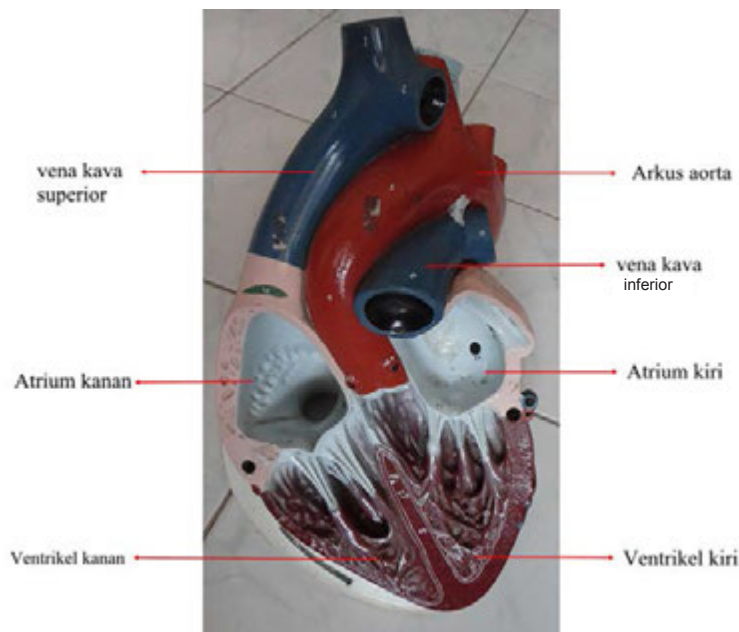
Organ dalam tubuh yang berdetak pada daerah dada adalah jantung. Jantung merupakan salah satu organ peredaran darah yang penting bagi tubuh manusia. Seperti pompa, jantung berfungsi memompa darah, sehingga darah dapat diedarkan ke seluruh tubuh.

Meskipun kerja jantung sangat berat, tetapi jantung kamu bukanlah organ yang ukurannya sangat besar. Besar jantung manusia kira-kira sebesar sekepalan tangan.

Jantung terdiri atas 4 ruangan, yaitu serambi (*atrium*) kiri, serambi kanan, bilik (*ventrikel*) kiri, dan bilik kanan. Serambi jantung berada di sebelah atas, sedangkan bilik jantung di sebelah bawah. Antara serambi kiri dan bilik kiri terdapat dua buah katup yang disebut *bikuspidalis*.

Antara serambi kanan dan bilik kanan terdapat tiga buah katup yang disebut *trikuspidalis*. Katup-katup tersebut berfungsi menjaga agar darah dari bilik tidak kembali ke serambi. Dinding jantung di bagian bilik kiri lebih tebal karena bilik kiri berfungsi memompa darah ke seluruh tubuh.

Saat berdenyut, setiap ruang jantung mengendur dan terisi darah. Selanjutnya, otot-otot jantung berkontraksi dan memompa darah keluar ruang jantung. Kedua serambi mengendur dan berkontraksi secara bersamaan, begitu juga kedua bilik akan mengendur dan berkontraksi secara bersama-sama. Untuk memahami bagian-bagian jantung perhatikan Gambar 7.5.



Sumber: Dokumen Kemdikbud  
Gambar 7.5 Bagian-bagian Jantung

### AYO TEBAK

Hampir 70% bagian tubuh manusia tersusun atas cairan. Salah satu cairan pada tubuh manusia adalah darah. Darah dipompakan ke seluruh bagian tubuh manusia oleh suatu organ. Organ tersebut merupakan salah satu organ utama yang berperan dalam sistem peredaran darah. Organ ini berfungsi untuk memompa darah ke seluruh bagian tubuh manusia, termasuk memompa darah ke seluruh ruangan yang ada pada organ tersebut.

Jika kamu ingin merasakan kerja dari organ tersebut, coba sekarang pegang dada kamu. Apa yang dapat kamu rasakan? Adakah bagian yang berdetak?

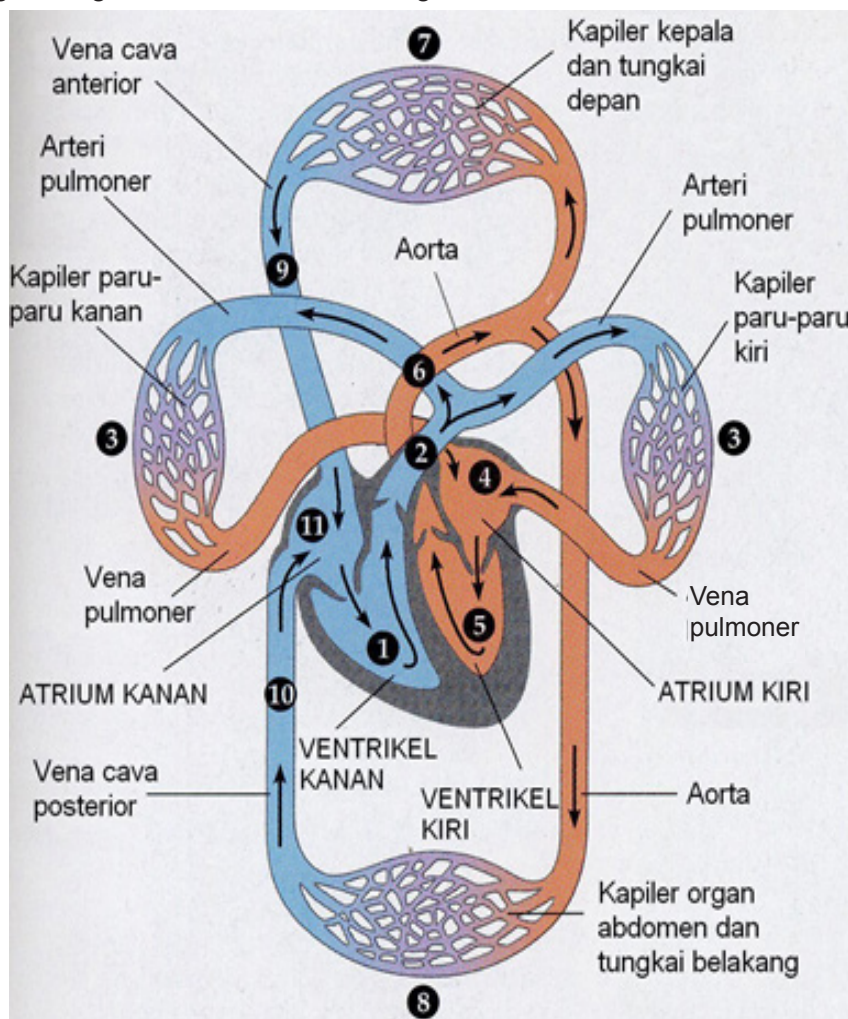
Tahukah kamu, apa nama organ tersebut? Jika kamu telah berhasil menebaknya, gambarkan bagian yang berdetak tersebut pada buku IPAmu!

Darah yang mengandung banyak karbondioksida dari seluruh tubuh mengalir melalui dua pembuluh darah vena besar (vena kava) menuju serambi kanan. Setelah atrium kanan terisi darah, akan di dorong ke bilik kanan. Darah dari bilik kanan akan dipompa melalui katup pulmoner ke dalam arteri pulmonalis menuju paru-paru.

Darah yang mengandung banyak oksigen mengalir melalui pembuluh darah yang disebut vena pulmonalis menuju ke serambi kiri. Peredaran darah yang terjadi di antara bagian kanan jantung, paru-paru, dan atrium kiri disebut **sirkulasi pulmoner** atau peredaran darah kecil. Darah dalam serambi kiri akan didorong menuju bilik kiri. Selanjutnya, darah yang mengandung banyak oksigen ini dipompa melewati katup aorta yang masuk ke dalam pembuluh darah yang disebut **aorta** (arteri terbesar dalam tubuh). Kemudian, darah kaya oksigen ini diedarkan ke seluruh tubuh, kecuali paru-paru.

## 2) Pembuluh Darah

Pembuluh darah dibedakan menjadi dua, yaitu pembuluh nadi (*arteri*) dan pembuluh balik (*vena*). Arteri merupakan pembuluh darah yang mengalirkan darah keluar jantung, sedangkan vena mengalirkan darah masuk ke dalam jantung. Arteri berisi darah yang mengandung banyak oksigen, kecuali arteri paru-paru. Vena berisi darah yang mengandung sedikit oksigen, kecuali yang berasal dari paru-paru. Ujung arteri dan vena bercabang-cabang menjadi pembuluh-pembuluh kecil yang disebut pembuluh kapiler. Pembuluh kapiler menghubungkan arteri dan vena dengan sel-sel tubuh.



Sumber: Reece, dkk . 1999

**Gambar 7.6** Peredaran darah besar dan kecil

Tahukah kamu perbedaan antara pembuluh arteri dan vena? Coba perhatikan Tabel 7.2!

Tabel 7.2. Perbedaan Pembuluh Arteri dan Vena

Pembeda	Pembuluh Nadi (Arteri)	Pembuluh Balik (Vena)
Tempat	Agak tersembunyi di dalam tubuh	Dekat dengan permukaan tubuh, tampak kebiru-biruan
Dinding Pembuluh	Tebal, kuat, elastis	Tipis dan tidak elastis
Aliran Darah	Meninggalkan jantung	Menuju jantung
Denyut	Terasa	Tidak terasa
Katup	Satu pada pangkal jantung	Banyak di sepanjang pembuluh
Darah yang Keluar dari pembuluh	Darah memancar	Darah tidak memancar

### Ayo Kita Lakukan

#### Menghitung Denyut Nadi

Sebelumnya kamu sudah mengetahui bahwa kita dapat merasakan denyut nadi atau denyut jantung yang ada di pergelangan tangan.

#### Apa yang harus kamu lakukan?

1. Berkumpullah dengan teman satu kelompokmu (satu kelompok terdiri atas dua orang).
2. Gunakan dua jarimu (selain ibu jari) untuk menemukan denyut nadi pada pergelangan tangan temanmu.
3. Hitung denyut nadi pada pergelangan tangan teman kamu selama 15 detik, kemudian kalikan hasilnya dengan 4. Selanjutnya, catatlah hasilnya pada buku IPA kamu. Lakukan penghitungan dengan cermat dan teliti agar tidak terjadi kesalahan.
4. Mintalah temanmu untuk berlari-lari kecil selama satu menit.
5. Ulangi langkah kegiatan 1 – 3 kembali.

#### Jawablah pertanyaan berikut, tuliskan jawabanmu pada buku IPA!

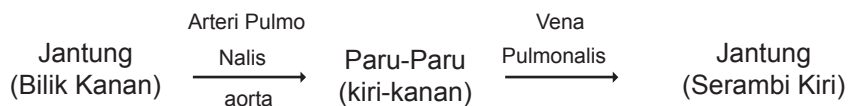
1. Berdasarkan data hasil percobaan, apakah terdapat perubahan denyut nadi dari kedua penghitungan yang kamu lakukan? Bagaimana hasilnya?
2. Menurut pendapatmu, mengapa jawaban yang kamu tuliskan pada nomor 1 dapat terjadi?

### c. Sistem Peredaran Darah Manusia

Peredaran darah manusia termasuk peredaran darah tertutup karena darah selalu beredar di dalam pembuluh darah. Setiap beredar, darah melalui jantung dua kali sehingga disebut peredaran darah ganda. Pada peredaran darah ganda tersebut dikenal peredaran darah kecil dan peredaran darah besar.

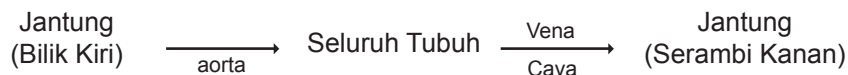
#### 1) Peredaran Darah Kecil

Peredaran darah kecil merupakan peredaran darah yang dimulai dari jantung menuju ke paru-paru kemudian kembali lagi ke jantung. Jalannya darah pada peredaran darah kecil dapat kamu amati pada Gambar 7.6.



## 2) Peredaran Darah Besar

Peredaran darah besar adalah peredaran darah dari jantung ke seluruh tubuh kemudian kembali ke jantung lagi.



### d. Aliran dan Tekanan Darah

Saat ini kamu telah mengetahui mekanisme peredaran darah yang terjadi di dalam tubuh. Melalui mekanisme tersebut pasokan darah pada setiap bagian tubuh akan terpenuhi. Pada saat jantung memompa darah, terdapat tekanan darah yang diperlukan untuk mendorong darah dalam pembuluh darah. Dengan demikian, darah akan dapat didarkan ke seluruh tubuh.

Sebelum mempelajari lebih jauh materi tekanan darah sebaiknya kita mempelajari terlebih dahulu materi tekanan zat cair dengan melakukan kegiatan “Ayo Kita Coba” berikut ini!

#### ✓ Ayo Kita Coba

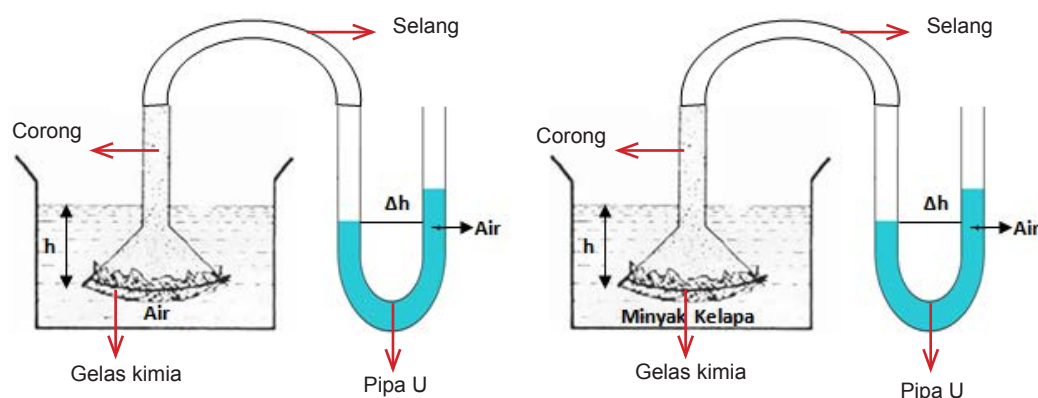
##### Tekanan Zat Cair pada Kedalaman Tertentu

###### Apa yang kamu perlukan?

1. Gelas kimia (2 buah)
2. Pipa U atau selang berbentuk U
3. Corong
4. Air
5. Minyak kelapa atau minyak goreng

###### Apa yang harus kamu lakukan?

1. Susunlah alat percobaan seperti pada Gambar 7.7.



Sumber: Dokumen Kemdikbud

**Gambar 7.7** Rangkaian alat percobaan



- Ubahlah ketinggian corong yang terdapat pada gelas beaker sesuai dengan data kedalaman ( $h$ ) yang terdapat di dalam Tabel 7.3!
- Amatilah selisih permukaan air ( $\Delta h$ ) yang terdapat pada pipa U. Lakukan percobaan ini dengan teliti dan cermat.
- Tuliskan hasil pengamatan pada Tabel 7.3!

Tabel 7.3 Data Hasil Percobaan

No.	Kedalaman ( $h$ ) (cm)	Selisih Ketinggian ( $\Delta h$ ) (cm)	
		Air	Minyak Kelapa
1.	5 cm		
2.	10 cm		
3.	15 cm		

Kesimpulan apakah yang dapat diperoleh dari percobaan ini?

### Ayo Kita Coba

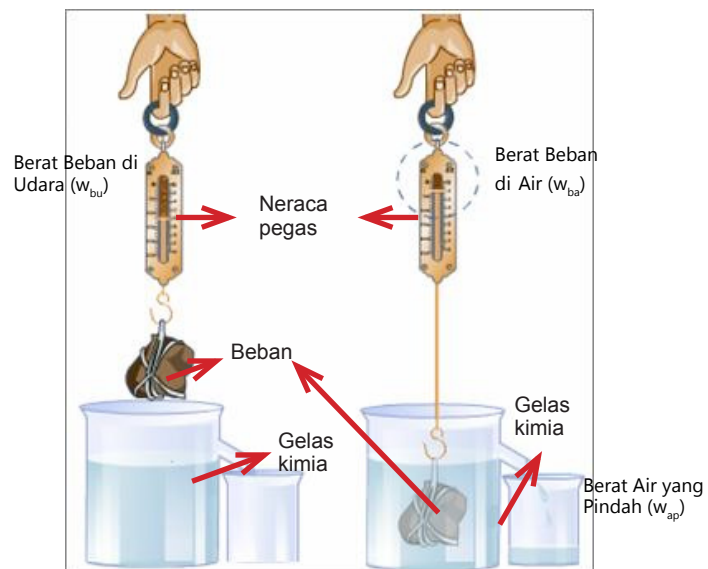
#### Hukum Archimedes

##### Apa yang kamu perlukan?

- Gelas kimia
- Neraca pegas
- Benda dari logam atau batu (sebagai beban)
- Air

##### Apa yang harus kamu lakukan?

- Isilah gelas kimia dengan air hingga  $\frac{3}{4}$  bagian.
- Kaitkan beban dengan neraca pegas, catatlah berat beban ketika di udara ( $w_{bu}$ ) dengan membaca skala yang ditunjukkan pada neraca pegas.
- Masukkan rangkaian beban dan neraca pegas ke dalam air, catatlah berat beban ketika berada di dalam air ( $w_{ba}$ )
- Hitunglah besar gaya apung ( $F_a$ ) dari beban tersebut. Catatlah hasil percobaan pada Tabel 7.4. Lakukan kegiatan ini dengan cermat dan teliti agar kamu mendapatkan data yang benar.
- Ulangilah langkah kegiatan 1 – 4 sebanyak 3 kali dengan menggunakan beban yang beratnya berbeda.



Gambar 7.8 Rangkaian alat percobaan

Tabel 7.4 Data Hasil Percobaan

No.	Berat Beban di Udara ( $w_{bu}$ )	Berat Beban di Air ( $w_{ba}$ )	Gaya Apung ( $F_a = w_{bu} - w_{ba}$ )	Berat air yang Pindah ( $w_{ap}$ )
1.				
2.				
3.				

6. Kesimpulan apakah yang dapat kamu peroleh dari percobaan ini?

Setelah kamu melakukan percobaan Hukum Archimedes, kamu dapat mengetahui bahwa ketika pada suatu benda dimasukkan ke dalam air, beratnya seolah-olah berkurang. Peristiwa ini bukan berarti ada massa benda yang hilang. Berat benda berkurang saat dimasukan ke dalam air yang disebabkan oleh suatu gaya yang mendorong benda yang arahnya berlawanan dengan arah berat benda. Fenomena ini dipelajari oleh **Archimedes** yang kemudian dinyatakan sebagai **Hukum Archimedes**.

Hukum Archimedes menyatakan bahwa "**Jika suatu benda dicelupkan ke dalam suatu zat cair, maka benda itu akan mendapat tekanan ke atas yang sama besarnya dengan beratnya zat cair yang didesak oleh benda tersebut**". Menurut Archimedes, benda menjadi lebih ringan bila diukur dalam air daripada di udara karena didalam air benda mendapat gaya ke atas. Sementara ketika di udara, benda memiliki berat yang sesungguhnya.

Berat benda di udara dapat dihitung dengan mengalikan massa benda ( $m$ ) dan gravitasi bumi ( $g$ ):

$$w_{bu} = m \times g$$

Ketika benda berada di dalam air.

$$w_{ba} = w_{bu} - F_a$$

$$F_a = w_{bu} - w_{ba}$$

Keterangan :

$w_{bu}$  = berat benda di udara ( Newton)

$m$  = massa (kg)

$g$  = percepatan gravitasi bumi ( $10 \text{ ms}^{-2}$ )

$w_{ba}$  = berat benda di air (Newton)

Dalam persamaan di atas,  $F_a$  melambangkan gaya apung atau gaya angkat ke atas. Besarnya gaya apung ini dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$F_a = \rho \times g \times v$$

Keterangan:

$F_a$  = gaya apung (N)

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

$g$  = percepatan gravitasi ( $\text{ms}^{-2}$ )

$v$  = volume benda tercelup ( $\text{m}^3$ )

Tugas : Cobalah buktikan persamaan gaya apung di atas bersama temanmu.

Jika mengalami kesulitan tanyakan kepada gurumu.



## Ayo Kita Coba

### Tekanan Air pada Kantong Plastik

Sebelum mempelajari materi tekanan zat cair pada ruang tertutup, lakukan percobaan berikut ini.

**Apa yang kamu perlukan?**

1. Kantong plastik ukuran 1 kg
2. Jarum pentul/peniti
3. Karet gelang

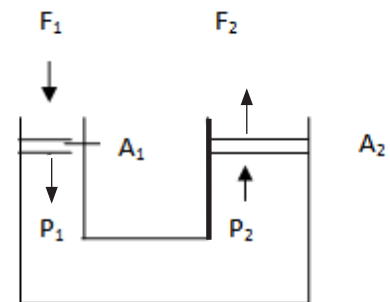
**Apa yang harus kamu lakukan?**

1. Isilah kantong plastik dengan air hingga  $\frac{3}{4}$  bagian.
2. Ikatlah mulut kantong plastik dengan menggunakan karet gelang.
3. Tusuklah kantong plastik tersebut dengan menggunakan jarum pentul/peniti. Berikan 5-8 tusukan pada kantong plastik. Lakukan dengan hati-hati agar jarum pentul/peniti tidak mengenai tanganmu. Setelah menggunakan jarum pentul simpanlah di tempat yang aman agar tidak mengenai bagian tubuhmu atau bagian tubuh temanmu.
4. Tekanlah kantong plastik tersebut dengan menggunakan tanganmu hingga air di dalam kantong memancar keluar.

**Jawablah pertanyaan berikut, tuliskan jawabanmu pada buku IPA!**

1. Setelah diberikan tekanan dengan menggunakan tangan, air pada kantong plastik akan memancar keluar. Apakah yang menyebabkan air tersebut memancar?
2. Bagaimanakah arah pancaran air yang keluar dari kantong plastik tersebut?
3. Bagaimanakah besarnya pancaran air yang keluar dari kantong plastik tersebut?

Percobaan “Tekanan Air pada Kantong Plastik” yang telah kamu lakukan menunjukkan keadaan zat cair yang berada pada ruang tertutup dan kemudian diberikan suatu tekanan. Blaise Pascal (1623-1662) mengemukakan suatu hukum yang berlaku untuk zat cair yang berada di dalam ruangan tertutup. Hukum tersebut menyatakan bahwa “Tekanan yang diberikan kepada zat cair di dalam ruangan tertutup diteruskan ke segala arah dan sama besar”. Hukum tersebut dikenal dengan “Hukum Pascal”. Prinsip kerja dari hukum tersebut ditunjukkan pada Gambar 7.9.



Gambar 7.9 Dongkrak Hidrolik

Alat-alat yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari yang bekerja berdasarkan hukum Pascal diantaranya dongkrak hidrolik, mesin hidrolik pengangkat mobil, dan rem hidrolik. Prinsip kerja dongkrak hidrolik adalah sebagai berikut. Jika pada penampang dengan luas  $A_1$  diberi gaya  $F_1$ , maka tekanannya ( $P_1$ ) dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$P_1 = \frac{F_1}{A_1}$$

Tekanan ( $P_1$ ) tersebut diteruskan ke segala arah dengan sama besar, termasuk ke luas penampang  $A_2$ . Jika dirumuskan adalah

$$P_1 = \frac{F_2}{A_2}$$

Secara matematis hukum Pascal dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \text{ atau } P_1 = P_2 = P$$

Keterangan :

$P, P_1, \text{ dan } P_2$  = tekanan ( $N/m^2$ )  
 $F_1 \text{ dan } F_2$  = gaya yang diberikan (Newton)  
 $A_1 \text{ dan } A_2$  = luas penampang ( $m^2$ )

Tekanan yang terdapat pada pembuluh darah memiliki prinsip kerja seperti hukum Pascal. Hal inilah yang menjadi alasan apabila bagian tubuh kita terluka darah akan mengalir keluar dari tubuh. Jantung adalah organ yang memberikan tekanan pada darah sehingga darah dapat mengalir ke seluruh tubuh melalui pembuluh darah.

Tekanan diberikan pada saat jantung memompa darah ke pembuluh arteri.



Sumber: Markuso. 2011

Gambar 7.10 Sphygmomanometer

#### INFO IPA

Tekanan darah diukur dengan menggunakan sebuah alat yang bernama sphygmomanometer, ada pula yang menyebutnya dengan tensimeter. Tekanan darah diukur di dalam pembuluh nadi besar yang biasanya dilakukan di tangan bagian lengan atas. Hasil pengukurannya terdiri atas dua angka, biasanya 120 sampai 80. Angka pertama menunjukkan tekanan saat bilik berkontraksi dan darah ditekan keluar jantung, disebut angka sistol. Tekanan darah turun saat bilik relaksasi. Angka kedua, yaitu yang lebih rendah adalah hasil pengukuran tekanan saat bilik relaksasi dan mengisi darah, tepat sebelum bilik-bilik ini berkontraksi lagi, disebut angka diastol.

Dorongan darah pada dinding pembuluh darah ketika darah mengalir melewatinya disebut **tekanan darah**. Agar tekanan darah tetap terjaga, maka pembuluh harus terisi penuh oleh darah. Bila terjadi kehilangan darah akibat kecelakaan atau penyakit, tekanan dapat hilang, sehingga darah tidak dapat bergerak ke tempat yang diinginkan. Akibatnya, sel-sel tubuh akan mati karena tidak mendapatkan pasokan oksigen dan nutrisi. Para tenaga medis menginjeksikan plasma pada orang yang mengalami pendarahan hebat agar darah dapat mengalir ke tempat yang diinginkan. Plasma juga mengangkut senyawa kimia penting lain juga yang disebut hormon, untuk dibawa dari satu bagian tubuh ke bagian tubuh yang lain. Hormon dapat mengatur bermacam-macam fungsi tubuh seperti pertumbuhan dan cara tubuh menggunakan makanan.



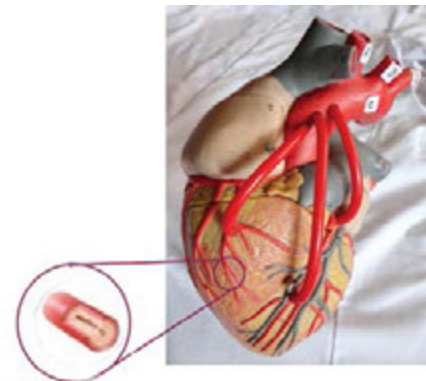
## e. Gangguan pada Sistem Peredaran Darah

Pernahkah kamu mendengar informasi tentang seseorang yang terkena serangan jantung atau penyakit stroke? Serangan jantung atau penyakit stroke adalah salah satu penyakit yang terjadi karena adanya gangguan pada sistem peredaran darah.

### 1) Serangan Jantung

Serangan jantung terjadi jika arteri koronaria yang terdapat pada jantung tidak dapat mengirimkan darah yang cukup ke sel-sel jantung. Kondisi ini dapat terjadi karena arteri koronaria tersumbat oleh lemak atau kolesterol. Arteri koronaria merupakan pembuluh darah yang mengalir ke otot jantung dengan darah yang mengandung oksigen dan nutrisi. Gambar 7.11 menunjukkan kondisi jantung penderita serangan jantung. Pada gambar tersebut tampak arteri koronaria tersumbat oleh lemak.

Tersumbatnya arteri koronaria akan menyebabkan otot jantung berhenti beraktivitas jika sel-sel otot tidak menerima oksigen dan nutrisi yang cukup. Gejala dari serangan jantung antara lain dada terasa sakit, sakit pada bagian lengan dan punggung, napas pendek, dan kepala pusing.



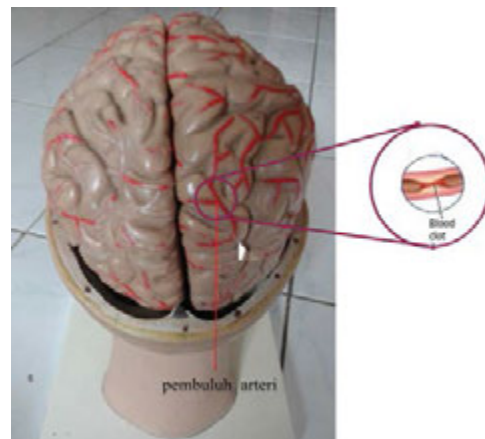
Bagian dalam (lumen) arteri koronaria tersumbat lemak.

Sumber: Dokumen Kemdikbud  
Gambar 7.11. Kondisi jantung penderita serangan jantung

### 2) Stroke

Stroke merupakan suatu penyakit yang terjadi karena matinya jaringan di otak yang disebabkan oleh kurangnya asupan oksigen ke otak. Asupan oksigen ke otak kurang dapat terjadi jika pembuluh darah pada otak tersumbat atau salah satu pembuluh darah di otak pecah.

Sebuah fakta medis menyatakan bahwa sebagian jaringan otak akan mati setelah 4 – 5 menit tidak mendapatkan pasokan oksigen. Gambar 7.12 menunjukkan kondisi otak terutama pembuluh darah penderita stroke. Pada gambar tersebut tampak terjadinya pembekuan darah pada pembuluh arteri. Adanya pembekuan darah pada arteri akan menyebabkan aliran darah menuju otak menjadi terhambat.



Sumber: Dokumen Kemdikbud  
Gambar 7.12 Kondisi otak penderita stroke

Jika terjadi kematian jaringan otak, maka jaringan tersebut tidak dapat digantikan. Stroke dapat menyebabkan penderita kehilangan ingatan, kontrol kerja otot, ataupun fungsi kerja saraf. Munculnya gangguan tersebut bergantung pada lokasi terjadinya kerusakan pada otak.

## B. Sistem Respirasi

Bernapas merupakan proses memasukkan gas oksigen ( $O_2$ ) ke dalam tubuh dan mengeluarkan gas karbondioksida (gas sisa metabolime) ke luar tubuh. Di dalam tubuh, oksigen digunakan untuk mengoksidasi zat makanan sehingga menghasilkan energi. Dengan demikian, proses bernapas penting bagi makhluk hidup.

### 1. Organ-Organ Pernapasan Manusia

Secara garis besar, organ pernapasan pada manusia terdiri atas hidung, pangkal tenggorok (*faring*), batang tenggorok (*trakea*), cabang batang tenggorok (*bronkus*), anak cabang batang tenggorok (*bronkiolus*), dan paru-paru (*pulmo*). Organ-organ pernapasan tersebut bekerja dalam suatu sistem yang disebut sistem pernapasan. Gambar 7.13 menunjukkan susunan organ-organ dalam sistem pernapasan.



#### Ayo Kita Pelajari

##### B. Sistem Respirasi

1. Organ-organ Pernapasan Manusia
2. Mekanisme Pernapasan pada Manusia
3. Gangguan Sistem Pernapasan



#### Istilah Penting

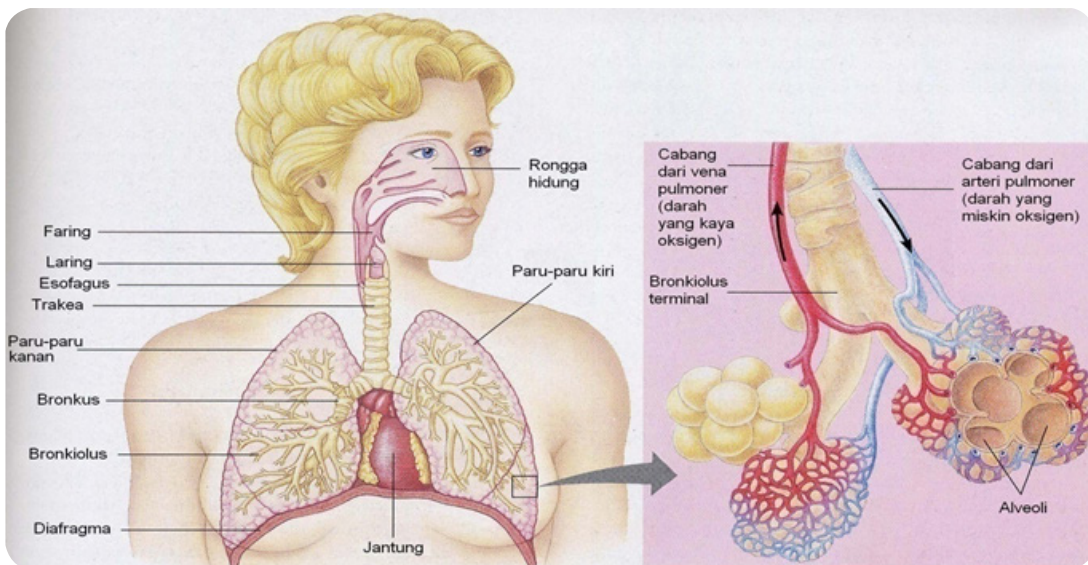
Respirasi  
Organ pernapasan  
Udara

Paru-paru  
Volume udara



#### Mengapa Penting ?

Agar kita mengetahui organ-organ yang berperan dalam sistem pernapasan serta mengetahui mekanisme yang terjadi pada saat kita bernapas.



Sumber: Reece, dkk. 1999

Gambar 7.13 Sistem pernapasan pada manusia

#### a. Hidung

Hidung merupakan organ pernapasan yang langsung berhubungan dengan udara luar. Hidung dilengkapi dengan bulu-bulu hidung, indra pembau, selaput lendir, dan *konka*. Rambut-rambut hidung berfungsi untuk menyaring partikel debu atau kotoran yang masuk bersama udara. Indra pembau merupakan sel-sel yang peka terhadap bau sehingga zat-zat yang berbahaya dan berbau tidak sedap tidak terhirup. Selaput lendir sebagai perangkap benda asing yang masuk terhirup saat bernapas. *Konka* mempunyai banyak kapiler darah yang berfungsi menyamakan suhu udara yang terhirup dari luar dengan suhu tubuh atau menghangatkan udara yang masuk ke paru-paru.

## b. Pangkal Tenggorok (Faring)

Udara yang hangat dan lembap dari rongga hidung selanjutnya masuk ke faring. Faring merupakan hulu kerongkongan yang merupakan percabangan dua saluran, yaitu saluran pernapasan (*nasofarings*) pada bagian depan dan saluran pencernaan (*orofarings*) pada bagian belakang. Pangkal tenggorok terdiri atas katup (*epiglottis*) dan keping tulang rawan yang membentuk jakun. Pada bagian jakun terdapat pita suara (*pita vocalis*). Masuknya udara melalui faring akan menyebabkan pita suara bergetar dan terdengar sebagai suara.

## c. Batang Tenggorok (Trakea)

Udara yang telah masuk ke saluran pernapasan (*nasofaring*) selanjutnya masuk ke batang tenggorok (*trakea*). Batang tenggorok berfungsi untuk menyediakan tempat bagi udara yang dibawa masuk dan udara yang akan dikeluarkan.

Batang tenggorok bersifat kaku dan terbuka panjangnya sekitar 10 cm. Dindingnya tersusun dari cincin-cincin tulang rawan dan selaput lendir yang terdiri atas jaringan *epitelium bersilia*. Fungsi silia pada dinding trakea untuk menyaring benda-benda asing yang masuk ke dalam saluran pernapasan. Batang tenggorok bercabang menjadi dua. Percabangan batang tenggorok disebut *bronkus*, yang masing-masing cabang memasuki paru-paru kanan dan paru-paru kiri.

### ✓ Ayo Kita Diskusikan

Sebelum menjawab pertanyaan lakukanlah aktivitas berikut!

Telanlah ludah bersamaan dengan menghirup udara, atau telanlah ludah bersamaan dengan menghembuskan udara!

Apakah kamu dapat melakukan kedua aktivitas itu secara bersamaan? Mengapa demikian?

## d. Cabang Batang Tenggorok (Bronkus)

Struktur bronkus hampir sama dengan trakea, tapi lebih sempit. Bentuk tulang rawan bronkus tidak teratur berselang seling dengan otot. Di dalam paru-paru, bronkus bercabang-cabang lagi menjadi **bronkiolus**.

## e. Anak Cabang Batang Tenggorok (Bronkiolus)

Bronkiolus merupakan percabangan dari bronkus. Jumlah dari bronkiolus sesuai dengan jumlah lobus pada paru-paru.

Paru-paru bagian kanan memiliki 3 lobus. Jumlah bronkiolus pada paru-paru kanan sebanyak 3 buah. Paru-paru bagian kiri memiliki 2 lobus. Jadi jumlah bronkiolus pada paru-paru kiri sebanyak 2 buah. Pada ujung-ujung bronkiolus terdapat gelembung-gelembung yang sangat kecil dan berdinding tipis yang disebut **alveolus (jamak = alveloli)**. Alveolus tersebut hanya dapat dilihat dengan mikroskop.

## f. Paru-Paru (Pulmo)

Paru-paru merupakan alat pernapasan utama. Paru-paru terbagi menjadi dua bagian, yaitu paru-paru kanan (*pulmo dekster*) yang terdiri atas 3 lobus dan paru-paru kiri (*pulmo sinister*) yang terdiri atas 2 lobus. Paru-paru dibungkus oleh selaput rangkap dua yang disebut **pleura**. Pleura berupa kantung tertutup yang berisi cairan limfa. Pleura berfungsi melindungi paru-paru dari gesekan saat mengembang dan mengempis. Di dalam paru-paru terdapat bronkiolus, alveolus, dan pembuluh darah. Jaringan paru-paru berpori seperti spon dan elastis.

## g. Alveolus

Alveolus terdapat di ujung akhir bronkiolus berupa kantung kecil yang salah satu sisinya terbuka. Dinding alveolus tersusun dari satu lapis sel yang lembab dan tipis. Struktur yang demikian memudahkan molekul-molekul gas melaluinya. Dinding alveolus berbatasan dengan pembuluh kapiler darah untuk difusi gas pernapasan. Adanya gelembung-gelembung alveolus memungkinkan pertambahan luas permukaan difusi dari paru-paru. Luas permukaan alveolus 100 kali luas permukaan tubuh manusia. Besarnya luas permukaan seluruh alveolus dalam paru-paru menyebabkan penyerapan oksigen lebih efisien.

### 1) Pertukaran Oksigen dan Karbondioksida

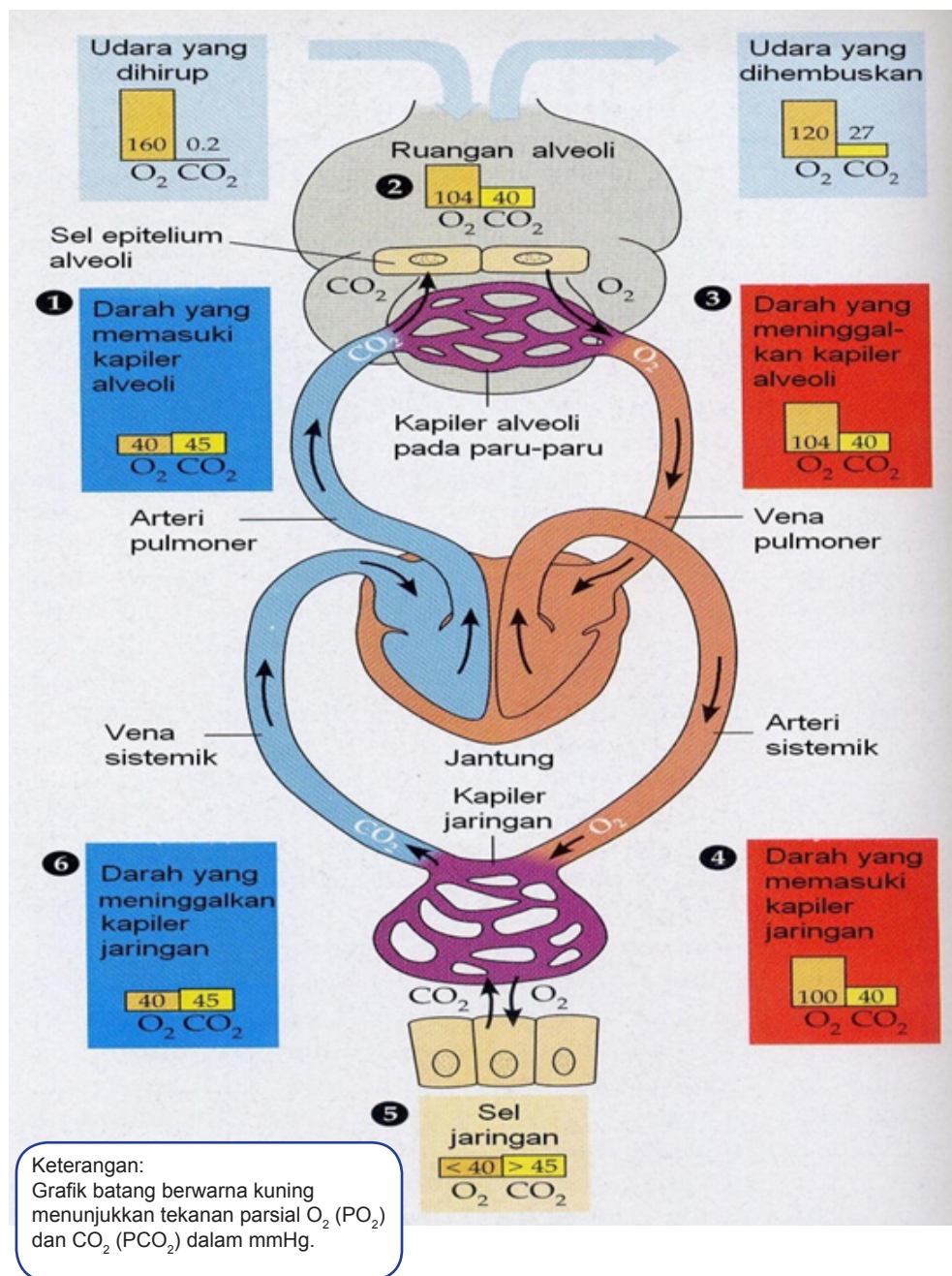
Pada paru-paru tepatnya di alveolus terjadi pertukaran antara oksigen ( $O_2$ ) dan karbondioksida ( $CO_2$ ). Tujuannya untuk mengeluarkan karbondioksida agar tidak meracuni sel-sel tubuh. Proses pertukaran antara  $O_2$  dengan  $CO_2$  terjadi secara difusi, yaitu perpindahan zat terlarut ( $O_2$  atau  $CO_2$ ) dari daerah yang memiliki konsentrasi dan tekanan tinggi ke daerah yang memiliki konsentrasi dan tekanan rendah.

Agar kamu memahami proses pertukaran oksigen dan karbondioksida pahami terlebih dahulu sistem transportasi (peredaran darah) yang sudah kamu pelajari dan yang akan dipelajari. Perhatikan dan pahami dengan baik penjelasan berikut ini.

Difusi gas, baik yang ada di udara maupun yang terlarut dalam air bergantung pada tekanan parsial. Tekanan parsial adalah tekanan yang diberikan oleh gas tertentu dalam campuran gas tersebut. Pada materi ini yang dimaksud dengan tekanan parsial adalah tekanan  $O_2$  dan  $CO_2$  yang terlarut di dalam darah. Tekanan parsial  $O_2$  diberi simbol  $PO_2$ , sedangkan tekanan parsial  $CO_2$  diberi simbol  $PCO_2$ . Pada sistem peredaran darah, tekanan parsial antara  $O_2$  dan  $CO_2$  bervariasi pada setiap organ. Darah yang masuk ke paru-paru melalui *arteri pulmoner* (*arteri pulmonalis*) memiliki  $PO_2$  yang lebih rendah dan  $PCO_2$  yang lebih tinggi daripada udara di dalam alveoli.

Pada saat darah memasuki kapiler-kapiler alveoli,  $CO_2$  berdifusi dari darah ke alveoli dan  $O_2$  yang berada di alveoli akan berdifusi ke dalam darah. Pada saat darah meninggalkan paru-paru, di dalam *vena pulmoner* (*vena pulmonalis*)  $PO_2$  telah naik dan  $PCO_2$  telah turun. Setelah darah masuk ke jantung, darah yang membawa banyak oksigen dipompakan ke seluruh bagian tubuh. Pada saat darah tiba di jaringan tubuh, akan terjadi difusi  $O_2$  dari pembuluh darah menuju jaringan tubuh dan  $CO_2$  dari jaringan tubuh masuk ke dalam darah. Setelah melepaskan  $O_2$  dan membawa  $CO_2$ , darah akan kembali ke jantung dan dipompa lagi ke paru-paru. Setiap menit paru-paru dapat menyerap sekitar 250 mL oksigen dan mengeluarkan sebanyak 200 mL karbondioksida. Agar kamu dapat memahaminya, perhatikan Gambar 7.14.





Sumber : Reece, dkk. 1999

**Gambar 7.14** Difusi gas pada sistem sirkulasi

## 2) Kapasitas Paru-Paru

Volume udara dalam paru-paru orang dewasa lebih kurang 5000 mL atau 5 L. Kemampuan paru-paru menampung udara disebut kapasitas paru-paru. Pada pernapasan orang dewasa, udara yang keluar dan masuk paru-paru sebanyak 500 mL atau 0,5 L. Udara ini disebut udara pernapasan atau udara *tidal*. Jika kalian menarik napas sedalam-dalamnya dan menghembuskan sekuat-kuatnya, volume udara yang masuk dan keluar sekitar 4000 mL atau 4 L. Volume udara ini disebut kapasitas vital paru-paru. Sebanyak 1500 mL atau 1,5 L udara tetap tinggal di dalam paru-paru, walaupun kalian telah menghembuskan udara (bernapas) sekuat-kuatnya. Volume udara ini disebut udara *residu*.





## Ayo Kita Lakukan

### Mengidentifikasi Pernapasan Dada dan Pernapasan Perut

Apa yang harus kamu lakukan?

#### A. Pernapasan Dada

Letakkan tangan di dada. Tarik napas dengan menggembungkan dada, kemudian hembuskan. Jika perlu, ulangi langkah ini beberapa kali.

#### B. Pernapasan Perut

Letakkan tangan di perut. Tarik napas dengan menggembungkan perut, lalu hembuskan. Jika perlu, ulangi langkah ini beberapa kali.

Jawablah pertanyaan berikut, tuliskan jawabanmu pada buku IPA!

1. Pada saat kamu melakukan pernapasan dada, apa yang dapat kamu rasakan?
2. Pada saat kamu melakukan pernapasan perut, apa yang dapat kamu rasakan?
3. Adakah perbedaan proses yang terjadi pada pernapasan dada dan pernapasan perut? Jelaskan!

## 3. Gangguan Sistem Pernapasan

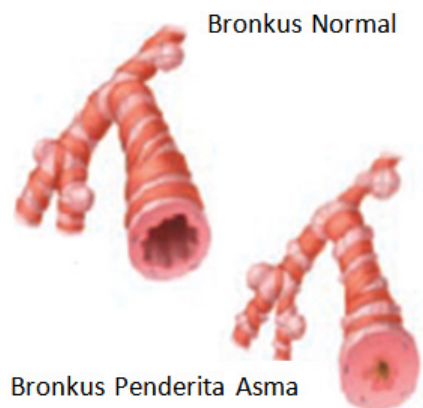
Cobalah untuk menahan nafas selama  $\pm 15$  detik! Bagaimana rasanya?

Hal ini menunjukkan bahwa manusia tidak dapat hidup tanpa udara (oksigen). Bayangkan bila ada seseorang yang menderita gangguan pernapasan, pasti orang tersebut akan sangat kesulitan untuk bernapas. Ternyata, ada banyak sekali gangguan yang terjadi pada sistem pernapasan. Tahukah kamu apa saja gangguan yang dapat terjadi pada sistem pernapasan?

### a. Asma

Asma merupakan salah satu kelainan yang menyerang saluran pernapasan. Beberapa hal yang menyebabkan terjangkitnya asma, antara lain asap rokok, debu, bulu hewan peliharaan, dan lain-lain. Benda-benda yang merupakan zat pemicu alergi (*alergen*) tersebut menyebabkan terjadinya pembengkakan pada saluran pernafasan, sehingga menjadi lebih dangkal daripada kondisi normal.

Pembengkakan yang terjadi pada saluran pernapasan ini menyebabkan penderita menjadi kesulitan untuk menghirup cukup oksigen. Penderita asma akan mengalami batuk, napas berbunyi, sesak napas atau mengalami kesulitan untuk bernapas. Gejala asma akan muncul jika penderita terkena benda-benda (*alergen*). Dengan demikian, penderita asma harus berhati-hati untuk menghindari keadaan atau tempat munculnya alergen.

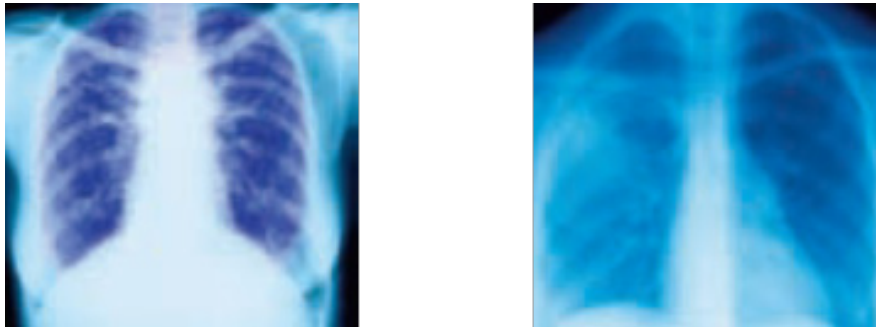


Sumber: Berwald, dkk. 2007

**Gambar 7.16** Kondisi bronkus penderita asma

## b. Pneumonia

Pneumonia merupakan infeksi yang terjadi pada paru-paru. Penyebab terjadinya pneumonia, antara lain karena infeksi dari virus, bakteri, jamur dan parasit lainnya. Pada paru-paru penderita pneumonia terdapat cairan yang kental. Cairan tersebut dapat mengganggu pertukaran gas pada paru-paru. Hal ini menyebabkan oksigen yang diserap oleh darah menjadi kurang. Gambar 7.17 merupakan perbandingan antara paru-paru orang sehat dengan paru-paru penderita pneumonia.



Sumber: Berwald, dkk. 2007

**Gambar 7.17** Kondisi Paru-paru Normal (Kiri) Penderita Pneumonia (Kanan)

## c. Kekurangan Oksigen

Pernahkah kamu tersedak? Bagaimana rasanya? Ketika kamu tersedak, oksigen tidak dapat disuplai ke paru-paru dengan lancar, sehingga paru-paru akan kekurangan oksigen. Salah satu penyebab kekurangan oksigen adalah tersedak. Penyebab lainnya adalah gas karbonmonoksida (CO), dimana gas ini memiliki sifat lebih reaktif dengan darah dibanding  $O_2$ . Gas ini berbahaya bagi tubuh, apalagi gas ini tidak berbau, sehingga penghirup gas ini tidak dapat mendeteksi adanya gas ini. Karbonmonoksida dihasilkan dari limbah industri terutama dari hasil pembakaran tidak sempurna gas alam dan material-material lain yang mengandung karbon. Misalnya batubara. Secara alami, gas CO terbentuk dari proses meletusnya gunung berapi, proses biologi, dan oksidasi senyawa hidrokarbon seperti metana yang berasal dari tanah basah dan kotoran makhluk hidup.

### 1) Tuberculosis (TBC)

Penyakit ini disebabkan oleh infeksi bakteri *Bacillus tuberculosis* pada paru-paru. Infeksi bakteri inilah yang menyebabkan terjadinya radang paru-paru. Selain itu, penyakit ini juga menyebabkan alveolus mengandung banyak cairan sehingga mengganggu proses difusi antara oksigen dan karbondioksida.

### 2) Kanker Paru-Paru

Kanker paru-paru terjadi karena tumbuhnya sel-sel yang tidak terkendali pada paru-paru. Jaringan kanker akan mendesak alveolus, sehingga tidak berfungsi. Penyebab kanker paru-paru adalah akibat menghirup zat-zat yang bersifat karsinogen atau memicu terbentuknya kanker, misalnya debu asbes, kromium, produk petroleum, dan radiasi ionisasi. Perokok memiliki kemungkinan lebih besar terkena penyakit kanker paru-paru.

### 3) Influenza

Flu merupakan penyakit yang disebabkan oleh infeksi virus influenza, sering disebut penyakit influenza. Gejala yang ditimbulkan pada pilek, yaitu hidung tersumbat, bersin-bersin, dan rongga hidung terasa gatal. Dengan kondisi hidung tersumbat, penderita influenza akan kesulitan untuk bernapas.

#### Refleksi

Pernahkah kamu membayangkan bahwa sistem transportasi di dalam tubuh dikatakan mirip dengan sistem transportasi yang sering kita temui di jalan raya? Ada bus penumpang dan ada penumpang yang dibawa. Pada sistem transportasi di dalam tubuh, ada sel darah merah yang ditumpangi oleh sari-sari makanan dan oksigen untuk diantarkan ke bagian-bagian tubuh yang membutuhkan. Sel darah merah dari jantung akan melalui jalan yang besar, yaitu aorta dan arteri. Semakin jauh dari jantung, sel darah merah akan melalui jalan-jalan kecil, yaitu kapiler darah. Selanjutnya, sel darah merah akan kembali dengan mengangkut zat sisa metabolisme dan karbondioksida untuk dikeluarkan dari tubuh. Ditambah lagi dengan peran sel darah putih yang siap menjaga kamu dari serangan penyakit atau virus dari luar tubuh, seperti halnya polisi lalu lintas yang senantiasa menjaga ketertiban jalan raya.

Tuhan menciptakan sistem transportasi yang sangat rumit dengan ukuran yang sangat kecil di dalam tubuhmu. Sistem transportasi di tubuhmu bekerja selama 24 jam tanpa henti bahkan saat kamu tidur lelap. Luar biasa, bukan? Apakah mungkin terjadi kemacetan di dalam sistem transportasi di dalam tubuhmu? Apa kira-kira yang dapat menyebabkan kemacetan pada sistem transportasi di dalam tubuh?



#### Info Ilmuwan

Tahukah kamu, Ibnu Nafis (1213-1288 M)? Ia adalah orang yang pertama kali menjelaskan peredaran darah pada manusia pada tahun 1242 M. Nafis mampu menerangkan secara tepat tentang paru-paru dan memberikan gambaran mengenai saluran pernapasan, interaksi antara saluran udara dengan darah dalam tubuh manusia, dan fungsi pembuluh arteri dalam jantung sebagai pemasok darah bagi otot jantung. Penemuannya mengenai peredaran darah di paru-paru ini merupakan penemuan yang menarik, dan Nafis dianggap telah memberikan pengaruh besar bagi perkembangan ilmu kedokteran di Eropa pada abad XVI. Melalui penemuannya tersebut, para ilmuwan menganggapnya sebagai tokoh pertama dalam ilmu sirkulasi darah. Beliau juga menulis buku *Comprehensive Book on the Art of Medicine* yang terdiri atas 300 volume. Sebagian besar karyanya tak tercatat sampai ditemukan di Berlin pada tahun 1924. Ilmuwan selanjutnya yang mempelajari peredaran darah dan fungsi jantung adalah William Harvey (1578-1657 M). Bukunya yang masyhur *An Anatomical Treatise on the Movement of the Heart and Blood in Animals* diterbitkan pada tahun 1628 M. Dalam bukunya, Harvey menyatakan bahwa arteri membawa darah dari jantung, sedangkan vena membawa darah kembali ke jantung.

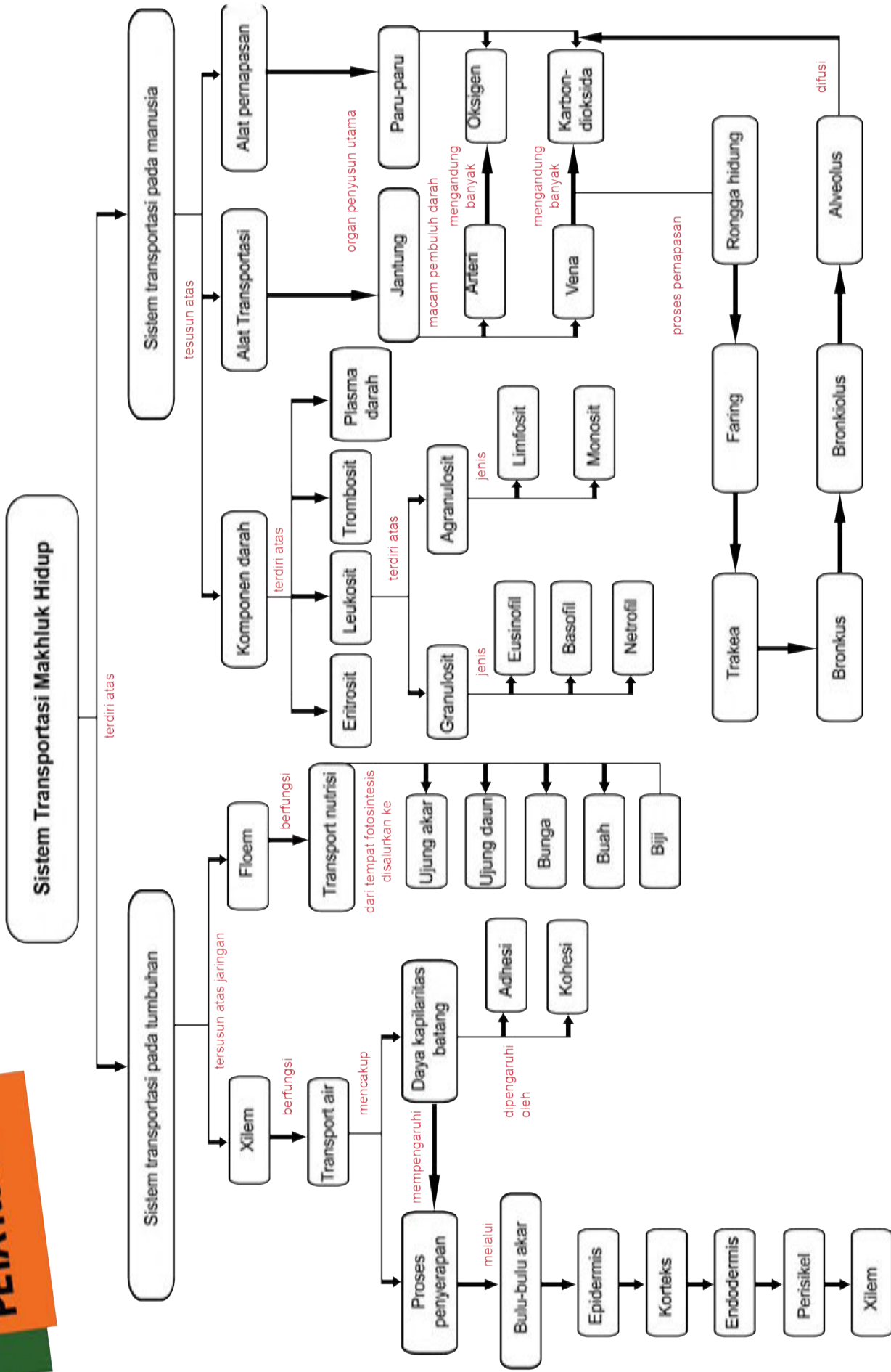


## Rangkuman

1. Sistem transportasi merupakan proses pengangkutan nutrisi, oksigen, karbondioksida, dan sisa metabolisme pada makhluk hidup.
2. Sistem transportasi pada tumbuhan memanfaatkan berkas pengangkut berupa *xilem* yang berfungsi mengedarkan air dan mineral serta *floem*.
3. Sistem transportasi pada tubuh manusia memanfaatkan darah yang terus-menerus beredar di seluruh tubuh.
4. Alat transportasi pada tubuh manusia meliputi jantung sebagai pemompa darah dan pembuluh darah sebagai saluran tempat darah beredar.
5. Aliran dan tekanan darah pada manusia menggunakan prinsip tekanan pada zat cair yang dikenal dengan Hukum Pascal yang menyatakan bahwa tekanan yang diberikan pada zat cair di dalam ruangan tertutup diteruskan ke segala arah dan sama besar.
6. Gangguan pada sistem peredaran darah dapat berupa serangan jantung dan stroke.
7. Bernapas merupakan proses memasukkan  $O_2$  ke dalam tubuh dan mengeluarkan  $CO_2$  ke luar tubuh manusia.
8. Organ pernapasan pada manusia terdiri atas hidung, pangkal tenggorok (*faring*), batang tenggorok (*trakhea*), cabang batang tenggorok (*bronkus*), anak cabang tenggorok (*bronkiolus*), dan paru-paru (*pulmo*).
9. Gangguan sistem pernapasan dapat berasal dari adanya kelainan atau infeksi mikroba pada paru-paru. Contoh gangguan sistem pernapasan adalah asma, pneumonia, kekurangan oksigen, tuberkulosis, kanker paru, dan influenza.



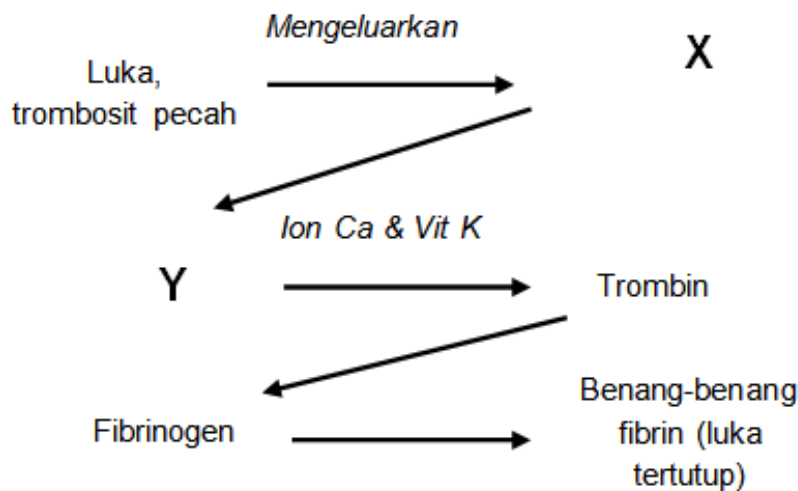
# PETA KONSEP





A. Pilihlah jawaban yang benar!

1. Jaringan tumbuhan yang memiliki fungsi mengangkut hasil fotosintesis dari daun dan diedarkan ke seluruh tubuh tumbuhan adalah ....
  - a. xilem
  - b. floem
  - c. korteks
  - d. epidermis
2. Berikut ini yang **bukan** merupakan fungsi darah adalah ....
  - a. mengangkut  $O_2$  dan  $CO_2$
  - b. menyembuhkan luka
  - c. memungkinkan proses pembekuan darah
  - d. mengangkut sari-sari makanan
3. Perhatikan diagram proses pembekuan darah di bawah ini!



Berdasarkan diagram di atas, X dan Y secara berturut-turut adalah ....

- a. fibrinogen dan trombokinase/ tromboplastin
- b. trombokinase/ tromboplastin dan fibrinogen
- c. trombokinase/ tromboplastin dan protombin
- d. trombokinase/ tromboplastin dan fibrin

4. Perhatikan gambar di samping!

Fungsi bagian yang dituju oleh tanda panah

() pada gambar tersebut adalah ....



- a. tempat penyaringan udara
- b. tempat pertukaran  $O_2$  dan  $CO_2$
- c. tempat pertukaran nutrisi dan sisa metabolisme
- d. tempat penyesuaian suhu dan kelembapan udara

5. Perhatikan kelainan-kelainan atau penyakit berikut:

- 1. Hipertensi
- 2. Serangan jantung
- 3. Diabetes
- 4. Anemia
- 5. Buta warna
- 6. Stroke

Berikut merupakan gangguan yang terjadi pada sistem peredaran darah terdapat pada nomor ....

- a. 1,2,4,6
- b. 1,2,3,4
- c. 1,2,5,6
- d. 1,2,4,5

6. Tabel perbedaan pembuluh darah berikut ini yang benar adalah ....

No.	Pembuluh Nadi (Arteri)	Pembuluh Balik (Vena)
A	Mengalirkan darah keluar jantung	Mengalirkan darah menuju ke jantung
B	Jika terkena luka darah akan keluar memancar	Jika terkena luka darah akan keluar memancar
C	Umumnya darah kaya akan karbondioksida ( $CO_2$ )	Umumnya darah kaya akan oksigen ( $O_2$ )
D	Mempunyai katup sepanjang pembuluh darah	Hanya mempunyai satu katup

7. Berikut ini merupakan jalannya udara pada sistem pernapasan manusia yang benar adalah ....

- a. rongga hidung – laring – trakea – bronkiolus – bronkus– paru-paru
- b. rongga hidung – faring – trakea – bronkiolus – bronkus– paru-paru
- c. rongga hidung – faring – laring – bronkus – bronkiolus – paru-paru
- d. rongga hidung – faring – trakea – bronkus – bronkiolus – paru-paru

8. Pernyataan yang benar tentang mekanisme inspirasi adalah ....
- diafragma dan otot dada kontraksi, rongga dada kembali normal, paru-paru kembali normal, dan udara keluar dari paru-paru.
  - diafragma dan otot dada relaksasi, rongga dada kembali normal, paru-paru kembali normal, dan udara keluar dari paru-paru.
  - diafragma dan otot dada berkontraksi, rongga dada membesar, paru-paru mengembang, dan udara masuk ke paru-paru.
  - diafragma dan otot dada berkontraksi, rongga dada membesar, paru-paru mengecil, dan udara masuk ke paru-paru.
9. Apabila kita menarik napas sekuat-kuatnya kemudian menghembuskan sekuat-kuatnya, maka volume udara yang masuk dan keluar disebut dengan ....
- kapasitas paru-paru
  - kapasitas vital paru-paru
  - udara pernapasan
  - udara residu
10. Gangguan pada sistem pernapasan yang disebabkan oleh bakteri *Bacillus tuberculosis* adalah ....
- tuberkolosis (TBC)
  - pneumonia
  - influenza
  - kanker paru-paru

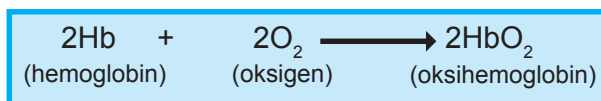
**B. Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan benar!**

1. Berikut ini merupakan skema lintasan jalannya air yang masuk ke dalam *xylem* tumbuhan.

air → sel-sel epidermis akar (rambut akar) → korteks →  
 endodermis → perisikel → *xylem* akar

Berdasarkan lintasan jalannya air di atas, jelaskan dimana peristiwa osmosis terjadi! Mengapa demikian?

2. Bu Indra pergi ke dokter untuk melakukan pengecekan tekanan darahnya. Setelah dilakukan pengukuran tekanan darah, dokter mengatakan bahwa tekanan darah ibu Indra adalah 110/90. Jelaskan maksud dari hasil pengukuran tekanan darah tersebut! Kaitkan jawabanmu dengan tekanan darah dan kondisi pembuluh darah pada saat itu.
3. Salah satu fungsi darah adalah mengangkut oksigen dan karbondioksida. Selain itu, adakah fungsi darah yang lainnya? Jika ada, sebutkanlah fungsi darah yang lainnya!
4. Pada saat bernyanyi, penyanyi menggunakan mekanisme pernapasan tertentu. Mekanisme pernapasan tersebut dipilih karena dianggap menguntungkan terutama dari segi keindahan fisik (tubuh) ketika penyanyi tersebut di atas panggung. Mekanisme pernapasan apa yang dimaksud? Jelaskan mengapa mekanisme tersebut dipilih!
5. Perhatikan reaksi pengikatan oksigen yang dilakukan oleh hemoglobin di bawah ini!



Jelaskan dari manakah oksigen berasal, sehingga oksigen dapat diikat oleh hemoglobin!

## Pemecahan masalah

### Bagian I

#### Detak Jantung

Pada awalnya diketahui bahwa cara menghitung rata-rata maksimum detak jantung seseorang adalah dengan rumus sebagai berikut

**Rata – Rata maksimal detak jantung = 220 – usia**

Penelitian terbaru saat ini menemukan rumus terbaru hasil modifikasi dari rumus di atas yakni:

**Rata – Rata maksimal detak jantung = 208 – ( 0, 7 x usia )**

#### Permasalahan

Sebuah artikel menyatakan bahwa penggunaan rumus terbaru ternyata berbeda jauh dengan rumus yang lama dalam mengukur detak jantung seseorang. Perbedaannya adalah jika akan mengukur detak jantung anak muda maka akan terjadi penurunan yang tajam dan jika akan mengukur detak jantung orang tua akan terjadi kenaikan yang tajam pula.

Menurutmu, pada usia berapakah tidak ada perbedaan sama sekali dari penggunaan kedua rumus tersebut?

### Bagian II

Seorang ibu membeli sayur kangkung di pasar. Sesampainya di rumah, sayurannya terlihat layu. Ibu tersebut merendam akar sayuran di air. Ternyata sayuran tersebut tampak segar kembali.



- a. Peristiwa apakah yang terjadi dalam cerita di atas?
- b. Mengapa hal tersebut dapat terjadi?
- c. Apa yang terjadi jika seandainya tumbuhan tersebut tidak memiliki akar dan tetap direndam?



### Tugas Proyek

#### **Mengidentifikasi Kelainan atau Penyakit pada Sistem Transportasi**

##### **Apa yang harus kamu siapkan?**

Buku, kertas HVS (1 – 2 lembar) dan alat tulis

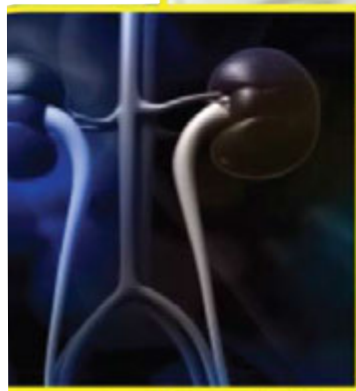
##### **Apa yang harus kamu lakukan?**

1. Bersama dengan anggota kelompok, identifikasilah satu jenis kelainan atau penyakit yang menyerang sistem transportasi! Carilah informasi dari koran, majalah ataupun media massa yang lainnya, baik media cetak ataupun elektronik. Apabila memungkinkan pergilah ke puskesmas atau rumah sakit untuk mendapatkan informasi yang lebih banyak.
2. Tulislah brosur tentang upaya yang dapat kalian lakukan untuk menjaga kesehatan sistem transportasi! Bekerjasamalah dengan teman satu kelompokmu serta gunakan kreativitas kalian untuk menyusun brosur ini!
3. Jika telah selesai, tempelkan artikel kalian di mading kelas agar dapat dibaca oleh teman yang lain.

# Bab 8

## Sistem Ekskresi

Gambar di samping menunjukkan pasien yang sedang menjalani terapi cuci darah. Cuci darah dilakukan pada pasien yang menderita kegagalan fungsi ginjal, organ yang sangat penting dalam proses ekskresi zat-zat dalam tubuh. Untuk mengetahui proses ekskresi pada manusia, pelajari bab ini dengan penuh semangat.

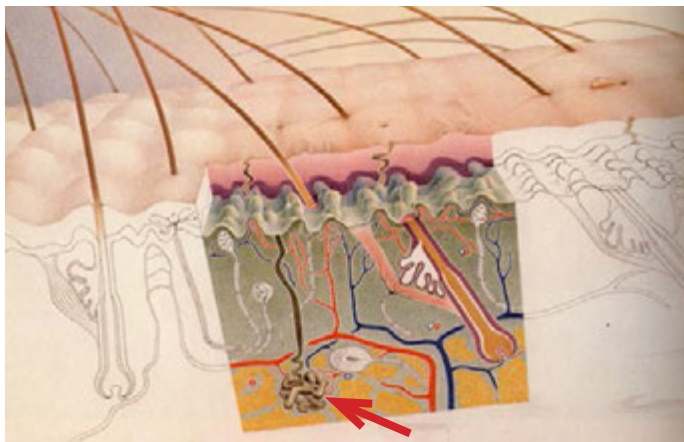


Sumber : [www.freedigitalphotos.net](http://www.freedigitalphotos.net)

Tubuh memiliki mekanisme untuk membuang sampah-sampah yang tidak dibutuhkan. Pembuangan zat sisa dari dalam tubuh ditunjukkan pada berbagai proses, yaitu pengeluaran keringat, pengeluaran urin, pengeluaran gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O, serta pengeluaran urea dan cairan empedu. Tahukah kamu mengapa zat-zat sisa ini perlu dibuang dari dalam tubuh? Ternyata, zat-zat sisa metabolisme ini dapat meracuni tubuh jika tidak dikeluarkan.



Perhatikan Gambar 8.1. Pada gambar tersebut bagian apakah yang berfungsi untuk menghasilkan keringat?



Sumber: Dokumen Kemdikbud  
**Gambar 8.1** Struktur kulit manusia



**Ayo Kita Pelajari**

- A. Struktur dan fungsi sistem ekskresi pada manusia
  1. Ginjal
  2. Kulit
  3. Paru-paru
  4. Hati
- B. Gangguan pada sistem ekskresi manusia
- C. Pola hidup sehat untuk menjaga sistem ekskresi



**Istilah Penting**

Ekskresi	Defekasi
Sekresi	Ginjal
Nefron	kulit
Hati	Paru-Paru
Epidermis	Dermis
Uretra	Ureter



**Mengapa Penting ?**

Sistem ekskresi akan membantu membersihkan darah dari sampah yang beracun bagi tubuh kita.



Sumber: Dokumen Kemdikbud  
**Gambar 8.2** Tempat sampah



**Ayo PIKIRKAN**

Coba kamu bayangkan ketika sedang ada di rumah, setiap kegiatan yang kamu lakukan pasti ada sampah yang dibuang. Contohnya kertas, plastik-plastik bekas pembungkus makanan, atau sisa-sisa makanan. Kalau dihitung pasti banyak sekali sampah yang menumpuk di dalam rumah jika tidak secara teratur dibuang! Selanjutnya, bagaimana dengan sampah-sampah yang ada di dalam tubuh kita? Nah, untuk menjawab permasalahan ini mari kita diskusikan berbagai kegiatan berikut ini!

## ✓ Ayo Kita Diskusikan

### Sistem Ekskresi pada Manusia

Apakah tubuh kita mengeluarkan sampah? Coba identifikasilah sampah-sampah yang dikeluarkan oleh tubuhmu. Tulislah sampah yang dikeluarkan oleh tubuh.

---

---

Mengapa sampah-sampah dalam tubuhmu harus dikeluarkan?

---

---

Bagaimana jika sampah-sampah dalam tubuhmu tidak dikeluarkan?

---

---

## A. Struktur dan Fungsi Sistem Ekskresi pada Manusia

Seperti halnya sampah yang perlu dibuang dari dalam rumah agar tetap layak huni, maka tubuh kita juga harus membuang sampah dari dalam tubuh agar tetap sehat. Setelah kita minum, bernapas, dan berlari ternyata banyak bahan yang dikeluarkan tubuh. Tubuh memiliki sistem tersendiri untuk mengatur kondisinya. Sistem ini berfungsi untuk mengeluarkan zat sisa dalam tubuh. Bagaimana jika zat sisa ini tidak dikeluarkan? Jika tubuh tidak mengeluarkan zat sisa akan bersifat meracuni tubuh sehingga akan merusak berbagai organ dalam tubuh bahkan dapat berujung pada kematian.

Sistem ekskresi pada manusia melibatkan organ ekskresi berupa ginjal, kulit, paru-paru, dan hati. Zat sisa yang dikeluarkan dari organ-organ tersebut merupakan bahan sisa dari proses metabolisme.

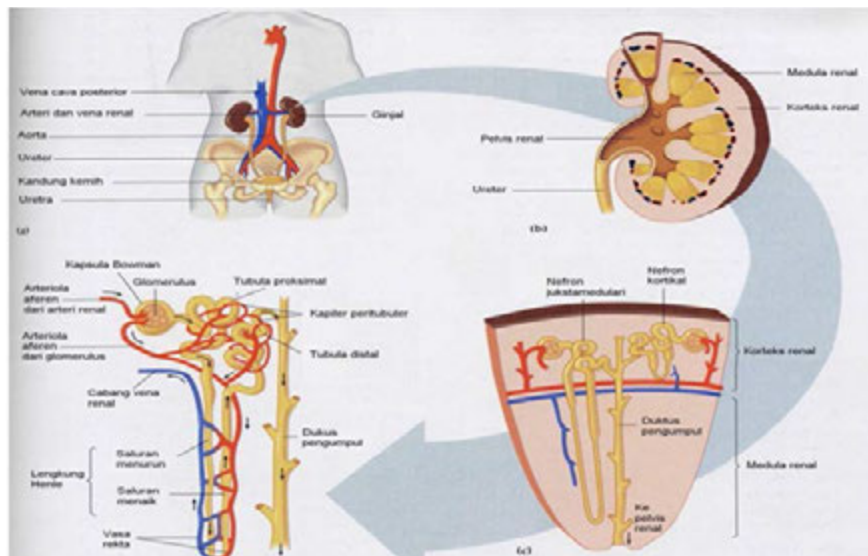
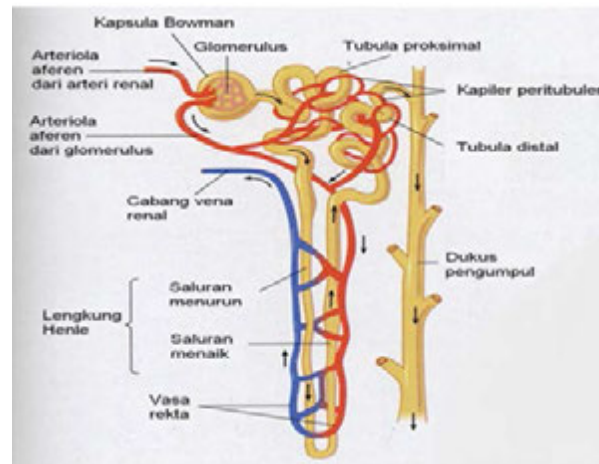
### 1. Ginjal

Ginjal disebut juga *ren* berbentuk seperti biji kacang merah. Ginjal terletak di kanan dan kiri tulang pinggang, yaitu di dalam rongga perut pada dinding tubuh bagian belakang (*dorsal*). Ginjal sebelah kiri letaknya lebih tinggi daripada ginjal sebelah kanan. Ginjal berfungsi untuk menyaring darah yang mengandung limbah sisa metabolisme dari sel. Ginjal berwarna merah karena banyak darah yang masuk ke dalam ginjal. Darah akan masuk ke dalam ginjal melalui *arteri* besar dan akan keluar dari ginjal melalui pembuluh *vena* besar.

## ✓ Ayo Kita Diskusikan

Analisislah organ tubuh apakah yang akan mengatur pengeluaran zat sisa di dalam tubuh. Carilah informasi dari berbagai sumber yang kamu dapat, susunlah dalam sebuah peta pikiran yang mencakup struktur dan fungsi dalam sistem ekskresi.

Apabila sebuah ginjal dipotong melintang, maka akan tampak tiga lapisan, seperti pada Gambar 8.3. Bagian luar disebut *korteks* atau kulit ginjal, di bawahnya ada *medula* atau sumsum ginjal dan di bagian dalam berupa rongga yang disebut rongga ginjal atau *pelvis renalis*.



Sumber: Reece, dkk. 1999

**Gambar 8.3** Anatomi struktur ginjal (kiri) dan gambar nefron (kanan)

Ginjal tersusun atas lebih kurang 1 juta alat penyaring atau nefron. **Nefron** merupakan satuan struktural dan fungsional ginjal. Sebuah nefron terdiri atas sebuah komponen penyaring atau badan *Malphigi* yang dilanjutkan oleh saluran-saluran (*tubulus*). Setiap badan *malphigi* mengandung gulungan kapiler darah yang disebut *glomerulus* yang berada dalam kapsula *Bowman*. Pada bagian inilah proses penyaringan darah dimulai.

*Medula* (sumsum ginjal) tersusun atas saluran-saluran yang merupakan kelanjutan dari badan malphigi dan saluran yang ada di bagian korteks. Saluran-saluran itu adalah **tubulus kontortus proksimal**, **tubulus kontortus distal**, **tubulus pengumpul**, dan **lengkung henle** yang terdapat pada medula. Lengkung henle adalah bagian saluran ginjal yang melengkung pada daerah medula dan berhubungan dengan tubulus proksimal dan tubulus distal di daerah korteks.

**Pelvis renalis** atau rongga ginjal berfungsi sebagai penampung urin sementara sebelum dikeluarkan melalui ureter. Ginjal memiliki fungsi sebagai penyaring darah, untuk lebih memahami proses penyaringan yang terjadi di dalam ginjal, ayo kita coba lakukan pemodelan berikut ini.





## Ayo Kita Coba

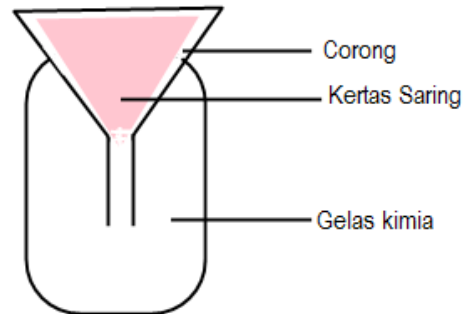
### MODEL PENYARINGAN DARAH DALAM GINJAL

#### Apa yang kamu siapkan?

Air, tepung terigu, pengaduk, gelas kimia, corong, dan kertas saring.

#### Apa yang kamu lakukan?

1. Buatlah campuran dari tepung terigu dan air membentuk suatu larutan dengan perbandingan air dengan tepung 2:1.
2. Susunlah alat seperti pada bagan berikut ini.
3. Tuangkan secara hati-hati sebagian larutan yang telah dibuat, di atas kertas saring.
4. Amatilah larutan yang terbentuk, bandingkan dengan larutan yang belum disaring, apa yang membedakan ?



Sumber: Dokumen Kemdikbud

**Gambar 8.4** Perangkat model penyaringan darah

#### Coba pikirkan ?

1. Bagaimana perbedaan air dari hasil larutan hasil penyaringan dan bahan awal sebelum disaring?
2. Apa yang menyebabkan berbeda?
3. Bila rangkaian percobaan pada Gambar 8.4 diumpamakan sebagai badan malpighi, maka
  - a. corong dan kertas saring diumpamakan sebagai apa pada badan malpighi?
  - b. gelas kimia diumpamakan sebagai apa pada badan malpighi?

Proses pembentukan urin di dalam ginjal melalui tiga tahapan. Ketiga tahapan tersebut adalah sebagai berikut.

- a. Pada proses pembentukan urin, darah mengalir dari arteri ginjal masuk ke dalam glomerulus yang berisi kapiler-kapiler darah. Pada bagian ini akan terjadi penyaringan pertama yang kemudian akan disimpan di dalam kapsula Bowman. Ketika darah masuk ke glomerulus, tekanan darah menjadi tinggi sehingga mendorong air dan komponen-komponen melalui pori-pori kapiler yang akan menghasilkan filtrat. Cairan hasil penyaringan tersebut, tersusun dari urea, glukosa air, dan ion-ion anorganik, seperti natrium, kalium, kalsium, dan klor. Darah dan protein tetap tinggal di dalam kapiler darah karena tidak dapat menembus pori-pori glomerulus. Cairan yang tertampung di kapsula Bowman disebut urin primer, tahapan ini disebut **filtrasi**.
- b. Setelah tahap filtrasi, urin primer masuk ke tubulus kontortus proksimal. Maka di tubulus kontortus proksimal terjadi proses penyerapan kembali, yaitu zat-zat yang masih diperlukan oleh tubuh. Zat yang diserap kembali adalah glukosa, air, asam amino, dan ion-ion organik. Sedangkan urea hanya sedikit yang diserap kembali. Bagaimana penyerapan yang terjadi di dalam tubulus kontortus proksimal? Garam di dalam urin primer akan berdifusi ke dalam sel-sel epitel pada dinding-dinding ginjal. Saat garam bergerak ke dalam sel, air akan masuk juga dengan cara osmosis, yang kemudian akan masuk ke dalam pembuluh darah.

Glukosa, asam amino, ion kalium, dan zat-zat yang masih dibutuhkan oleh tubuh juga diangkut ke dalam sel dan kemudian ke dalam kapiler darah di dalam ginjal. Cairan yang dihasilkan dari proses reabsorpsi disebut **urin sekunder**. Hasil dari reabsorpsi ini yang berupa urin sekunder mengandung air, garam, urea, dan pigmen empedu. Pigmen empedu akan memberikan warna pada urin sedangkan urea akan menimbulkan bau pada urin. Tahapan ini disebut tahap **reabsorpsi**.

c. Urin sekunder bergerak ke tubulus kontortus distal dan juga di saluran pengumpul. Pada bagian ini juga masih ada proses penyerapan ion natrium, klor dan urea. Cairan yang dihasilkan sudah keluar yang merupakan urin sesungguhnya dan kemudian disalurkan ke rongga ginjal. Tahapan ini disebut augmentasi.

Urin yang terbentuk dan terkumpul akan dibuang melalui ureter, kandung kemih, dan uretra. Urin akan masuk ke dalam **kandung kemih** yang merupakan tempat menyimpan urin sementara. Kandung kemih memiliki dinding yang elastis. Kandung kemih mampu meregang untuk dapat menampung 0,5 L urin. Kandung kemih ketika kosong akan tampak keriput, berbeda ketika kandung kemih terisi akan tampak seperti balon yang ditiup. Kandung kemih dilapisi oleh sel-sel epitel yang tebal.

Urin di dalam kandung kemih akan keluar melalui **uretra**. Proses keluarnya urin disebabkan oleh adanya tekanan di dalam kandung kemih. Tekanan pada kandung kemih selain disebabkan oleh pengaruh saraf juga disebabkan oleh adanya kontraksi otot perut dan organ-organ yang menekan kandung kemih, sehingga urin dapat keluar dari tubuh kita.

### ✓ Ayo Kita Diskusikan

Bagaimana pengeluaran urin dari kandung kemih? Jelaskan mekanisme yang terjadi di dalam kandung kemih kita, sehingga kita ingin membuang urin, atau tidak ingin mengeluarkan urin!

## 2. Kulit

Ketika kamu berolahraga kamu akan mengeluarkan keringat? Proses berkeringat ternyata berfungsi untuk mengeluarkan zat sisa metabolisme. Bagian tubuh manakah yang memiliki peran dalam pembentukan keringat dan bagaimana tubuh membuat keringat?

Kulit selain disebut sebagai organ ekskresi, juga berfungsi untuk melindungi jaringan di bawahnya dari kerusakan-kerusakan fisik karena gesekan, penyinaran, kuman-kuman, dan zat kimia. Selain itu, juga berfungsi untuk mengurangi kehilangan air, mengatur suhu tubuh, dan menerima rangsangan dari luar. Gambar 8.6 menunjukkan struktur anatomi kulit.

Berdasarkan gambar tersebut, kulit terdiri atas lapisan **epidermis (kulit ari)**, **dermis** dan **epidermis**. Epidermis dan dermis tersusun atas 3 lapisan, yaitu *stratum korneum* yang mati dan selalu mengelupas, lapisan *stratum lusidum*, lapisan *stratum granulosum* yang mengandung pigmen. Di bawah lapisan tanduk terdapat lapisan *stratum germinativum* yang terus-menerus membentuk sel-sel baru ke arah luar pada epidermis. Lapisan atas yang disebut dengan lapisan tanduk tidak terdapat pembuluh darah, serabut saraf, dan lapisan malpighi. Pada lapisan **dermis** terdapat otot penggerak rambut, pembuluh darah dan limfa, indera, kelenjar minyak serta kelenjar keringat.



Sumber: Dokumen Kemdikbud

**Gambar 8.5** Orang berkeringat (kiri) dan orang kedinginan (kanan)

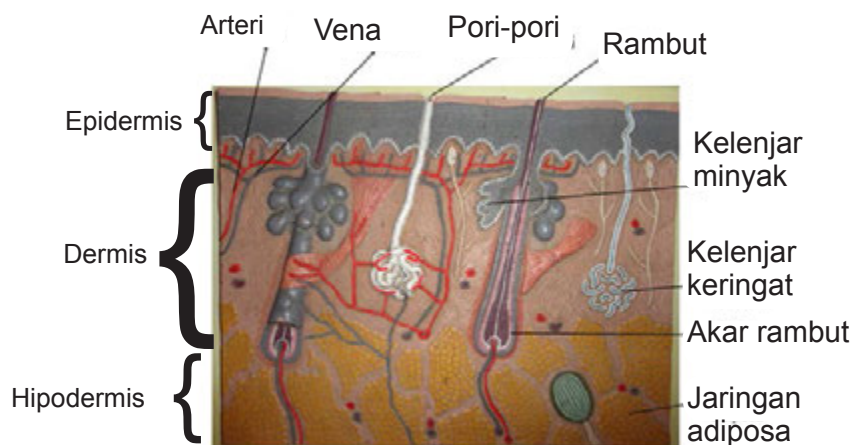
Kelenjar keringat terdapat pada kulit, berbentuk pembuluh panjang, yang terletak memanjang dari lapisan malpighi hingga ke bagian dermis. Pangkal kelenjar ini menggulung dan berhubungan dengan kapiler darah dan serabut saraf simpatik. Saraf simpatik merupakan salah satu saraf otonom/sistem saraf tak sadar. Sistem saraf ini akan bekerja tanpa diperintah oleh sistem saraf pusat dan terletak pada sumsum tulang belakang.

Berdasarkan kerjanya saraf otonom, dibedakan menjadi dua, yaitu saraf simpatik dan parasimpatik. Saraf simpatik dan parasimpatik bekerja secara berlawanan. Saraf simpatik akan meningkatkan kerja kelenjar keringat, sehingga merangsang produksi keringat. Kapiler darah dan kelenjar keringat akan menyerap air dengan larutan NaCl dan sedikit urea. Air beserta larutannya akan dikeluarkan menuju pori-pori kulit.

Tubuh memiliki kemampuan untuk mengatur berapa banyak jumlah air yang harus dikeluarkan oleh tubuh agar jumlah air di dalam darah tetap seimbang. Cairan yang ada di dalam tubuh haruslah tetap seimbang dan harus tetap mempertahankan tekanan dalam darah. Jumlah air di dalam darah akan diatur oleh bagian *hipotalamus*. Ketika otak mendeteksi bahwa di dalam darah terlalu banyak air, maka hipotalamus akan melepaskan sejumlah hormon yang mendorong ginjal untuk meningkatkan jumlah urin yang dikeluarkan. Begitu pula ketika suhu udara panas di siang hari, ketika jumlah cairan di dalam darah tinggi, maka hipotalamus akan mengeluarkan hormon tertentu dan memberikan signal pada kelenjar keringat yang ada di dalam kulit untuk memproduksi keringat yang lebih banyak.

**Ayo Kita Diskusikan**

Ketika siang hari tubuh diterpa oleh sinar matahari, kita akan mengeluarkan banyak keringat. Berbeda ketika pada musim hujan, jarang sekali kamu mengeluarkan keringat. Kamu akan lebih sering mengeluarkan urin. Mengapa hal itu terjadi? Siapa yang mengatur pengeluaran air dalam tubuh kita?

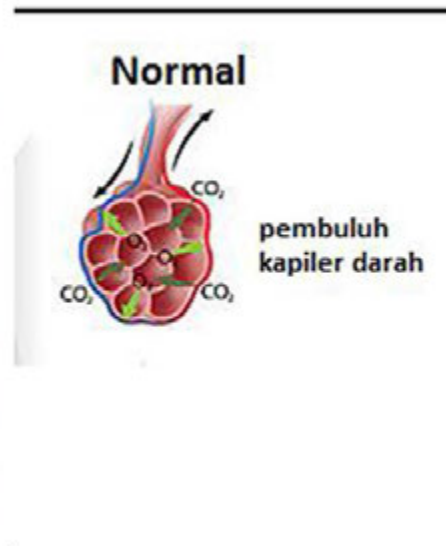
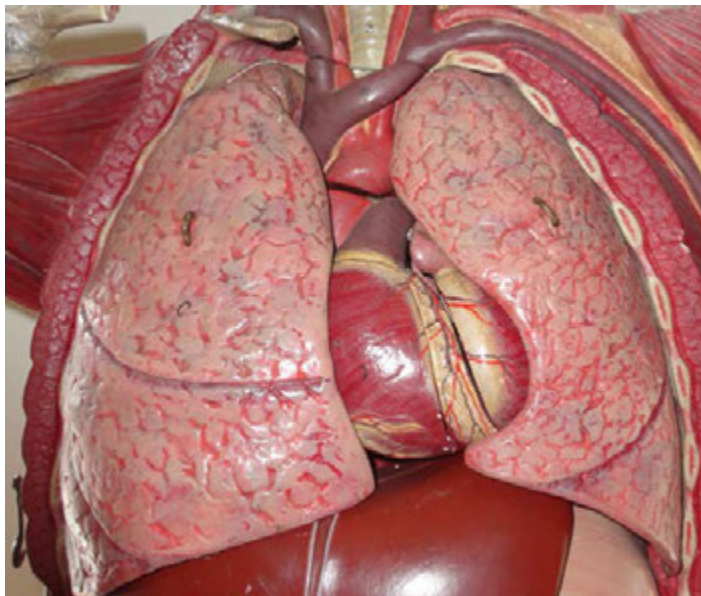
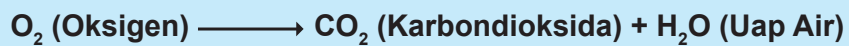


Sumber: Dokumen Kemdikbud  
**Gambar 8.6** Anatomi kulit

Otak akan mengatur kapan terjadi pengeluaran zat sisa melalui ginjal dalam bentuk urin atau melalui kulit dalam bentuk keringat. Pengaturan dilakukan oleh otak dengan mengirim signal ke ginjal atau ke kelenjar keringat pada kulit. Selain sebagai alat ekskresi, kulit juga berfungsi sebagai pengatur suhu tubuh, tempat penyimpanan cadangan makanan berupa lemak atau adiposa, pelindung untuk mengurangi hilangnya air dalam tubuh (melalui proses pengaturan pengeluaran urin dan keringat), serta melindungi tubuh dari gesekan, panas, zat kimia, dan kuman-kuman.

### 3. Paru-paru

Pembahasan tentang organ paru-paru sudah banyak dibahas pada pokok bahasan sistem transportasi dan sistem respirasi. Selain berfungsi sebagai alat pernapasan, paru-paru juga berfungsi sebagai alat ekskresi. Masih ingatkah kamu apa yang dikeluarkan paru-paru selama kita bernapas. Masihkah kamu ingat pertukaran gas yang terjadi didalam *alveolus*, seperti pada Gambar 8.7. Oksigen di udara yang memasuki *alveolus* akan berdifusi dengan cepat melintasi epitelium ke dalam kumpulan kapiler yang mengelilingi *alveolus*, sehingga karbondioksida akan berdifusi dengan arah yang sebaliknya. Darah pada *alveolus* akan mengikat oksigen dan mengangkutnya ke sel-sel jaringan. Dalam jaringan, darah mengikat karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) untuk dikeluarkan bersama  $\text{H}_2\text{O}$  yang dikeluarkan dalam bentuk uap air. Reaksi kimia tersebut secara ringkas dapat kita tuliskan.



Sumber: Dokumen Kemdikbud

**Gambar 8.7** Struktur paru-paru pada manusia dan proses bernapas pada alveolus

Aliran udara dalam alveolus terjadi karena perbedaan tekanan udara di atmosfer dengan udara di dalam alveolus. Perbedaan ini disebabkan oleh perubahan volume rongga dada dan rongga perut akibat gerakan kontraksi dan relaksasi otot dada dan otot perut. Pada saat inspirasi, tekanan udara paru-paru lebih rendah 1-2 mmHg dibandingkan tekanan udara di atmosfer dan sebaliknya pada saat ekspirasi tekanan udara paru-paru lebih tinggi 2-3 mmHg dibandingkan dengan tekanan udara atmosfer. Untuk mengingat proses pengeluaran yang terjadi pada paru-paru lakukan kegiatan berikut.

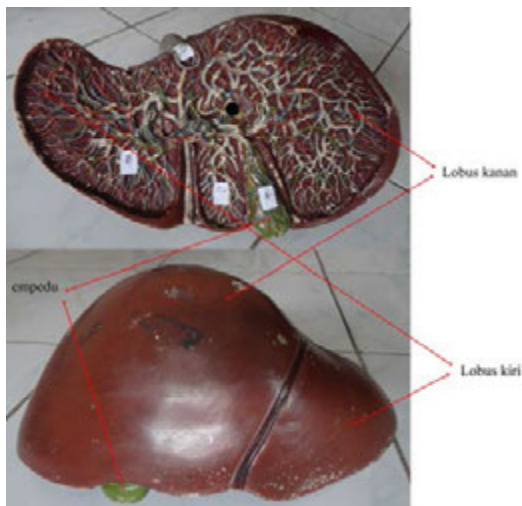




### Ayo Kita Coba

1. Hembuskan napasmu di depan cermin, coba amati apa yang terjadi pada cermin tersebut.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. Hembuskan napasmu di atas air kapur, coba amati apa yang akan terjadi? Apakah terjadi perubahan pada air kapur?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. Zat apakah yang dibutuhkan oleh tubuh pada saat bernapas, dan zat apa yang dikeluarkan?  
\_\_\_\_\_
4. Buatlah reaksi yang terjadi pada saat kita bernapas, dan zat yang diekskresikan oleh paru-paru.  
\_\_\_\_\_

## 4. Hati



Sumber: Dokumen Kemdikbud  
**Gambar 8.8** Struktur hati

Hati selain sebagai organ dalam sistem pencernaan makanan, juga sebagai organ dalam sistem ekskresi. Mengapa? Karena hati berperan dalam merombak sel darah merah yang telah tua dan rusak. Perubahan dilakukan oleh sel-sel khusus yang disebut sel histosit. Sel darah merah oleh histosit dipecah menjadi zat besi, *globin*, dan *hemin*.

Zat besi diambil dan disimpan dalam hati untuk dikembalikan ke sumsum tulang. *Globin* digunakan untuk metabolisme protein yang nantinya digunakan untuk membentuk *hemoglobin* (Hb) baru, sedangkan *hemin* diubah menjadi zat warna empedu berwarna hijau kebiruan yang disebut dengan *bilirubin* dan *biliverdin*.

Zat warna empedu dikeluarkan ke usus dua belas jari dan dioksidasi menjadi *urobilin*. *Urobilin* berwarna kuning cokelat yang berperan memberi warna pada feses dan urin. Hati mengekskresikan empedu yang berupa cairan yang mengandung kolesterol, garam mineral, garam empedu, serta pigmen *bilirubin* dan *biliverdin*. Organ hati juga berfungsi menguraikan asam amino dan dari penguraiannya akan menghasilkan zat sisa urea yang bersifat racun bagi tubuh kita. Urea dari dalam hati akan dikeluarkan dan diangkut ke ginjal untuk dikeluarkan bersama urin.





### Ayo Kita Pahami

Ginjal mengeluarkan zat sisa di dalam tubuh. Zat sisa tersebut dikeluarkan dalam bentuk urin yang mengandung air, NaCl (garam), asam urat, urea, dan kreatinin. Empedu diekskresikan dari dalam hati. Keringat diekskresikan dari kulit. Keringat mengandung air, NaCl, sisa metabolisme sel, urea, dan asam. Paru-paru mengekskresikan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O.

## B. Gangguan pada Sistem Ekskresi Manusia

Apakah organ ekskresimu bekerja dengan baik? Coba periksa kesehatan ginjalmu. Untuk melakukan pengujian, lakukan kegiatan berikut.



### Ayo Kita Lakukan

#### Uji Urin

##### Apa yang akan kamu uji?

Menguji urin untuk mengidentifikasi kesehatan organ ekskresi manusia.

##### Apa yang kamu duga?

.....

##### Apa yang kamu sediakan?

- |   |                           |
|---|---------------------------|
| 1. Tabung reaksi (satu tabung per sampel uji) | 7. Penjepit tabung reaksi |
| 2. Rak tabung reaksi                          | 8. Termometer             |
| 3. Pipet tetes                                | 9. Gelas kimia            |
| 4. Kertas label                               | 10. Air panas             |
| 5. Kaki Tiga                                  | 11. Pembakar spiritus     |
| 6. Urin                                       |                           |

##### Apa tujuan kamu menguji?

.....  
.....

##### a. Uji Urin yang Mengandung Gula

Reagen Benedict digunakan untuk menguji bahan makanan yang mengandung. Reagen ini berwarna biru jernih. Setelah sampel yang diuji ditetesi reagen Benedict, maka akan terjadi perubahan warna. Apabila sampel berubah warna menjadi biru kehijauan atau kuning atau merah bata berarti bahan makanan tersebut mengandung gula. Perubahan warnanya bergantung pada kadar gula dalam sampel.

##### Apa yang kamu lakukan?

- Masukkan 40 tetes (2 mL) sampel urin ke dalam tabung reaksi, beri label setiap sampel
- Tambahkan 10 tetes larutan Benedict pada masing-masing tabung reaksi.
- Panaskan tabung reaksi dalam beker gelas yang berisi air bersuhu 40-50°C selama lima menit.
- Berhati-hatilah ketika menggunakan api. Pada waktu mematikan pembakar spiritus jangan ditiup, tapi dilakukan dengan menutupkan spiritus dengan penutupnya.

5. Hati-hati pada waktu memanaskan tabung reaksi dalam beker gelas berisi air panas.
6. Perhatikan perubahan warna yang terjadi!

**b. Uji Urin yang Mengandung Protein**

Reagen biuret digunakan untuk mengetahui adanya kandungan protein pada bahan makanan. Reagen biuret adalah larutan berwarna biru yang ketika bereaksi dengan protein akan berubah warna menjadi merah muda sampai ungu.

**c. Apa yang kamu lakukan?**

1. Masukkan 40 tetes (2 mL) sampel urin ke dalam tabung reaksi, beri label setiap sampel.
2. Tambahkan 3 tetes reagen biuret untuk masing-masing tabung. Kocok perlahan-lahan untuk mencampur.
3. Perhatikan perubahan warna yang terjadi!

**Data pengamatan**

Isikan data pengamatanmu dengan cermat dan teliti sesuai dengan hasil percobaan.

Sampel urin	Uji glukosa	Uji protein	Ada/tidak endapan	Warna	Gangguan yang mungkin

**Analisis**

1. Apa yang kamu ketahui tentang kandungan yang ada pada urin manusia !
2. Tulislah kelainan yang dapat diketahui dari hasil pemeriksaan urin!

Coba renungkan betapa nikmatnya kesehatan yang diberikan oleh Tuhan, dengan berbagai pengaturan dalam tubuh kita.

**Kesimpulan**

---



---



---



---



---

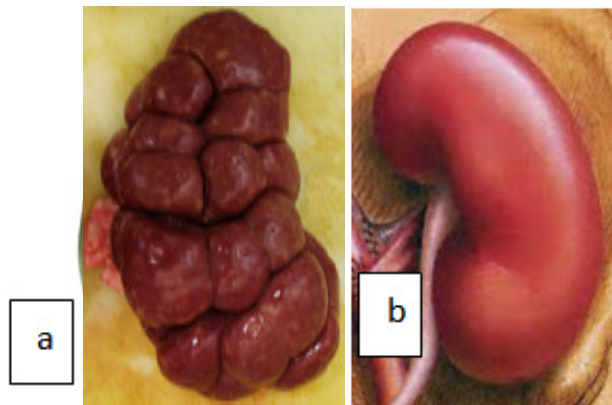


---

Setelah kamu melakukan pengujian, bagaimana kondisi ginjalmu? Sekarang mari kita cermati berbagai gangguan yang muncul dalam sistem ekskresi manusia.

## 1. Nefritis

Nefritis adalah peradangan pada nefron, yaitu kerusakan bagian glomerulus ginjal. Nefritis disebabkan oleh infeksi bakteri *Streptococcus*. Nefritis mengakibatkan masuknya kembali asam urin dan urea ke pembuluh darah (uremia) serta adanya penimbunan air di kaki karena *reabsorpsi* air yang terganggu (*oedema*).



Sumber: <http://es.dreamstime.com>

**Gambar 8.9.** a. Ginjal penderita nefritis  
b. ginjal yang sehat

## 2. Albuminaria

Penderita penyakit albuminaria di keluarkan pada urin ditemukan adanya protein. Hal ini disebabkan oleh kerusakan glomerulus yang berperan dalam proses filtrasi

## 3. Batu ginjal

Gangguan berupa terbentuknya endapan garam kalsium di dalam rongga ginjal, saluran ginjal atau kantung kemih. Batu ginjal berbentuk kristal yang tidak dapat larut. Kandungan batu ginjal adalah kalsium oksalat, asam urat, dan kristal kalsium fosfat. Endapan ini terbentuk jika seseorang terlalu banyak mengonsumsi garam mineral dan terlalu sedikit minum air.

### INFO IPA

Sejak lama dicurigai bahwa vitamin C dosis tinggi akan meningkatkan risiko batu ginjal, karena sebagian vitamin C yang tidak di diserap tubuh akan dikeluarkan melalui urin sebagai oksalat. Karena oksalat salah satu komponen pembentuk batu ginjal.

Batu ginjal terbentuk dari kristal kecil yang dibentuk dari kalsium dan oksalat. Batu ginjal yang dapat saja keluar melalui urin, tetapi seringkali menyebabkan rasa sakit. Batu ginjal berukuran besar membutuhkan operasi untuk mengeluarkannya (Sumber: L.K., Anna, 2012).

## 4. Hematuria

Hematuria adalah suatu kelainan yang ditandai dengan adanya sel-sel darah merah pada urin. Hal ini disebabkan peradangan pada saluran kemih akibat gesekan dengan batu ginjal.

## 5. Diabetes Melitus

Penyakit diabetes melitus muncul karena pankreas tidak menghasilkan atau hanya menghasilkan sedikit sekali insulin. Insulin ini merupakan hormon yang berfungsi untuk mengubah glukosa menjadi glikogen, sehingga mengurangi kadar gula dalam darah. Kadar glukosa di dalam urin dan darah penderita sangat tinggi. Hal ini menyebabkan seringnya buang air kecil, cepat haus, dan lapar serta menimbulkan masalah pada metabolisme lemak dan protein.

## 6. Diabetes Insipidus

Penyakit ini disebabkan karena seseorang kekurangan hormon ADH atau hormon anti diuretika. Kondisi tersebut menyebabkan tubuh tidak dapat menyerap air yang masuk ke dalam tubuh, sehingga penderita akan sering buang air kecil secara terus-menerus.

## 7. Biang keringat

Biang keringat dapat mengenai siapa saja, baik anak-anak, remaja, ataupun orang tua. Biang keringat terjadi karena kelenjar keringat tersumbat oleh sel-sel kulit mati yang tidak dapat terbuang secara sempurna. Keringat yang terperangkap tersebut menyebabkan timbulnya bintik-bintik kemerahan yang disertai gatal. Sel-sel kulit mati, debu, dan kosmetik juga dapat menyebabkan terjadinya biang keringat. Orang yang tinggal di daerah tropis dan lembap, akan lebih mudah terkena biang keringat. Biasanya, anggota badan yang terkena biang keringat, yaitu leher, punggung, dan dada.

## 8. Penyakit kuning

Penyakit kuning disebabkan oleh tersumbatnya saluran empedu yang mengakibatkan cairan empedu tidak dapat dialirkan ke dalam usus dua belas jari, sehingga masuk ke dalam darah dan warna darah menjadi kuning. Kulit penderita tampak pucat kekuningan, bagian putih bola mata berwarna kekuningan, dan kuku jari berwarna kuning. Hal ini terjadi karena di seluruh tubuh terdapat pembuluh darah yang mengangkut darah berwarna kekuningan karena bercampur dengan cairan empedu.

### INFO IPA

Ginjal kita berfungsi untuk penyaringan darah, bagaimana ketika ginjal seseorang tidak mampu untuk menyaring darahnya? Mesin dialisis merupakan mesin yang bekerja seperti ginjal yang akan membersihkan darah dengan cara difusi sederhana. Jika mesin ini dinyalakan, darah yang penuh dengan sisa metabolisme akan mengalir di sepanjang pipa yang kosong. Setelah darah memenuhi pipa, sisa metabolisme mengalami difusi ke dalam larutan yang tersedia dalam pipa tersebut.

Setelah darah disirkulasikan beberapa kali di sepanjang mesin dan arteri tubuh, maka darah pasien akan menjadi bersih dari sisa metabolisme. Selama proses pencucian, darah pasien akan ditambahkan dengan zat anti penggumpalan.



Sumber: Picsfive, tanpa tahun

**Gambar 8.10** Dialisis pada pasien

## C. Pola Hidup Sehat untuk Menjaga Sistem Ekskresi

Sekarang kamu sudah mengetahui bagaimana pengaturan yang terjadi di dalam tubuh kita untuk mengeluarkan zat-zat sisa yang beracun bagi tubuh kamu. Proses pembuangan zat-zat sisa metabolisme ini dibantu oleh organ hati, ginjal, paru-paru, dan kulit. Bagaimana jika berbagai organ itu mengalami kerusakan? Bagaimanakah pola hidup kamu agar tetap terjaga kesehatan sistem ekskresinya? Coba jabarkan dan lakukan kegiatan berikut.



### Ayo Kita Lakukan

Setelah kamu membahas mengenai proses pengeluaran zat sisa di dalam tubuh dan sudah mengetahui berbagai macam penyakit yang muncul di dalam sistem ekskresi, rancanglah pola hidup sehat yang dapat kamu lakukan untuk menjaga sistem ekskresi.

---

---

---

---

---

---

### Refleksi

Pernahkah kamu melihat timbunan sampah dan asap yang keluar dari cerobong di pabrik-pabrik atau dari knalpot kendaraan bermotor? Dari manakah asalnya barang-barang atau zat-zat sisa tersebut? Benar, barang atau zat sisa tersebut berasal dari berbagai kegiatan, baik kegiatan rumah tangga, produksi di pabrik atau mesin untuk menghasilkan tenaga agar kendaraan bermotor dapat bergerak. Lalu bagaimana dengan tubuhmu sendiri, setelah beraktivitas seharian apakah kamu menghasilkan zat sisa yang harus dikeluarkan? Tentu saja ada, dan zat tersebut harus dikeluarkan karena akan berbahaya jika terus disimpan di dalam tubuh. Bersyukurlah kepada Tuhan yang telah menciptakan tubuhmu dengan sempurna, sehingga bahan-bahan yang tidak diperlukan bagi tubuh dapat dikeluarkan melalui sistem ekskresi. Zat sisa dari tubuhmu akan dikeluarkan dalam bentuk urin, keringat, dan gas karbondioksida. Namun apa yang terjadi jika salah satu organ ekskresimu mengalami gangguan? Bagaimana cara kamu menjaga kesehatan sistem ekskresi?





## Info Ilmuwan

Tahukah kamu, berkaitan dengan sistem ekskresi, terdapat cabang ilmu kedokteran yang khusus menangani bedah ginjal dan saluran kemih serta alat reproduksi, yaitu urologi. Jauh sebelum Felix Guyon, profesor urologi pertama di Paris, Prancis, pada tahun 1890, pengembangan bidang urologi sudah dikuasai pada abad ke-9 M oleh para dokter pada abad pertengahan seperti Ar-Razi, Ibnu Sina, Al-Zahrawi, Ibnu Al-Quff, Thabit Ibnu Qurra, Al-Majousi, dan Al-Tabari. Para dokter tersebut mampu mendeteksi dan mengobati beragam penyakit urologi dan menemukan berbagai peralatan serta teknologi pengobatannya. Al-Zahrawi (936-1013 M) berhasil menemukan sebuah pisau untuk operasi batu ginjal di dalam kandung kemih, dan mampu mengurangi angka kematian yang disebabkan oleh operasi-operasi yang gagal sebelumnya. Beberapa ratus tahun kemudian, dikenal Marcello Malpighi (1628-1694 M), seorang ahli fisiologi dan anatomi dari Italia. Beberapa penemuan Malpighi adalah hasil pengamatan secara mikroskopis pada bagian otak, hati, ginjal, tulang, darah, kulit, dan lain-lain. Namanya digunakan untuk suatu lapisan pada kulit, yaitu lapisan Malpighi. Selain Malpighi, Willian Bowman (1816-1892 M), seorang dokter Inggris mempelajari struktur organ dan jaringan yang menggunakan mikroskop, dan menemukan bagaimana mekanisme penyaringan di ginjal yang menghasilkan urin. Bowman diberi penghargaan atas penemuannya tentang struktur ginjal yang disebut Simpai Bowman. Pada tahun 1954, seorang spesialis urologi bernama John P. Merrill (1917-1984 M) menemukan prosedur transplantasi ginjal, dengan mentransplantasikan ginjal mayat kadaver ke pasien.



## Rangkuman

1. Sistem ekskresi merupakan kemampuan untuk menjaga keseimbangan tubuh dengan cara membuang bahan-bahan sisa yang dikeluarkan oleh sel.
2. Organ ekskresi pada manusia terdiri atas empat organ, yaitu ginjal, kulit, paru-paru, dan hati.
3. Ginjal merupakan organ ekskresi yang memiliki peran sangat penting karena membuang sisa metabolisme dalam jumlah besar melalui urin. Proses ginjal menghasilkan urin meliputi 3 tahapan utama, yaitu filtrasi, reabsorpsi, dan augmentasi.
4. Kulit merupakan organ ekskresi yang mengeluarkan bahan yang hampir sama dengan ginjal, yakni sampa nitrogen berupa urea.
5. Paru-paru merupakan organ ekskresi yang mengeluarkan sisa metabolisme berupa  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ .
6. Hati merupakan organ ekskresi yang memiliki kemampuan menetralkan racun, mengubah sel darah merah, dan menghasilkan getah empedu. Hati memiliki peran dalam mengubah  $\text{NH}_3$  (amoniak) menjadi urea yang nantinya akan dibuang melalui kulit dan ginjal.
7. Gangguan sistem ekskresi yang sering terjadi pada ginjal, antara lain nefritis, albuminuria, batu ginjal, hematuria, diabetes melitus, diabetes insipidus, biang keringat, dan penyakit kuning.





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

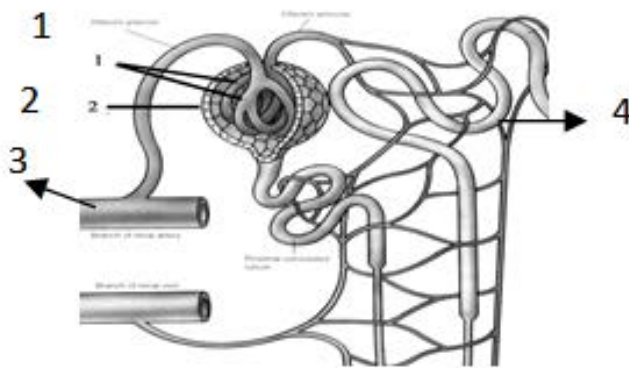
1. Berikut ini adalah alat ekskresi pada manusia, *kecuali*....
  - a. ginjal
  - b. kulit
  - c. hati
  - d. usus besar
2. Pernyataan berikut berhubungan dengan sistem pengeluaran manusia, *kecuali*....
  - a. kulit menghasilkan keringat
  - b. ginjal menghasilkan urine
  - c. hati menghasilkan empedu
  - d. pankreas menghasilkan enzim amilase
3. Perhatikan gambar di samping.

Tempat untuk menampung urin sebelum dikeluarkan dari tubuh ditunjukkan oleh nomor....

- a. 1
- b. 2
- c. 3
- d. 4



4. Perhatikan gambar di bawah ini!



Bagian yang berperan dalam proses pembentukan urin primer adalah....

- a. 1
- b. 2
- c. 3
- d. 4

5. Sisa penyaringan pada proses filtrasi menghasilkan urin yang masih mengandung zat yang berguna bagi tubuh, *kecuali*....
  - a. glukosa
  - b. urea
  - c. garam-garam mineral
  - d. asam amino
6. Zat sisa metabolisme yang dikeluarkan melalui paru-paru adalah....
  - a. urea dan uap air
  - b. garam dapur dan air
  - c. asam amino dan amonia
  - d. karbondioksida dan uap air
7. Zat berikut yang tidak dihasilkan oleh hati adalah....
  - a. urea
  - b. empedu
  - c. bilirubin
  - d. glukosa
8. Kulit berfungsi sebagai alat ekskresi karena....
  - a. melindungi tubuh dari kuman
  - b. mempunyai kelenjar keringat
  - c. mempunyai ujung saraf reseptor
  - d. melindungi tubuh dari cahaya matahari
9. Adanya batu ginjal di dalam rongga ginjal dapat menimbulkan....
  - a. diabetes insipidus
  - b. hematuria
  - c. nefritis
  - d. hidronefrosis
10. Bila kadar glukosa dalam urin 1,5%, maka kemungkinan orang tersebut menderita....
  - a. peradangan kandung kemih
  - b. penyakit diabetes melitus
  - c. penyakit diabetes insipidus
  - d. gagal ginjal

B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar dan jelas!

1. Sebutkan macam-macam organ yang berperan sebagai alat ekskresi pada manusia dan zat yang dikeluarkan!
2. Pembentukan urin terjadi di dalam ginjal. Isilah tabel di bawah ini untuk menjelaskan proses pembentukan urin yang terjadi di dalam ginjal!

Proses	Tempat	Bahan	Hasil

3. Mengapa bila kita berada pada tempat yang panas, tubuh mengeluarkan banyak keringat, sedangkan ketika berada pada tempat dengan suhu dingin tidak berkeringat tetapi lebih banyak buang air kecil?
4. Selain berfungsi sebagai sistem ekskresi, sebutkan 3 fungsi dari hati!
5. Pada saat dilakukan pemeriksaan di laboratorium, urin seorang pasien ternyata ketika diuji dengan menggunakan indikator Benedict ternyata menunjukkan reaksi warna menjadi merah bata, dan ketika diuji dengan indikator biuret menunjukkan reaksi warna ungu. Berdasarkan hal tersebut analisislah penyakit yang dialami oleh pasien dan bagian ginjal manakah yang mengalami gangguan?

### C. Pemecahan Masalah

Bagian I

#### Hubungan Latihan Fisik dengan Kesehatan

Latihan fisik secara teratur baik untuk kesehatan.

#### Pertanyaan 1 : Latihan fisik

Apakah keuntungan dari latihan fisik secara teratur? Lingkarilah " Ya " atau "Tidak" untuk setiap pernyataan.

Latihan fisik membantu mencegah penyakit jantung.	Ya atau Tidak
Latihan fisik mengarah ke pola makan yang sehat.	Ya atau Tidak
Latihan fisik dapat membantu untuk mebgurangi kelebihan berat badan.	Ya atau Tidak



## Pertanyaan 2.

Apa yang terjadi pada otot ketika dilakukan latihan fisik? Lingkarilah " Ya" atau " Tidak" untuk setiap pernyataan .

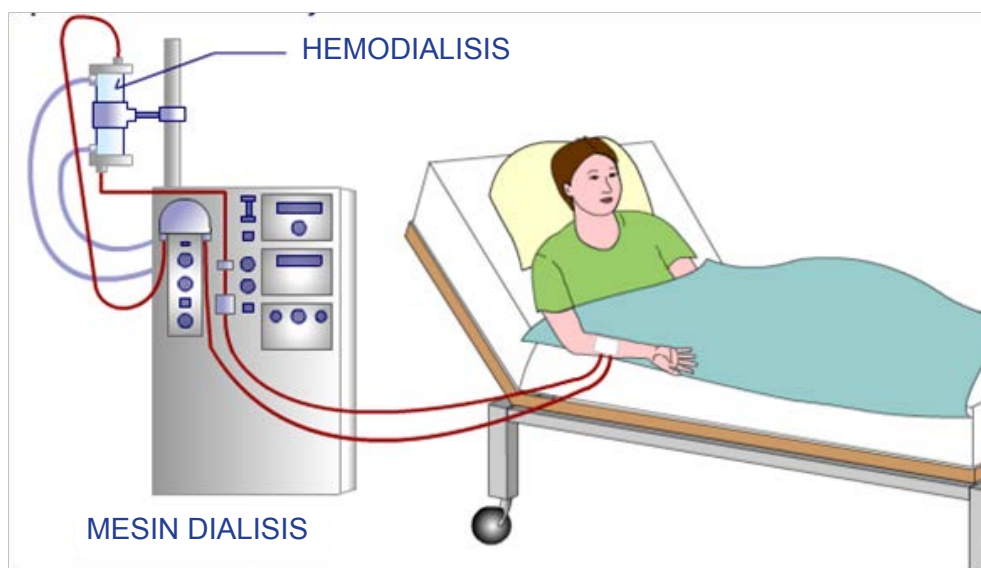
Otot mendapatkan peningkatan aliran darah.	Ya atau Tidak
Lemak terbentuk pada otot.	Ya atau Tidak

Mengapa kamu bernapas lebih berat ketika kamu melakukan latihan fisik dibanding ketika tubuh kamu sedang beristirahat ?

Bagian II

### Hubungan Latihan Fisik dengan Kesehatan

Pernahkah kamu mendengar adanya penderita sakit ginjal dan mengalami cuci darah? Perhatikan gambar di bawah ini!



Gambar di atas menunjukkan proses cuci darah (hemodialisis) pada penderita gagal ginjal. Carilah informasi sebanyak-banyaknya dari berbagai sumber dan jawablah pertanyaan berikut.

1. Apa yang menyebabkan seseorang mengalami gagal ginjal?
2. Mengapa penderita gagal ginjal menjalani cuci darah?
3. Bagaimana proses hemodialisis?
4. Bagaimana caranya agar kamu tidak sampai mengalami sakit ginjal?



## Tugas Proyek

### Kerjakan Secara Berkelompok!

Setelah kamu mempelajari sistem ekskresi, coba buatlah peta pikiran (*mapping mind*) tentang struktur dan fungsi sistem ekskresi pada manusia dan penerapannya dalam menjaga kesehatan diri. Presentasikan hasil *mapping mind* kelompokmu di depan kelas, bandingkan dengan hasil kelompok lain. Setelah itu, tempelkan *mapping mind* kelompokmu pada majalah dinding kelas!

## Bab 9

# Indera Pendengaran dan Sistem Sonar pada Makhluk Hidup

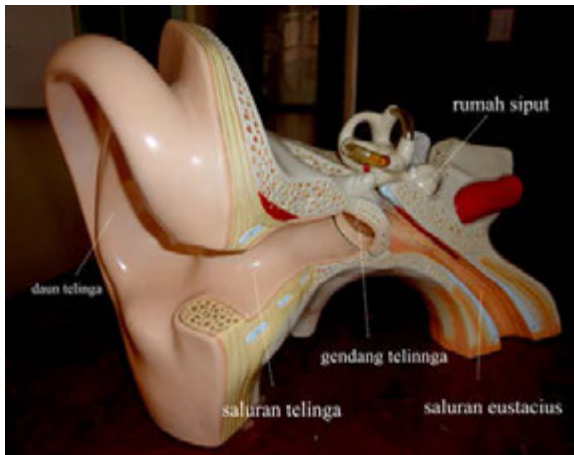
Kapal laut yang berlayar di tengah lautan dapat mendeteksi keadaan sekitarnya, dengan menggunakan bantuan sonar. Sistem sonar yang digunakan kapal-kapal tersebut meniru cara mamalia laut seperti lumba-lumba dan paus. Bagaimanakah prinsip kerja sistem sonar? Mari kita pelajari bab ini dengan penuh semangat.



Sumber : [www.freedigitalphotos.net](http://www.freedigitalphotos.net)

Mendengar adalah kemampuan untuk mendeteksi vibrasi mekanis (getaran) yang disebut suara. Dalam keadaan biasa, getaran dapat mencapai indera pendengaran yaitu telinga melalui udara.

Ketika kita mendengar, ternyata ada objek atau benda yang bergetar, misalnya senar gitar yang bergetar ketika dipetik, dan bedug atau drum yang dipukul. Ketika ada objek yang bergetar, bagaimana kaitannya dengan fungsi telinga? Perhatikan Gambar 9.1 berikut.



Sumber: Dokumen Kemdikbud  
**Gambar 9.1** Anatomi Telinga Manusia



Sumber: Dokumen Kemdikbud  
**Gambar 9.2** Telinga menerima energi gelombang dari *headphone*



**Ayo Kita Pelajari**

- A. Indera pendengaran pada manusia
  1. Getaran
  2. Gelombang
  3. Bunyi
- B. Mekanisme pendengaran pada manusia
- C. Sistem sonar
- D. Pemanfaatan sistem sonar



**Istilah Penting**

Koklea	
Resonansi	
Membran timpani	Bunyi
Eustachius	
Gelombang	
Frekuensi	Getaran
Amplitudo	Ultrasonik
Audiosonik	Infrasonik
Sonar	Ekolokasi



**Mengapa Penting ?**

Karena ini akan menjelaskan kerja dari salah satu indera kita, yang memungkinkan kita untuk mendengar serta menjelaskan sistem sonar yang sekarang banyak dimanfaatkan pada berbagai bidang.



**AYO  
 TEBAK**

Kita dapat mendengar karena adanya indera pendengaran yang di miliki. Gelombang bunyi yang masuk kedalam telinga luar menggetarkan gendang telinga. Getaran-getaran tersebut diterima oleh syaraf *auditorius* atau *reseptor* pendengar selanjutnya dikirim ke otak. Tahukah kamu di mana reseptor pendengar ini pada telinga? Perhatikan Gambar 9.2.



**AYO  
 PIKIRKAN**

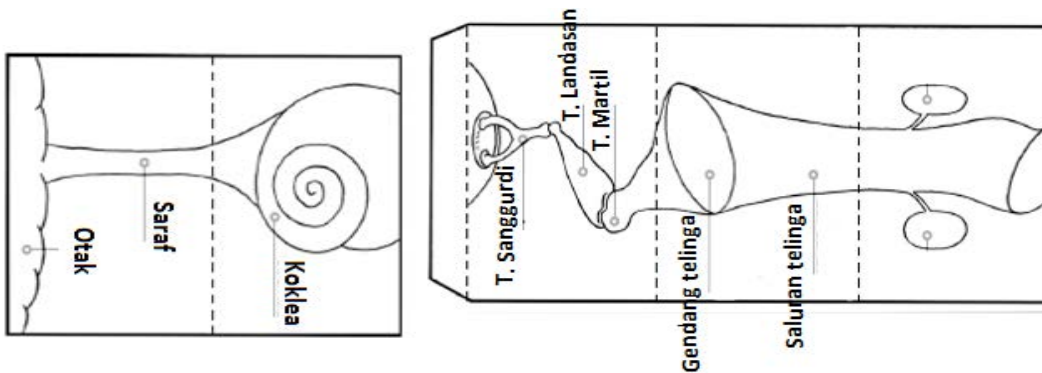
Bagaimana kamu bisa mendengar bunyi? Ketika kamu mendengar bunyi suatu objek, ada proses apakah sehingga kita dapat mendengar?

Gelombang bunyi yang masuk ke telinga luar akan menggetarkan gendang telinga. Getaran-getaran tersebut diterima oleh syaraf *auditorius* atau *receptor* pendengar dan selanjutnya dikirim ke otak. Pada sistem pendengaran, telinga akan mengubah energi gelombang menjadi *impuls saraf* yang diterjemahkan oleh otak sebagai suara. Musik, pembicaraan, atau bunyi berisik di lingkungan sekitar dapat kamu dengar karena adanya reseptor sensorik yang merupakan sel-sel rambut, suatu tipe fonoreseptor. Fonoreseptor merupakan reseptor penerima bunyi atau suara yang ada di organ telinga, yang akan menghantarkan impuls ke otak. Sebelum mencapai ke sel-sel rambut ini, gelombang akan diubah oleh beberapa struktur yang ada di telinga. Untuk mengetahui bagaimana struktur telinga sehingga memungkinkan suara dapat didengar dan bagaimana proses mendengar, lakukan kegiatan berikut.

**Ayo Kita Coba**

**1. Bagaimana struktur telinga manusia?**

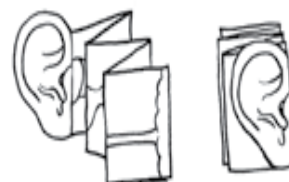
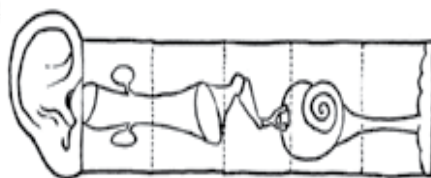
Untuk mengetahui proses mendengar, kita perlu memahami terlebih dahulu struktur telinga sebagai alat pendengaran. Buatlah sebuah model telinga sederhana, dengan membuat pola seperti gambar berikut, dengan ukuran yang lebih besar agar lebih mudah dicoba.



Sumber: CCSSO, 2012

**Gambar 9.3** Percobaan telinga

Setelah dipotong, susunlah struktur tersebut dan lekatkan memanjang sehingga terlihat struktur dari telinga bagian luar, tengah, dan dalam.



Sumber: CCSSO, 2012

**Gambar 9.4** Bagan percobaan

Setelah kamu gunakan simpanlah untuk pembelajaran pada pertemuan selanjutnya.

Baca dan pahami alat-alat dalam sistem pendengaran dari berbagai sumber yang dapat diperoleh, kemudian jawablah pertanyaan berikut.

1. Dimanakah tulang *malleus* ditemukan?



2. Dimanakah dapat kita temukan *silia*?
3. Struktur apakah yang berfungsi untuk menjaga keseimbangan tekanan pada telinga dalam dan mulutmu?
4. Struktur apakah yang berfungsi untuk mengirimkan sinyal suara ke otak?

## 2. Bagaimana cara kerja dari gendang telinga?

Lakukan kegiatan berikut untuk mengetahui cara gendang telinga bekerja.



Sumber: Ezrallson, 2005

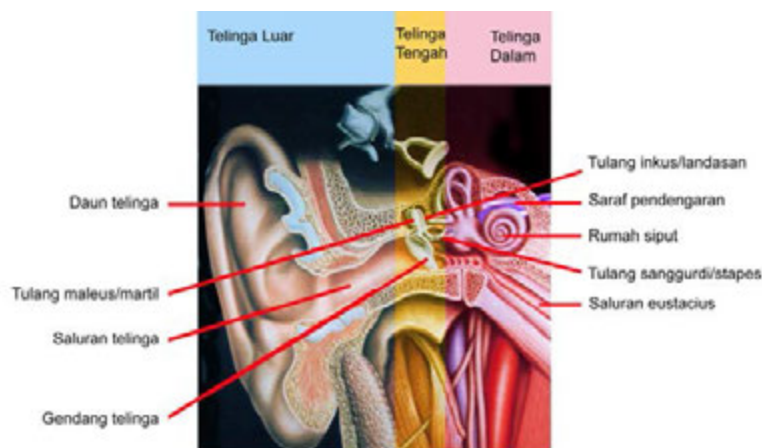
**Gambar 9.5** Bagan percobaan

1. Regangkan plastik pembungkus dan tutupkan di atas mangkuk. Ikat dengan kawat atau tali agar tak lepas.
2. Letakkan tepung atau beras di atas plastik pembungkus.
3. Mintalah temanmu untuk memukul panci/drum di dekat perangkat.
4. Amatilah apa yang terjadi pada plastik itu, jelaskan bagaimana gelombang bunyi diteruskan sehingga mengakibatkan plastik akan bergetar. Bagaimana dengan gendang telingamu?

Prinsip kerja dari percobaan di atas setara dengan prinsip kerja pada gendang telingamu.

## A. Indera Pendengaran pada Manusia

Telinga dibagi menjadi tiga bagian, yaitu telinga luar, telinga tengah, dan telinga dalam, seperti pada Gambar 9.6. Bunyi yang terdengar oleh telinga kita memerlukan medium. Jadi, mungkinkah kita dapat mendengar di ruang hampa udara? Tentu saja tidak. Bunyi memerlukan medium untuk merambat. Apakah di telinga terdapat medium untuk merambatkan bunyi? Telinga luar dan telinga tengah terisi oleh udara dan rongga telinga dalam terisi oleh cairan limfa. Bagian-bagian penyusun telinga dan fungsinya dapat dilihat pada Tabel 9.1.



Sumber: Graphis Diagram, dengan modifikasi

**Gambar 9.6** Anatomi telinga manusia

**Tabel 9.1. Struktur dan Fungsi Bagian pada Telinga**

Bagian penyusun telinga	Fungsi
<b>Bagian luar</b>	
a. Daun telinga	Mengumpulkan gelombang suara ke saluran telinga
b. Saluran telinga (menghasilkan minyak serumen)	Menangkap debu yang masuk ke saluran telinga Mencegah hewan berukuran kecil masuk ke dalam telinga
<b>Bagian tengah</b>	
a. Gendang telinga/membran timpani	Menangkap gelombang suara dan mengubahnya menjadi getaran yang diteruskan ke tulang telinga
b. Tulang telinga (maleus/martil, inkus/landasan, stapes/sanggurdi)	Meneruskan getaran dari gendang telinga ke rumah siput
c. Saluran eustachius	Menghubungkan ruang telinga tengah dengan rongga mulut (faring) berfungsi untuk menjaga tekanan udara antara telinga tengah dengan saluran di telinga luar agar seimbang. Tekanan udara yang terlalu tinggi atau rendah disalurkan ke telinga luar dan akan mengakibatkan gendang telinga tertekan kuat sehingga dapat sobek
<b>Bagian dalam</b>	
a. Rumah siput (koklea)	Koklea merupakan saluran berbentuk spiral yang menyerupai rumah siput. Di dalam koklea terdapat adanya organ korti yang merupakan fonoreseptor. Organ korti berisi ribuan sel rambut yang peka terhadap tekanan getaran. Getaran akan diubah menjadi impuls syaraf di dalam sel rambut tersebut dan kemudian diteruskan oleh syaraf ke otak.
b. Saluran gelang (labirin)	Terdiri atas saluran setengah lingkaran (semisirkularis) yang berfungsi untuk mengetahui posisi tubuh (alat keseimbangan)

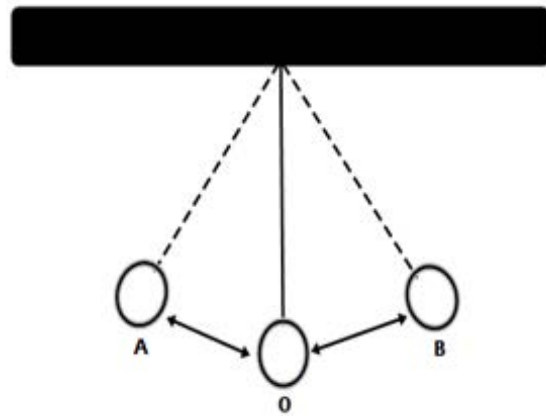
Pada hasil percobaan yang dilakukan dengan memukul-mukul panci, seperti pada Gambar 9.5, kamu menemukan bahwa beras yang ada di atas plastik ternyata ikut bergetar. Sekarang, coba perhatikan apa sebenarnya yang dimaksud dengan getaran? Ketika kita berjalan bolak-balik apakah disebut juga dengan getaran?

## 1. Getaran

Semua benda akan bergetar apabila diberi gangguan. Benda yang bergetar ada yang dapat terlihat secara kasat mata karena simpangan yang diberikan besar, ada pula yang tidak dapat dilihat karena simpangannya kecil. Benda dapat dikatakan bergetar jika benda bergerak bolak-balik secara teratur melalui titik kesetimbangan.

Apakah orang berjalan bolak-balik disebut dengan bergetar? Tentu saja tidak. Orang yang berjalan bolak-balik belum tentu melalui titik kesetimbangan. Untuk memahami tentang getaran. Perhatikan Gambar 9.7 tentang bandul sederhana.

Sebuah bandul sederhana mula-mula diam pada kedudukan O (kedudukan setimbang). Bandul tersebut ditarik ke kedudukan A (diberi simpangan kecil). Pada saat benda dilepas dari kedudukan A, bandul akan bergerak bolak-balik secara teratur A-O-B-O-A dan gerak bolak-balik ini disebut satu getaran. Salah satu ciri dari getaran adalah adanya amplitudo (simpangan terbesar). Jarak OA atau OB merupakan amplitudo. Sekarang muncul pertanyaan, setiap kali bergetar berapa banyak waktu yang dibutuhkan? Apa saja yang mempengaruhi getaran tersebut? Untuk memahami hal tersebut, lakukan kegiatan berikut.



Gambar 9.7 Bandul sederhana

**Ayo Kita Coba**

**Getaran pada Bandul**

**Apa yang harus kamu siapkan?**

Bandul, statif, *stop watch*, dan tali nilon berukuran 15 cm dan 30 cm.

**Apa yang harus kamu lakukan?**

1. Ikatkan bandul pada statif sehingga menggantung.
2. Tarik bandul ke samping untuk memberi simpangan kecil (kurang dari  $10^\circ$ ) kemudian lepaskan. Bersamaan dengan melepaskan bandul, hidupkan *stop watch*!
3. Catatlah waktu yang diperlukan bandul untuk bergerak bolak-balik (bergetar) sebanyak 5, 10, 15, dan 20 getaran.
4. Ubahlah ukuran tali menjadi lebih panjang atau pendek, kemudian ikuti kembali langkah ketiga.
5. Tentukan waktu yang dibutuhkan untuk bergetar satu kali getaran.
6. Tentukan jumlah getaran yang terjadi dalam waktu satu detik.
7. Catatlah dan masukkan data hasil kegiatanmu seperti pada tabel berikut.

**Tabel Data Pengamatan**

Panjang tali (cm)	Jumlah getaran	Waktu getaran (sekon)	Waktu untuk 1 getaran	Jumlah getaran dalam 1 sekon
15	5			
	10			
	15			
	20			
30	5			
	10			
	15			
	20			

### Ayo Analisis

1. Berdasarkan data pengamatan yang kamu peroleh, simpulan apakah yang diperoleh dari hasil percobaan tersebut?
2. Menurut kamu, apakah amplitudo bandul memengaruhi periode dan frekuensi bandul? Coba kamu selidiki kembali dengan menggunakan alat dan bahan yang disediakan.

### Ayo Pecahkan

1. Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan 1 getaran dengan panjang tali 15 cm adalah ... dan dengan panjang tali 30 cm adalah .... Waktu yang diperlukan bandul untuk melakukan satu getaran disebut ....
2. Jumlah getaran yang terjadi dalam satu sekon pada panjang tali 15 cm adalah ... dan pada panjang tali 30 cm adalah .... Jumlah getaran yang terjadi dalam waktu satu sekon disebut ....
3. Hubungan antara frekuensi dan periode secara matematis dapat kamu tulis sebagai berikut.

$$T = \underline{\hspace{2cm}} \quad f = \underline{\hspace{2cm}}$$

4. Hubungan antara periode dan frekuensi adalah....

$$\text{Periode} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Waktu yang dibutuhkan untuk menempuh satu kali getaran disebut periode getar yang dilambangkan dengan  $T$ . Banyaknya getaran dalam satu sekon disebut frekuensi ( $f$ ). Satuan periode adalah sekon dan satuan frekuensi adalah getaran per sekon atau disebut dengan Hertz (Hz).

#### ✓ Ayo Kita Diskusikan

Jika suatu ayunan sederhana bergetar sebanyak 60 kali dalam waktu 15 sekon, tentukan:

- a. frekuensi ayunan
- b. periode ayunan.

### a. Gelombang

Pada saat kamu memukul panci di dekat plastik yang di atasnya ditaruh segenggam beras, maka beras akan bergetar. Mengapa hal itu dapat terjadi? Ternyata, energi getaran yang dihasilkan dari pukulan panci akan merambat sehingga menyebabkan plastik ikut bergerak. Dalam bentuk apa energi getaran itu merambat?

Energi getaran akan merambat dalam bentuk gelombang. Pada perambatan gelombang yang merambat adalah energi, sedangkan zat perantaranya tidak ikut merambat (hanya ikut bergetar). Seperti pada saat kita mendengar getaran akan merambat dalam bentuk gelombang yang membawa sejumlah energi, sehingga sampai ke saraf yang menghubungkan ke otak kita.

Berdasarkan energinya, gelombang dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu gelombang mekanik dan gelombang elektromagnetik. Perambatan gelombang mekanik memerlukan medium, misal gelombang tali, gelombang air, dan gelombang bunyi. Perambatan gelombang elektromagnetik tidak memerlukan medium, misal gelombang radio, gelombang cahaya, dan gelombang radar. Dari kedua jenis gelombang tersebut, yang akan kamu pelajari adalah gelombang mekanik. Apakah yang dirambatkan oleh gelombang tersebut? Untuk mengetahuinya, lakukan kegiatan berikut.

### **Ayo Kita Coba**

#### **Gelombang**

##### **Apa yang harus kamu siapkan?**

Tali dengan panjang 3 m dan karet gelang.

##### **Apa yang harus kamu lakukan?**

1. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan.
2. Ikatlah karet gelang pada tali kira-kira pada jarak 0,5 m.
3. Peganglah salah satu ujungnya olehmu dan ujung yang lain oleh temanmu, kemudian getarkan tali ke atas dan ke bawah.
4. Amati yang terjadi pada tali dan karet gelang yang diikatkan tadi.

##### **Ayo Pecahkan**

1. Pada saat kamu getarkan, apakah karet gelang ikut bergerak bersama gelombang?
2. Apakah bagian tali ikut berpindah merambat bersama gelombang?
3. Apa yang dirambatkan oleh gelombang?
4. Mintalah temanmu untuk menggetar-getarkan tali tersebut dengan cepat. Apakah kamu merasakan sesuatu?

Pada saat menggetarkan tali, gelombang akan merambat pada tali ke arah temanmu, tetapi karet gelang yang diikatkan tidak ikut merambat bersama gelombang. Demikian pula dengan tali juga tidak ikut merambat. Jadi hal tersebut membuktikan bahwa gelombang merambat hanya menghantarkan energi, medium perambatannya tidak ikut bergetar. Berdasarkan arah rambat dan arah getarannya, gelombang dibedakan menjadi gelombang transversal dan gelombang longitudinal.

#### **1) Gelombang Transversal**

Untuk membahas gelombang transversal, lakukan kegiatan berikut.

### **Ayo Kita Coba**

##### **Apa yang harus kamu lakukan?**

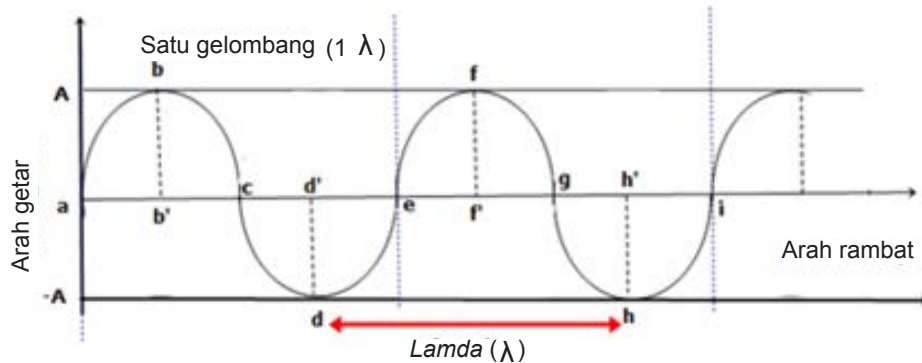
Sediakan tali, letakkan tali di atas lantai dan mintalah temanmu untuk memegang salah satu ujung tali, berilah getaran pada tali beberapa kali ke arah samping, coba amati arah rambat gelombangnya.

##### **Ayo Pikirkan**

1. Kemanakah arah rambat gelombang?
2. Apakah arah getar dengan arah rambat gelombang tegak lurus?



Ketika tali diberi simpangan, tali akan bergetar dengan arah getaran ke atas dan ke bawah. Pada tali, gelombang merambat tegak lurus dengan arah getarnya. Bentukkan seperti ini disebut gelombang transversal. Contoh lain gelombang transversal ada pada permukaan air dan gelombang cahaya. Panjang gelombang transversal sama dengan jarak satu bukit gelombang dan satu lembah gelombang (a-b-c-d-e pada Gambar 9.8). Panjang satu gelombang dilambangkan dengan  $\lambda$  (dibaca *lamda*) dengan satuan meter. Simpangan terbesar dari gelombang itu disebut **amplitudo** (bb' atau dd' pada Gambar 9.8). Dasar gelombang terletak pada titik terendah gelombang, yaitu d dan h, dan puncak gelombang terletak pada titik tertinggi yaitu b dan f. Lengkungan c-d-e dan g-h-i merupakan lembah gelombang. Lengkungan a-b-c dan e-f-g merupakan bukit gelombang.



**Gambar 9.8** Grafik simpangan terhadap arah rambat

Waktu yang diperlukan untuk menempuh satu gelombang disebut **periode gelombang**, satuannya sekon (s) dan dilambangkan dengan T. Jumlah gelombang yang terbentuk dalam 1 sekon disebut **frekuensi gelombang**. Lambang untuk frekuensi adalah f dan satuannya Hertz (Hz). Gelombang yang merambat dari ujung satu ke ujung yang lain memiliki kecepatan tertentu, dengan menempuh jarak tertentu dalam waktu tertentu pula.

## 2) Gelombang Longitudinal

Gelombang longitudinal dapat kamu amati pada slinki atau pegas yang diletakkan di atas lantai. Ketika slinki digerakkan maju-mundur secara terus-menerus, akan terjadi gelombang yang merambat pada slinki dan membentuk pola rapatan dan regangan. Gelombang longitudinal memiliki arah rambat yang sejajar dengan arah getarannya.



### Ayo Kita Coba

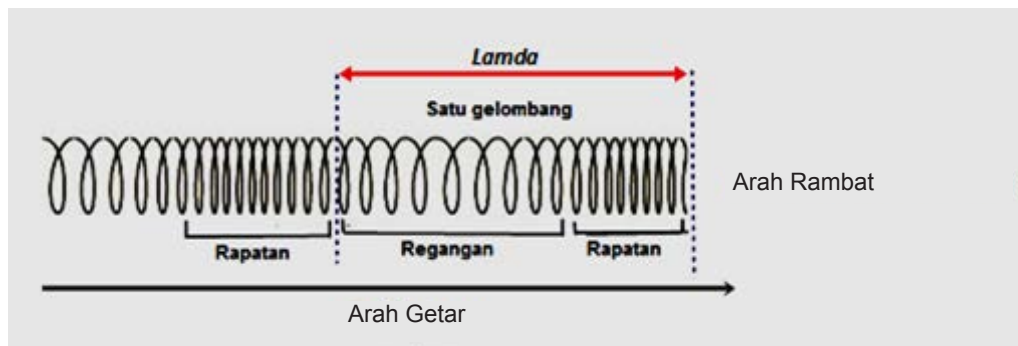
#### Apa yang harus kamu lakukan?

Sediakan slinki. Letakkan slinki di atas lantai yang licin dan minta temanmu memegang salah satu ujungnya. Getarkan salah satu ujung slinki dengan cara memberikan dorongan dan tarikan pada slinki, kemudian amati gelombang yang terjadi pada slinki

#### Ayo, Pikirkan!

1. Pada saat kamu mendorong dan menarik slinki, ke arah manakah getaran pada slinki?
2. Kemanakah arah rambat gelombang?
3. Apakah arah getar dengan arah rambat gelombang searah? Mengapa?

Contoh gelombang longitudinal adalah gelombang bunyi. Satu gelombang longitudinal terdiri atas satu rapatan dan satu regangan seperti pada Gambar 9.9.



**Gambar 9.9** Rapatan dan regangan pada gelombang longitudinal

Seperti halnya pada gelombang transversal, waktu yang dibutuhkan untuk menempuh satu gelombang pada gelombang longitudinal disebut **periode gelombang** dengan satuan sekon (s) dan dilambangkan dengan T. Jumlah gelombang yang terbentuk dalam 1 sekon disebut **frekuensi gelombang**. Lambang untuk frekuensi adalah f dengan satuannya hertz (Hz).

Bagaimana hubungan antara panjang gelombang, frekuensi, cepat rambat, dan periode gelombang? Mari pelajari bahasan berikut. Gelombang yang merambat dari ujung satu ke ujung yang lain memiliki kecepatan tertentu, dengan menempuh jarak tertentu dalam waktu tertentu pula.

### 3) Hubungan antara Panjang Gelombang, Frekuensi, Cepat Rambat, dan Periode Gelombang

Pernahkah kamu memperhatikan cahaya kilat dan bunyi guntur? Kamu akan mendengar bunyi guntur beberapa saat setelah cahaya kilat terlihat. Walaupun guntur dan cahaya kilat muncul dalam waktu yang bersamaan, kamu akan melihat cahaya kilat lebih dahulu karena cahaya merambat jauh lebih cepat daripada bunyi. Cahaya merambat dengan kecepatan  $3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ , sedangkan bunyi hanya merambat dengan kecepatan  $300 \text{ ms}^{-1}$ . Cepat rambat gelombang dilambangkan dengan v, dengan satuan  $\text{ms}^{-1}$ . Kecepatan adalah perpindahan dibagi waktu, atau dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$v = \frac{s}{t}$$

Jika gelombang itu menempuh jarak satu panjang gelombang ( $\lambda$ ), maka waktu tempuhnya adalah periode gelombang itu (T), sehingga rumus di atas dapat ditulis

$$v = \frac{\lambda}{t}$$

Karena  $T = 1/f$ , dengan mengganti T pada rumus kecepatan itu, maka cepat rambat gelombang dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$v = f \times \lambda$$

dimana:

f = Frekuensi

$\lambda$  = Panjang Gelombang

Bagaimana jika kamu membuat gelombang tali dengan frekuensi yang berbeda? Kamu akan menemukan jika frekuensi gelombang tali diperbesar, maka panjang gelombangnya mengecil. Mengapa? **Dalam medium yang sama, cepat rambat gelombang adalah tetap.** Misalnya cepat rambat gelombang pada tali adalah 12 m/s, dengan frekuensi gelombang 4 Hz, maka panjang gelombangnya adalah 3 m ( $\frac{12}{4} = 3$  m). Namun jika frekuensi diperbesar menjadi 6 Hz, maka panjang gelombangnya menjadi 2 m ( $\frac{12}{6} = 2$  m). Apa yang terjadi jika frekuensi gelombangnya diperkecil? Misalnya menjadi 2 Hz, berapakah panjang gelombangnya sekarang?

### Contoh Soal

Permukaan air merambat dengan panjang gelombang 2 m. Jika waktu yang dibutuhkan untuk menempuh satu gelombang adalah 0,5 s, tentukan:

- cepat rambat gelombang,
- frekuensi gelombang.

Penyelesaian:

Diketahui : perambatan gelombang pada air

$$\lambda = 2 \text{ m}$$

$$T = 0,5 \text{ s}$$

Ditanya : a. Cepat rambat gelombang ( $v$ )?  
b. Frekuensi ( $f$ )?

Jawab :  $\frac{\lambda}{T} = \frac{2 \text{ m}}{0,5 \text{ s}} = 4 \text{ m/s}$

a.  $v =$

Jadi, cepat rambat gelombang air adalah 4 m/s

$$b. f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ Hz}$$

Jadi, frekuensi gelombang air adalah 2 Hz

#### 4) Pemantulan Gelombang

Pada waktu kamu berteriak di lapangan, kamu akan mendengar suaramu kembali setelah beberapa saat. Hal ini membuktikan bahwa bunyi dapat dipantulkan. Untuk memahami pemantulan gelombang pada tali, coba diskusikan permasalahan berikut.

#### Ayo Kita Diskusikan

- Sebuah gelombang panjangnya 0,75 m dan cepat rambatnya 150 m/s. Berapakah frekuensinya?
- Suatu sumber getar memiliki frekuensi 300 Hz. Gelombangnya merambat dalam zat cair dengan kecepatan 1.500 m/s. Berapakah panjang gelombangnya?
- Jika frekuensi suatu getaran 440 Hz dan panjang gelombangnya 75 cm, berapakah kecepatan gelombang tersebut?

#### Ayo Kita Diskusikan

Jika kita membuat usikan pada tali yang salah satu ujungnya dipegang temanmu bagaimanakah kondisi gelombang yang terjadi pada tali? Apakah ada gelombang yang kembali?



**Gambar 9.10** Gelombang pada air (kiri) dan gelombang pada tali (kanan)

Pemantulan gelombang adalah peristiwa membaliknya gelombang setelah mengenai penghalang. Seperti gelombang tali pada gambar 9.10, gelombang yang mencapai ujung akan memberikan gaya ke atas pada penopang yang ada di ujung, sehingga penopang memberikan gaya yang sama tetapi berlawanan arah ke bawah pada tali. Gaya ke bawah pada tali inilah yang membangkitkan gelombang pantulan yang terbalik.

## 2. Bunyi

Setiap hari, kita dapat mendengar suara burung berkicau, orang bernyanyi, klakson mobil atau kendaraan bermotor. Mengapa kamu dapat mendengar suara tersebut? Suara yang kamu dengar dikenal dengan bunyi. Bunyi merupakan gelombang longitudinal yang merambatkan energi gelombang di udara sampai terdengar oleh reseptor pendengar. Untuk mengetahui bagaimana bunyi ini dibentuk, lakukan kegiatan berikut.

### **Ayo Kita Coba**

#### **A. Bergetar Menimbulkan Bunyi**

##### **Apa yang harus kamu siapkan?**

Gitar, tong, garpu tala

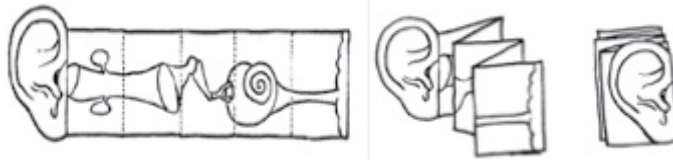
##### **Apa yang harus kamu lakukan?**

1. Memetik gitar
  - a. Petiklah gitar sehingga berbunyi!
  - b. Amatilah senar yang dipetik, bagaimanakah keadaan senar?
  - c. Pegang senar yang dipetik, apa yang kamu rasakan dan apakah kamu masih dapat mendengarkan suara gitar yang dipetik?
2. Memukul gong
  - a. Pukullah gong atau tong hingga berbunyi!
  - b. Sentuhlah gong/tong itu secara perlahan dengan jarimu, apa yang kamu rasakan?
  - c. Hentikan bunyi tong, dengan cara memegangnya, pada saat gong/tong tidak berbunyi, sentuhlah dengan jarimu. Apakah yang kamu rasakan?

3. Memukul garpu tala

- a. Peganglah garpu tala!
- b. Pukullah garpu tala dengan pensilmu hingga berbunyi. Rasakan pada tanganmu, apakah garpu tala itu bergetar? Setelah garpu tala tidak berbunyi, apakah garpu tala masih bergetar?

**B. Proses Pendengaran**



Model yang kamu buat kemarin masih disimpan bukan? Coba lipat lagi seperti gambar di samping!

Sumber: CCSSO, 2012

**Gambar. 9.11** Skema organ pendengaran

- 1. Berbicaralah di dekat model telinga (dekat daun telinga) amati semua bagian kertas ! Apakah semua bagian model telinga bergetar ?

---

---

- 2. Berdasarkan pengamatan pada bagan B. 1.

Cobalah susunlah secara skematis bagaimana proses mendengar yang terjadi pada diri kamu ?

---

---

---

---

---

Berdasarkan kegiatan yang telah dilakukan, kamu mendapatkan bahwa tong, senar dan garpu tala berbunyi pada saat benda-benda tersebut bergetar. Namun pada saat benda-benda itu diam, ketiga benda itu tidak berbunyi. Coba tempelkan jarimu pada batang tenggorokan, kamu akan merasakan ada getaran. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa bunyi ditimbulkan oleh benda-benda yang bergetar.

Bunyi garpu tala menuju telinga dihantarkan oleh rapatan dan regangan partikel-partikel udara. Pada waktu bunyi keluar dari garpu tala, langsung akan menumbuk molekul-molekul udara. Molekul udara ini akan menumbuk udara disebelahnya yang mengakibatkan terjadinya rapatan dan regangan demikian seterusnya sampai ke telinga.

Apakah molekul udara berpindah? Molekul udara tidak berpindah, tetapi hanya merapat dan meregang. Bunyi sampai telinga karena merambat dalam bentuk gelombang. Gelombang yang tersusun dari rapatan dan regangan adalah gelombang longitudinal. Tanpa adanya medium atau zat perantara, bunyi tak dapat merambat. Hal ini mengakibatkan bunyi termasuk jenis gelombang mekanik. Begitu pula ketika kita mendengar bunyi akan dirambatkan ke telinga kita melalui udara. Jadi dapat disimpulkan bahwa bunyi dapat terdengar bila ada 1) sumber bunyi, 2) medium/zat perantara, dan 3) alat penerima/pendengar.

Seberapa cepat kita dapat mendengar bunyi? Ahli fisika bernama Miller melakukan percobaan untuk mengukur kecepatan bunyi di udara dengan menembakkan peluru sebagai sumber bunyi dan meletakkan detektor pada jarak tertentu. Kecepatan bunyi tergantung pada temperatur. Semakin rendah suhu lingkungan semakin besar kecepatan bunyi. Hal



ini membuktikan mengapa pada malam hari bunyi terdengar lebih jelas daripada siang hari. Pada siang hari gelombang bunyi dibiaskan ke arah udara yang lebih panas (ke arah atas) karena suhu udara di permukaan bumi lebih dingin dibandingkan dengan udara pada bagian atasnya. Berlawanan pada malam hari, gelombang bunyi dibiaskan ke arah yang lebih bawah karena suhu permukaan bumi lebih hangat dibandingkan dengan udara pada bagian atasnya.

Selain dipengaruhi oleh suhu, cepat rambat bunyi di udara juga dipengaruhi oleh medium. Medium manakah yang akan menghantarkan bunyi paling cepat? Lihat pada Tabel 9.2.

Tabel 9.2. Cepat Rambat Bunyi pada Berbagai Medium

Medium	Cepat Rambat Bunyi (m/s)
Udara (0° C)	331
Udara (15° C)	340
Air (25° C)	1490
Air laut (25° C)	1530
Alumunium (20° C)	5100
Tembaga (20° C)	3560
Besi (20° C)	5130

### a. Frekuensi Bunyi

Apakah semua bunyi dapat terdengar oleh telinga manusia? Ketika gurumu menggetarkan penggaris di meja dengan getaran kurang dari 20 getaran per sekon, kita tidak dapat mendengar bunyi. Kita baru dapat mendengarkan bunyi ketika penggaris menghasilkan 20 getaran per sekon atau lebih.

Berdasarkan frekuensinya, bunyi dibagi menjadi tiga, yaitu infrasonik, audiosonik, dan ultrasonik. Bunyi infrasonik memiliki frekuensi kurang dari 20 Hz. Bunyi infrasonik hanya mampu didengar oleh hewan-hewan tertentu seperti jangkrik dan anjing. Bunyi yang memiliki frekuensi 20 - 20.000 Hz disebut audiosonik. Manusia dapat mendengar bunyi hanya pada kisaran ini. Bunyi dengan frekuensi di atas 20.000 Hz disebut ultrasonik. Kelelawar, lumba-lumba, dan anjing adalah contoh hewan yang dapat mendengar bunyi ultrasonik.

Anjing adalah salah satu contoh hewan yang mampu menangkap bunyi infrasonik, audiosonik, dan ultrasonik (hingga 40.000 Hz). Anjing akan terbangun jika mendengar langkah kaki manusia walaupun sangat pelan. Hal ini menjadi alasan oleh sebagian orang untuk memanfaatkan anjing sebagai penjaga rumah. Kelelawar dapat mengeluarkan gelombang ultrasonik saat terbang. Selain anjing, kelelawar juga mampu memanfaatkan bunyi dengan baik. Pada malam hari, mata kelelawar mengalami disfungsi (pelemahan fungsi). Kelelawar menggunakan indera pendengarannya untuk "melihat". Kelelawar mengeluarkan bunyi ultrasonik sebanyak mungkin. Kemudian, kelelawar mendengarkan bunyi pantul tersebut untuk mengetahui letak suatu benda dengan tepat, sehingga kelelawar mampu terbang dalam keadaan gelap tanpa menabrak benda-benda disekitarnya. Mekanisme untuk memahami keadaan lingkungan dengan bantuan bunyi pantul ini sering disebut dengan sistem ekolokasi.



Gambar 9.12 Penggaris plastik yang digetarkan

< 20 Hz	20 - 20.000 Hz	> 20.000 Hz
Infrasonik	Audiosonik	Ultrasonik

Gambar 9.13 Frekuensi Bunyi

### ✓ Ayo Kita Diskusikan

Sebuah sumber bergetar menghasilkan frekuensi 40 kHz. Hitunglah panjang gelombang bunyi tersebut jika cepat rambatnya 1.500 m/s ?

## b. Karakteristik Bunyi

Ketika kamu mendengar bunyi, apakah kamu dapat membedakan sumber bunyi? Mengapa kamu mempunyai kemampuan itu? Hal ini disebabkan oleh setiap gelombang bunyi memiliki frekuensi dan amplitudo yang berbeda meskipun perambatannya terjadi pada medium yang sama.

### 1) Tinggi rendah dan kuat lemah bunyi

Pada waktu memainkan alat musik kamu dapat menentukan tinggi rendahnya bunyi. Untuk memahami tinggi atau rendahnya bunyi, lakukan kegiatan berikut ini.

### ✓ Ayo Kita Coba

1. Siapkan tiga garpu tala yang berbeda-beda frekuensinya, misalnya 440 Hz, 400 Hz, dan 360 Hz.
2. Getarkan garpu tala secara bergantian.
3. Dengarkan dan bandingkan bunyi yang terdengar!

Pada orang dewasa, suara perempuan akan lebih tinggi dibandingkan suara laki-laki. Pita suara laki-laki yang bentuknya lebih panjang dan berat, mengakibatkan laki-laki memiliki nada dasar sebesar 125 Hz, sedangkan perempuan memiliki nada dasar satu oktaf (dua kali lipat) lebih tinggi, yaitu sekitar 250 Hz. Bunyi dengan frekuensi tinggi akan menyebabkan telinga sakit dan nyeri karena gendang telinga ikut bergetar lebih cepat. Tinggi rendahnya nada ini ditentukan frekuensi bunyi tersebut. Semakin besar frekuensi bunyi, akan semakin tinggi nadanya. Sebaliknya, jika frekuensi bunyi rendah maka nada akan semakin rendah.

Garpu tala yang digetarkan pelan-pelan menghasilkan simpangan yang kecil, sehingga amplitudo gelombang yang dihasilkan juga kecil. Hal ini menyebabkan bunyi garpu tala terdengar lemah. Pada saat garpu tala digetarkan akan menghasilkan simpangan yang besar dan amplitudo gelombang yang dihasilkan juga besar sehingga bunyi garpu tala terdengar keras. **Kuat lemahnya suara ditentukan oleh amplitudonya.**

Bagaimana bunyi yang terdengar pada gitar dapat menghasilkan nada yang berbeda-beda. Untuk mengetahui faktor-faktor yang menentukan tinggi rendah nada pada dawai atau senar lakukan kegiatan berikut.

### ✓ Ayo Kita Lakukan

1. Sediakan sebuah gitar, petiklah secara bergantian senar nomor 1, 3, 6.
2. Dengarkan bunyi yang dihasilkan masing-masing senar. Apakah bunyi yang dihasilkan semakin tinggi atau rendah? Bagaimana hubungan ketebalan tali dawai dengan frekuensi?
3. Gaya tegang pada senar nomor 6 diperbesar dengan memutar setelahnya, petiklah senarnya dan dengarkan nada yang dihasilkan. Kurangi tegangan senar dengan memutar setelahnya, kemudian petik senarnya. Bandingkan bunyi senar yang dihasilkan ketika tegangannya diperbesar dan dikurangi ?
4. Apakah frekuensi bunyinya semakin besar ketika tegangan diperbesar? Bagaimana hubungan tegangan dawai dengan frekuensi?
5. Petiklah senar nomor 6 dengan menekan senar pada kolom 2,3,4 (panjang senar semakin pendek) secara bergantian. Bandingkan bunyi yang dihasilkan. Apakah semakin pendek senarnya akan semakin tinggi frekuensi bunyi yang dihasilkan?
6. Berdasarkan kegiatan, buatlah kesimpulan tentang faktor-faktor apa saja yang memperbesar frekuensi nada pada senar.

Berdasarkan kegiatan di atas diperoleh hasil bahwa frekuensi senar yang bergetar bergantung pada hal-hal berikut.

- **Panjang senar**, semakin panjang senar, semakin rendah frekuensi yang dihasilkan.
- **Tegangan senar**, semakin besar tegangan senar, semakin tinggi frekuensi yang dihasilkan.
- **Luas penampang senar**, semakin kecil penampang senar, semakin tinggi frekuensi yang dihasilkan.



Sumber: Dokumen Kemdikbud  
Gambar 9.14 Gitar

## 2) Nada

Kamu akan lebih nyaman ketika mendengarkan bunyi musik, dibandingkan dengan bunyi ramainya orang yang ada di pasar. Mengapa? Bunyi musik akan lebih enak didengarkan karena bunyi musik memiliki frekuensi getaran teratur yang disebut **nada**, sebaliknya bunyi yang memiliki frekuensi yang tidak teratur disebut **desah**.

Beberapa deret nada yang berlaku standar

Deret nada	:	c	d	e	f	g	a	b	c
Baca	:	do	re	mi	fa	sol	la	si	do
Frekuensi	:	264	297	330	352	396	440	495	528
Perbandingan	:	24	27	30	32	36	40	45	48

### 3) Warna atau kualitas bunyi

Pada saat bermain alat musik, kamu dapat membedakan bunyi yang bersumber dari alat musik gitar, piano dan lain-lain. Setiap musik akan mengeluarkan suara yang khas. Suara yang khas ini disebut kualitas bunyi atau yang sering disebut *timbre*. Begitu pula pada manusia, juga memiliki kualitas bunyi yang berbeda-beda, ada yang memiliki suara merdu atau serak.

### 4) Resonansi

Tahukah kamu mengapa kentongan menghasilkan bunyi yang lebih keras dari pada kayu yang tidak berongga ketika dipukul? Mengapa *bentuk* gitar listrik berbeda dengan gitar biasa? Apa fungsi kotak udara pada gitar biasa? Jawaban pertanyaan ini akan berkaitan dengan resonansi. Untuk memahami resonansi, lakukan kegiatan berikut.



#### Ayo Kita Coba

#### Resonansi Bunyi

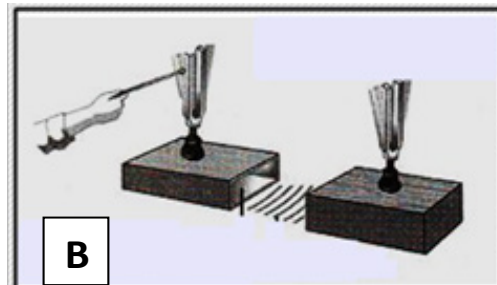
##### Apa yang harus kamu siapkan?

Dua garpu tala yang memiliki frekuensi sama, penyangga garpu tala, pemukul garpu tala, gelas dan air

##### Apa yang harus kamu lakukan?

##### a. Percobaan 1

1. Susunlah garpu tala seperti pada Gambar 9.15.



Gambar 9.15 Bagan garpu tala yang berfrekuensi sama (kanan) dan percobaan garpu tala (kiri)

2. Pukullah garpu tala A sehingga terdengar bunyi. Setelah beberapa lama, peganglah garpu tala A.

3. Amatilah garpu tala B, apa yang terjadi pada garpu tala B ketika garpu tala A dipukul?
4. Mengapa itu terjadi dan di sebut peristiwa apakah itu? Jelaskan!

**b. Percobaan 2**

1. Siapkan alat dan bahan
2. Pukullah garpu tala di meja kamu, kemudian dengarkan bunyi dari garpu tala, seperti pada Gambar 9.16.
3. Pukullah garpu tala di meja kamu lagi, kemudian dekatkan pada bibir gelas yang kosong. Coba dengarkan.
4. Isilah air dalam gelas sebanyak 1/4 gelas.
5. Pukullah garpu tala di meja kamu lagi, kemudian dekatkan pada bibir gelas yang berisi air, coba dengarkan, seperti pada Gambar 9.16.
6. Lakukan kegiatan langkah ke-4 dan 5, dengan melakukan variasi jumlah air pada gelas, yaitu berisi air 1/2 gelas, 3/4 gelas, dan penuh dengan air
7. Bandingkan manakah yang menghasilkan suara paling keras? Urutkan manakah yang menghasilkan suara paling keras sampai paling rendah?

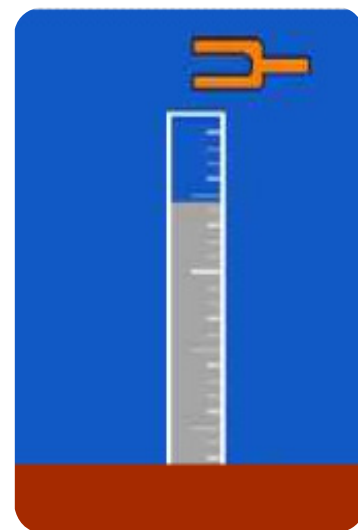
.....  
 .....

8. Mengapa hal itu dapat terjadi? Jelaskan.

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....



Sumber: Dokumen Kemdikud  
**Gambar 9.16** Seorang siswa mendengarkan garpu tala



Sumber: Dokumen Kemdikbud  
**Gambar 9.17** Bagan percobaan resonansi

Ikut bergetarnya udara yang ada di dalam kantong setelah dipukul mengakibatkan bunyi kantong terdengar semakin keras. Hal inilah yang disebut resonansi. Resonansi dapat terjadi pada kolom udara. Bunyi akan terdengar kuat ketika panjang kolom udara mencapai kelipatan ganjil dari 1/4 panjang gelombang ( $\lambda$ ) bunyi. Resonansi kolom udara ternyata telah dimanfaatkan oleh manusia dalam berbagai alat musik, antara lain pada gamelan, alat musik pukul, alat musik tiup, dan alat musik petik/ gesek.

Apakah pada telinga manusia juga memanfaatkan prinsip resonansi? Ketika kita berbicara, kita dapat mengatur suara menjadi lebih tinggi atau rendah. Organ yang berperan dalam pengaturan terjadinya suara adalah pita suara dan kotak suara yang berupa pipa pendek. Pada saat kita berbicara pita suara akan bergetar, Getaran itu diperkuat oleh udara dalam kotak suara yang beresonansi dengan pita suara pada frekuensi yang sama. Akibatnya, amplitudo lebih besar sehingga kita dapat mendengar suara yang nyaring.



Telinga manusia memiliki selaput tipis. Selaput itu mudah sekali bergetar apabila di luar terdapat sumber getar meskipun frekuensinya tidak sama dengan selaput gendang telinga. Selaput tipis sangat mudah beresonansi, sehingga sumber getar yang frekuensinya lebih kecil atau lebih besar dengan mudah menyebabkan selaput tipis ikut bergetar.

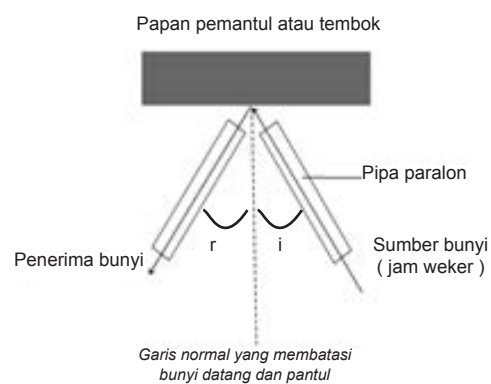
Prinsip kerja resonansi digunakan manusia karena memiliki beberapa keuntungan, misal dapat memperkuat bunyi asli untuk berbagai alat musik. Selain itu, ada dampak yang merugikan dari efek resonansi, yaitu bunyi ledakan bom dapat memecahkan kaca walaupun kaca tidak terkena langsung bom, bunyi gemuruh yang dihasilkan oleh guntur beresonansi dengan kaca jendela rumah sehingga bergetar dan dapat mengakibatkan kaca jendela pecah, serta bunyi kendaraan yang lewat di depan rumah dapat menggetarkan kaca jendela rumah.

## 5) Pemantulan Bunyi

Mengapa ketika berada di ruang tertutup suara terdengar lebih keras daripada di ruang terbuka? Mengapa jika kita berteriak pada tebing seperti ada yang meniru suara kita? Apakah suara ini dipantulkan? Untuk memahami hal ini lakukan kegiatan berikut.

### ✓ Ayo Kita Coba

1. Sediakan sumber bunyi berupa jam weker, dua buah pipa paralon kecil yang agak panjang, balok dan papan pemantul.
2. Susunlah alat seperti pada Gambar 9.18.
3. Hadapkan/tempelkan jam weker pada salah satu pipa.
4. Aturlah pipa yang lain sedemikian rupa sehingga kamu dapat mendengar suara yang paling jelas.
5. Gambarkan lintasan bunyi datang dan bunyi pantul, kemudian ukurlah sudut datang bunyi dan sudut pantulnya.
6. Ulangi langkah ke-4 dan 5 dengan sudut datang yang berbeda-beda.



**Gambar 9.18** Perangkat percobaan pemantulan bunyi

Dari percobaan di atas diperoleh hukum pemantulan bunyi, sebagai berikut.

1. Bunyi datang, bunyi pantul, dan garis normal terletak pada satu bidang datar.
2. Sudut datang ( $i$ ) sama dengan sudut pantul ( $r$ ).

## 6) Macam-macam bunyi pantul

### a) Bunyi pantul yang memperkuat bunyi asli

Apabila kita berbicara di dalam ruangan kecil, suara yang terdengar akan lebih keras dibandingkan dengan berbicara di ruang terbuka, misalnya di lapangan. Mengapa hal itu terjadi? Hal ini disebabkan jarak sumber bunyi dan dinding pemantul berdekatan sehingga selang waktu antara bunyi asli dan bunyi pantul sangat kecil. Antar bunyi akan terdengar bersamaan dengan bunyi asli dan bunyi asli terdengar lebih keras tetapi tidak jelas.

#### ✓ Ayo Kita Diskusikan

Observasilah di studio musik atau bioskop di sekitar tempat tinggal kamu. Kamu akan menemukan adanya karpet busa/stereofom atau kayu yang ditempel pada dinding-dinding studio. Apa tujuan penempelan itu?

(Observasi dapat dilakukan dengan mencari berbagai informasi pada sumber lain seperti internet, buku, koran, televisi, dan lain-lain.)

### b) Gaung atau kerdam

Jika kamu mengucapkan suatu kata dalam ruang gedung yang luas, kamu akan mendengar kata tersebut kurang jelas. Mengapa hal itu terjadi? Bunyi seperti ini disebut gaung atau kerdam, misalnya ketika kamu mengucapkan fisika.

Bunyi asli	: Fi – si – ka
Bunyi pantul	: .....Fi.... si..... ka
Bunyi yang terdengar jelas	: Fi .....ka

Jadi, gaung atau kerdam adalah bunyi pantul yang sebagian terdengar bersama-sama dengan bunyi asli sehingga bunyi asli terdengar tidak jelas. Bagaimana cara menghindari terjadinya gaung? Untuk menghindari terjadinya gaung, pada dinding ruangan yang besar harus dilengkapi peredam suara.

Peredam suara terbuat dari bahan karet busa, karton tebal, karpet, dan bahan-bahan lain yang bersifat lunak. Biasanya bahan-bahan tersebut sering kita jumpai di gedung bioskop, studio TV atau radio, aula, dan studio rekaman.

### c) Gema

Apabila kamu berteriak di lereng gunung atau lapangan terbuka, maka kamu akan mendengar bunyi pantul yang persis sama seperti bunyi asli dan akan terdengar setelah bunyi asli.

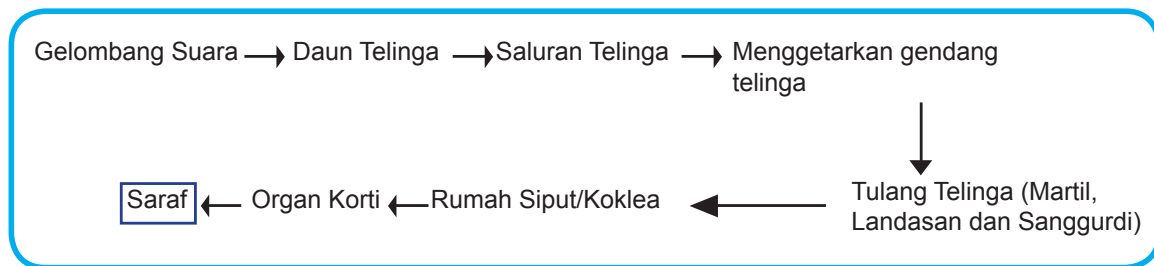
Bunyi asli	: Fi- si- ka
Bunyi pantul	: Fi- si- ka
Bunyi yang terdengar	: Fi- si- ka

Hal ini terjadi karena bunyi yang datang ke dinding tebing dan bunyi yang dipantulkannya memerlukan waktu untuk merambat. Jadi, gema adalah bunyi pantul yang terdengar sesudah bunyi asli.

## B. Mekanisme Proses Mendengar pada Manusia

Proses mendengar pada manusia melalui beberapa tahap. Tahap tersebut diawali dari lubang telinga yang menerima gelombang dari sumber suara. Gelombang suara yang masuk ke dalam lubang telinga akan menggetarkan gendang telinga (yang disebut membran timpani). Getaran membran timpani ditransmisikan melintasi telinga tengah melalui tiga tulang kecil, yang terdiri atas tulang martil, landasan, dan sanggurdi. Telinga tengah dihubungkan ke faring oleh tabung eustachius. Getaran dari tulang sanggurdi ditransmisikan ke telinga dalam melalui membran jendela oval ke koklea. Koklea merupakan suatu tabung yang bergulung seperti rumah siput. Koklea berisi cairan limfa.

Getaran dari jendela oval ditransmisikan ke dalam cairan limfa dalam ruangan koklea. Di bagian dalam ruangan koklea terdapat organ korti. Organ korti berisi carian sel-sel rambut yang sangat peka. Inilah reseptor getaran yang sebenarnya. Sel-sel rambut ini akan bergerak ketika ada getaran di dalam koklea, sehingga menstimulasi getaran yang diteruskan oleh saraf auditori ke otak, secara skematis proses mendengar dapat dilihat pada Gambar 9.19. Untuk lebih memahami Gambar 9.19, buka kembali gambar anatomi telinga pada Gambar 9.6.

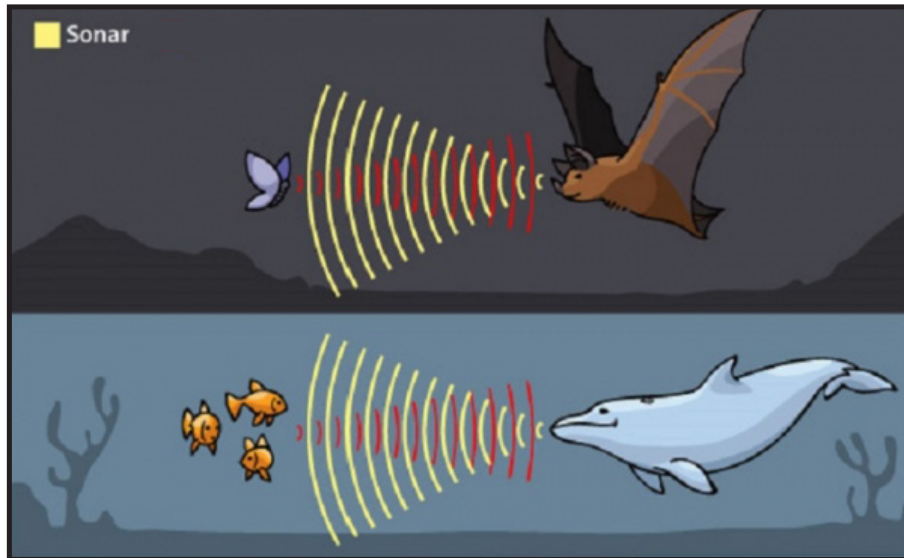


Gambar 9.19 Skema proses mendengar pada manusia

## C. Sistem Sonar dan Pemanfaatannya

### 1. Sistem Sonar

Pernahkah kamu melihat anjing menggerakkan telinganya? Anjing sering menggerakkan telinga ketika melakukan pelacakan atau berburu. Beberapa mamalia akan menggunakan daun telinga mereka untuk mengarahkan suara ke dalam saluran pendengarannya. Sistem ini disebut sistem sonar yaitu sistem yang digunakan untuk mendeteksi tempat dalam melakukan pergerakan dengan deteksi suara frekuensi tinggi (ultrasonik). Sonar atau *Sound Navigation and Ranging* merupakan suatu metode penggunaan gelombang ultrasonik untuk menaksir ukuran, bentuk, dan kedalaman benda-benda, seperti pada Gambar 9.20.



Sumber : [www.hngn.com](http://www.hngn.com).

**Gambar 9.20** Lumba-lumba dan kelelawar.

Daun telinga membantu hewan untuk menentukan arah dari mana suara tersebut datang dan akan dapat mendeteksi suara samar. Mengapa bentuk telinga pada manusia dan kelelawar berbeda? Tahukah kamu bagaimana kelelawar?

Kelelawar merupakan hewan yang mampu mendengarkan bunyi ultrasonik dengan frekuensi di atas 20.000 Hz, Kelelawar ini dapat mengeluarkan gelombang ultrasonik pada saat ia terbang. Gelombang yang dikeluarkan akan dipantulkan kembali oleh benda-benda atau binatang lain yang akan dilewatinya dan diterima oleh suatu alat yang berada di tubuh kelelawar, kemampuan kelelawar untuk menentukan lokasi ini disebut dengan ekolokasi. Untuk terbang dan berburu, kelelawar akan memanfaatkan bunyi yang frekuensinya tinggi, kemudian mendengarkan gema yang dihasilkan. Pada saat kelelawar mendengarkan gema, kelelawar tidak dapat mendengar suara lain selain dari yang dipancarkannya sendiri. Lebar frekuensi yang mampu didengar oleh makhluk ini sangat sempit, yang lazimnya menjadi hambatan besar untuk hewan ini karena adanya **Efek Doppler**.

Berdasarkan Efek Doppler, jika sumber bunyi dan penerima suara keduanya tak bergerak (jika dibandingkan dengan benda lain), maka penerima akan menentukan frekuensi yang sama dengan yang dipancarkan oleh sumber suara. Akan tetapi, jika salah satunya bergerak, frekuensi yang diterima akan berbeda dengan yang dipancarkan. Dalam hal ini, frekuensi suara yang dipantulkan dapat jatuh ke wilayah frekuensi yang tidak dapat didengar oleh kelelawar. Dengan demikian, kelelawar tentu akan menghadapi masalah karena tidak dapat mendengar gema suaranya dari lalat yang sedang bergerak.

Berdasarkan kenyataan, kelelawar dapat menyesuaikan frekuensi suara yang dikirimkannya terhadap benda bergerak seolah sang kelelawar telah memahami Efek Doppler. Misalnya, kelelawar mengirimkan suara berfrekuensi tertinggi terhadap lalat yang bergerak menjauh sehingga pantulannya tidak hilang dalam wilayah tak terdengar dari rentang suara. Kelelawar akan dapat mendengar dan menentukan posisi dari berbagai benda yang ada di sekitarnya. Sistem ini juga dimiliki oleh lumba-lumba dan paus. Untuk memahami materi ini, kita dapat menganalisis visualisasi proses ekolokasi yang terjadi pada kelelawar.

**Ayo Kita Lakukan**

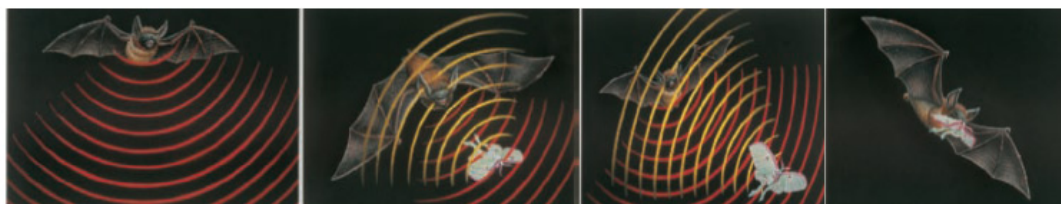
Analisislah, bagaimana peran dari sistem sonar yang ada pada kelelawar yang dihubungkan dengan ekolokasi?

Ekolokasi adalah .....

Hubungannya ekolokasi dengan sistem sonar adalah .....



Sumber : McGraw-Hill, 2007  
**Gambar 9.21** Kelelawar



Sumber : McGraw-Hill, 2007  
**Gambar 9.22** Kelelawar dalam ekolokasi

Bagaimana mekanisme sistem sonar pada kelelawar untuk menentukan lokasi? Jelaskan!

.....  
.....  
.....  
.....

Peristiwa di atas disebut Ekolokasi.

Renungkan, betapa sempurnanya Tuhan menciptakan Makhluk Hidup dengan berbagai mekanisme dalam kehidupannya

Lihatlah kembali Gambar 9.20. Kamu telah mempelajari sistem sonar pada kelelawar. Sekarang perhatikan bagaimana sistem sonar pada lumba-lumba. Pernahkah kamu melihat lumba-lumba? Di mana kamu pernah melihat lumba-lumba? Habitat asal lumba-lumba adalah di lautan. Lumba-lumba dapat dilihat di permukaan air, namun sebagian besar waktu mereka di kedalaman lautan yang cukup gelap. Sekalipun hidup di kedalaman lautan, lumba-lumba mempunyai sistem yang memungkinkan untuk berkomunikasi dan menerima rangsangan, yaitu sistem sonar. Sistem ini berguna untuk mengindra benda-benda di lautan, mencari makan, dan berkomunikasi.

Berikut ini cara kerja sistem sonar lumba-lumba. Lumba-lumba bernapas melalui lubang yang ada di atas kepalanya. Tepat di bawah lubang ini, terdapat kantung-kantung kecil berisi udara. Dengan mengalirkan udara melalui kantung-kantung ini, lumba-lumba menghasilkan bunyi dengan frekuensi tinggi. Kantung udara ini berperan sebagai cermin akustik yang memfokuskan bunyi yang dihasilkan gumpalan kecil jaringan lemak yang berada tepat di bawah lubang pernapasan. Kemudian, bunyi ini dipancarkan ke arah sekitarnya secara



terputus-putus. Gelombang bunyi lumba-lumba segera memantul kembali bila membentur suatu benda. Pantulan gelombang bunyi tersebut ditangkap di bagian rahang bawahnya yang disebut “jendela akustik”. Dari bagian tersebut, informasi bunyi diteruskan ke telinga bagian tengah, dan akhirnya ke otak untuk diterjemahkan. Pantulan bunyi dari sekelilingnya memberi informasi rinci tentang jarak benda-benda dari mereka, ukuran dan pergerakannya. Dengan cara tersebut, lumba-lumba mengetahui lokasi mangsanya. Lumba-lumba juga mampu saling berkiriman pesan walaupun terpisahkan oleh jarak lebih dari 220 km. Lumba-lumba berkomunikasi untuk menemukan pasangan dan saling mengingatkan akan bahaya.

## 2. Pemanfaatan Sistem Sonar

Konsep sonar pada saat ekolokasi kelelawar memanfaatkan gelombang ultrasonik. Apakah para ahli sudah memanfaatkan konsep ini? Ternyata, gelombang ultrasonik telah dimanfaatkan bagi kehidupan manusia. Berikut beberapa pemanfaatan gelombang ultrasonik pada kehidupan manusia.

a) Gelombang ultrasonik dimanfaatkan untuk mengamati janin bayi dalam kandungan, yang dikenal dengan ultrasonografi (USG). Alat ini akan memancarkan berkas ultrasonik ke rahim ibu hamil, kemudian melacak perubahan frekuensi bunyi mantul dari jantung yang berdenyut dan darah yang beredar. Pancaran pendek dari ultrasonik akan menghasilkan gambar penampang badan manusia.

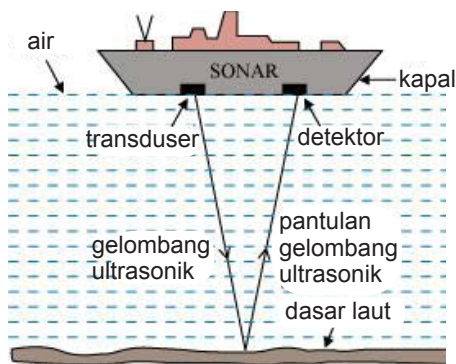


Sumber: freedigitalphotos.net  
Gambar. 9.23 Pemeriksaan thyroid

Denyut yang menabrak janin dan tulang belakang akan terpantul. Komputer menyimpan intensitas setiap denyut dan waktu arah gemanya. Berdasarkan data, komputer akan menghitung kedalaman dan lokasi setiap benda yang menghasilkan gema, lalu menampilkan titik cerah pada monitor.

b) Gelombang ultrasonik digunakan untuk mendeteksi adanya penyakit pada manusia, seperti mendeteksi adanya kista pada ovarium.

c) Gelombang ultrasonik juga digunakan untuk menentukan kedalaman dasar laut yang diperoleh dengan cara memancarkan bunyi ke dalam air. Gelombang bunyi akan merambat menurut garis lurus hingga mengenai sebuah penghalang, misalnya dasar laut. Ketika gelombang bunyi itu mengenai penghalang, sebagian gelombang itu akan dipantulkan kembali ke kapal sebagai gema. Waktu yang dibutuhkan gelombang bunyi untuk bergerak turun ke dasar dan kembali ke atas diukur dengan cermat.



Sumber : [www.meritnation.com](http://www.meritnation.com)

**Gambar 9.24** Mengukur kedalaman laut

Perhatikan Gambar 9.24, dengan menggunakan data waktu dan cepat rambat bunyi di air laut, orang dapat menghitung jarak kedalaman laut dengan persamaan

$$s = \frac{v \times t}{2}$$

Dengan:  $s$  = kedalaman lautan,  $v$  = kecepatan gelombang ultrasonik, dan  $t$  = waktu tiba gelombang ultrasonik

Secara singkat prinsip kerja sonar pada Gambar 9.24 dijelaskan berikut ini. Alat pada kapal yang disebut transduser akan mengubah sinyal listrik menjadi gelombang ultrasonik yang dipancarkan ke dasar laut. Pantulan dari gelombang tersebut akan menimbulkan efek gema (*echo*) dan akan dipantulkan kembali ke kapal dan ditangkap oleh alat detektor. Sistem penerima pada kapal akan melakukan penghitungan mengenai jarak obyek, dengan menggunakan rumus yang telah kamu pelajari sebelumnya. Dengan cara tersebut, manusia tidak perlu bersusah payah dalam mengukur kedalaman laut. Bayangkan jika harus mengukur menggunakan meteran, pasti sulit, bukan?

Tahukah kamu, proses pengukuran kedalaman laut tadi ternyata menirukan proses lumba-lumba dalam mencari mangsanya? Sistem kapal selam modern yang dikembangkan manusia saat ini juga meniru sistem yang telah digunakan lumba-lumba sejak jutaan tahun lalu. Menakutkan, bukan? Mustahil seekor binatang mampu memiliki sistem sedemikian menakutkan atas kehendaknya sendiri. Sistem tak tertandingi pada lumba-lumba adalah bukti bahwa Tuhan telah menciptakan mereka begitu sempurna.

### Refleksi

Tuhan menciptakan beragam karakteristik mengagumkan pada setiap makhluknya, sesuai dengan kebutuhan setiap makhluknya. Misalnya kelelawar memiliki sistem sonar yang mampu mendeteksi keberadaan benda disekitarnya, sehingga ia dapat terbang di tempat yang gelap tanpa tertabrak benda lain. Lumba-lumba dan paus yang hidup di laut juga memiliki sonar untuk mendeteksi keberadaan sumber makanan. Anjing dengan kemampuan mendengar suara ultrasonik dapat membantu manusia untuk menjaga rumah dari tindakan kejahatan. Teknologi sonar yang diterapkan pada kapal laut dan alat ultrasonografi (USG) dikembangkan dengan meniru sistem sonar yang dimiliki oleh ikan paus dan kelelawar sehingga mendatangkan banyak manfaat bagi manusia. Oleh karena itu, tidak ada ciptaan Tuhan yang sia-sia. Kita hendaknya senantiasa menyukuri apa yang telah kita miliki, karena ciptaan Tuhan pasti sesuai dengan kebutuhan makhluknya. Jika kamu mempunyai kapasitas mendengar pada taraf audiosonik, maka apa yang terjadi jika kalian mendengar suara musik yang terlalu keras secara terus-menerus?



## Info Ilmuwan

Kamu masih ingat saluran Eustachius? Nama tersebut diabadikan dari seorang ahli anatomi Italia bernama Bartolomeo Eustachio (1520-1574 M). Eustachio meneliti perkembangan struktur telinga, ginjal, adrenal, rahim, saraf otak, dan otot. Namanya digunakan untuk menggambarkan saluran pendengaran (saluran Eustachius), yaitu saluran yang menghubungkan telinga tengah dengan tenggorokan. Sebelum masa Eustachio, terdapat para ahli yang mengembangkan ilmu tentang telinga, di antaranya berikut ini. Ar-Razi (865-925M) mengembangkan cara mendiagnosis dan mengobati pasien THT (telinga hidung tenggorokan). Beliau memeriksa pasien di bawah cahaya matahari langsung, menggunakan mikroskop cermin, menggunakan spekula untuk memeriksa telinga dan hidung, dan menggunakan penekan lidah untuk memeriksa mulut dan tenggorokan. Ar-Razi dapat menjelaskan dengan rinci penyebab penyakit telinga, hidung, mulut, kerongkongan, dan tenggorokan; bahkan tercatat sebagai dokter pertama yang menjelaskan rhinorrhea (penyakit ingusan) dan penyebabnya. Ahli berikutnya adalah Ibnu Sina (980-1037 M) yang dapat menjelaskan secara rinci berbagai gangguan pada THT, dan banyak penyakit lainnya; dan Al-Zahrawi (936-1013 M) yang merintis operasi pembedahan telinga untuk mengembalikan pendengaran pasien.



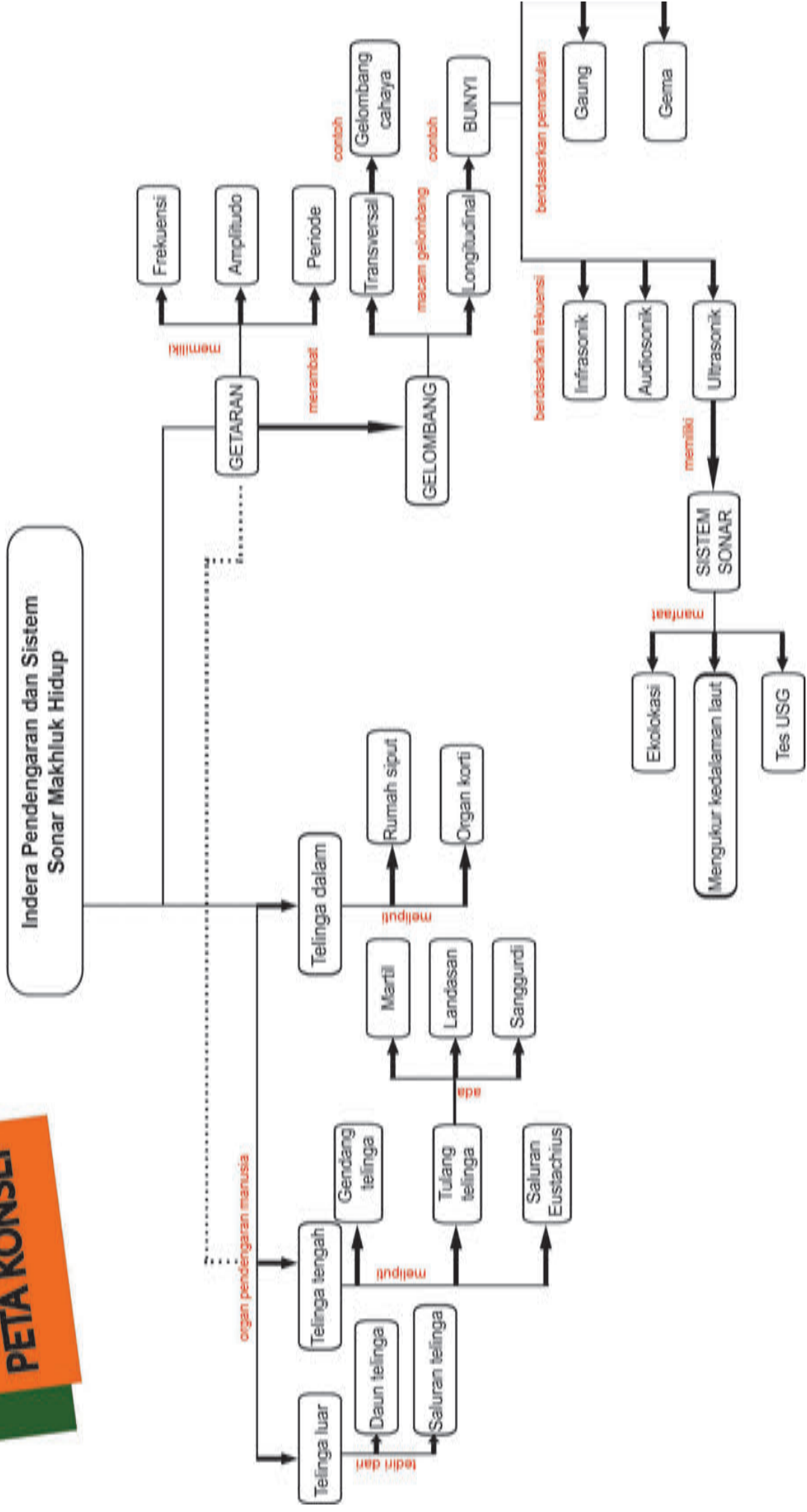
## Rangkuman

1. Mendengar adalah kemampuan untuk mendeteksi vibrasi mekanis yang disebut suara.
2. Organ pendengaran pada manusia adalah telinga yang berfungsi menangkap gelombang suara dan memberikan rangsang pada sel saraf untuk diterjemahkan di otak.
3. Telinga manusia dibagi menjadi 3 area, yaitu telinga luar, telinga tengah, dan telinga dalam.
4. Getaran merupakan gerak bolak-balik melalui titik kesetimbangannya yang energinya akan merambat dalam bentuk gelombang.
5. Gelombang-gelombang yang berbeda dapat memiliki periode, frekuensi, dan panjang gelombang yang berbeda.
6. Berdasarkan arah rambatnya, gelombang dibedakan menjadi gelombang transversal dan gelombang longitudinal. Gelombang transversal adalah gelombang yang arah rambatnya tegak lurus dengan arah getarnya. Gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah rambatnya sejajar dengan arah getarnya.
7. Hubungan antara panjang gelombang ( $\lambda$ ), frekuensi ( $f$ ), cepat rambat ( $v$ ) dan periode ( $T$ ) gelombang dinyatakan dalam rumus-rumus sebagai berikut.

$$v = \lambda/T = \lambda f$$

8. Telinga manusia mampu mendengar bunyi dengan frekuensi 20-20.000 Hz yang disebut bunyi audiosonik. Beberapa hewan dapat mendengar bunyi dengan frekuensi di bawah 20 Hz yang disebut bunyi infrasonik, dan bunyi dengan frekuensi di atas 20.000 Hz yang disebut bunyi ultrasonik.
9. Resonansi adalah peristiwa ikut bergetarnya suatu benda karena benda lain yang memiliki frekuensi sama bergetar di sekitarnya.
10. Sonar merupakan suatu sistem penggunaan gelombang ultrasonik untuk menaksirkan ukuran, bentuk, atau kedalaman yang biasa dipakai di kapal atau hewan tertentu seperti lumba-lumba dan kelelawar.

# PETA KONSEP

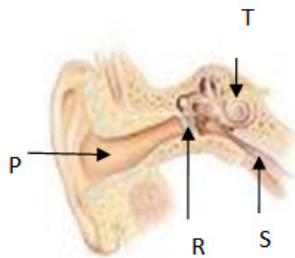






**A. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!**

1. Perhatikan gambar irisan telinga berikut ini!



Gendang telinga, saluran eustachius, dan rumah siput ditunjukkan secara berturut-turut dengan huruf ....

- a. P, S dan R
  - b. P, R dan T
  - c. R, S dan T
  - d. P, S dan T
2. Pada saat mendengar suara yang sangat keras, sebaiknya kita membuka mulut. Tujuan dari tindakan tersebut adalah ....
- a. dapat bernapas lega
  - b. tekanan udara telinga tengah sama dengan telinga luar
  - c. suara dapat masuk ke rongga mulut
  - d. gelombang suara keras terpecah masuk ke dalam tubuh

3. Berikut ini adalah struktur yang terdapat dalam telinga manusia:

- 1. daun telinga,
- 2. saluran telinga,
- 3. gendang telinga,
- 4. tulang sanggurdi,
- 5. tulang landasan,
- 6. tulang martil,
- 7. koklea, dan
- 8. saraf pendengaran.

Setelah gelombang bunyi sampai di telinga, agar bunyi dapat didengar, getaran berturut-turut melalui struktur bernomor ....

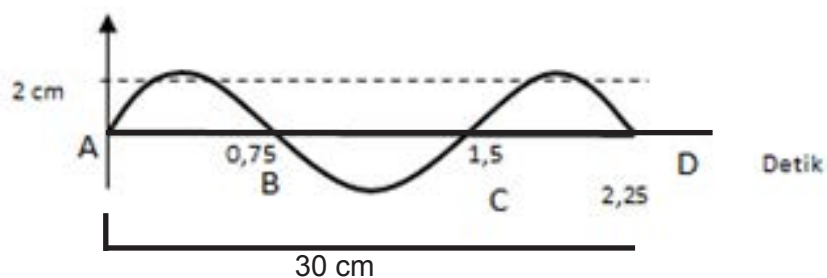
- a. 1-2-3-6-5-4-7-8
- b. 1-2-3-4-5-6-7-8

- c. 1-2-3-6-4-5-7-8
  - d. 1-2-3-5-4-6-7-8
4. Sebuah bandul digetarkan selama 1 menit sehingga menghasilkan 40 getaran. Periode bandul tersebut adalah ....
- a. 1,5 sekon
  - b. 0,33 sekon
  - c. 0,25 sekon
  - d. 0,15 sekon
5. Perbedaan yang mendasar antara gelombang transversal dan gelombang longitudinal adalah ....
- a. frekuensi
  - b. amplitudo
  - c. arah rambatnya
  - d. panjang gelombang
6. Sebuah gelombang merambat dengan kecepatan 340 m/s. Jika frekuensi gelombang adalah 50 Hz, panjang gelombang dari gelombang tersebut adalah ....
- a. 6,8 meter
  - b. 6,7 meter
  - c. 6,6 meter
  - d. 6,5 meter
7. Perbedaan antara gema dan gaung terletak pada ....
- a. jarak sumber bunyi dengan pendengar
  - b. jarak sumber bunyi dengan dinding pemantul
  - c. amplitudo dan frekuensinya
  - d. kelengkapan kata yang terdengar
8. Dari permukaan air laut, sinyal bunyi dikirim ke dasar laut. Sinyal tersebut diterima kembali setelah 12 sekon. Jika cepat rambat bunyi dalam air adalah 1.800 m/s, maka kedalaman laut di tempat itu adalah ....

- a. 21.600 m
  - b. 5.400 m
  - c. 8.100 m
  - d. 10.800 m
9. Telinga manusia normal mampu mendengar bunyi yang memiliki frekuensi ....
- a. kurang dari 20 Hz
  - b. lebih dari 20.000 Hz
  - c. antara 20- 20.000 Hz
  - d. lebih dari 200.000 Hz
10. Sebuah kolom udara memiliki panjang 40 cm. Jika garpu tala mempunyai frekuensi 320 Hz, maka besarnya cepat rambat gelombang bunyi di udara pada saat terjadi resonansi pertama adalah .....
- a. 512 m/s
  - b. 513 m/s
  - c. 511 m/s
  - d. 515 m/s

**B. Jawablah pertanyaan berikut**

1. Perhatikan gambar berikut.



- a. Berapa jumlah gelombang pada gambar di atas?
  - b. Tentukan amplitudo gelombang.
  - c. Tentukan periode gelombang.
  - d. Tentukan panjang gelombang.
  - e. Tentukan cepat rambat gelombang
  - f. Tentukan jumlah gelombang selama dua menit.
2. Saat cuaca mendung seorang anak mendengar bunyi guntur 1,5 detik setelah terlihat kilat. Jika cepat rambat bunyi di udara adalah 320 m/s, tentukan jarak sumber petir dari anak tersebut!

3. Kelelawar memiliki kemampuan untuk mendengarkan bunyi ultrasonik, yaitu mampu mendengar bunyi dengan frekuensi di atas 20.000 Hz. Ternyata, ini berhubungan dengan ekolokasi, yaitu kemampuan kelewar untuk menentukan arah. Bagaimana mekanisme kelewar dalam ekolokasi? Jelaskan.
4. Sekarang ini banyak teknologi baru yang memanfaatkan sistem sonar. Menurut kamu adakah dampak negatif dengan penggunaan sistem sonar ini dalam perkembangan teknologi?
5. Pernahkah kamu berdiri di trotoar jalan kemudian mendengar suara sirine mobil ambulan? Saat mobil berada di kejauhan bunyi sirene mobil terdengar pelan. Ketika mobil bergerak mendekati kamu, bunyi akan terdengar semakin keras kemudian bunyi sirine mobil akan terdengar melemah lagi setelah mobil menjauh. Dapatkah kamu menjelaskan mengapa bunyi sirine mobil berubah-ubah ketika mobil bergerak mendekati/menjauhi kamu?
6. Terdapat dua buah gabus terapung di atas permukaan air berjarak 6 meter satu sama lain. Kedua gabus bergerak naik turun bersama-sama ketika dilalui gelombang. Di antara kedua gabus tersebut terdapat dua puncak gelombang. Tentukan sketsa gambarnya dan panjang gelombangnya.
7. Apabila kita menjatuhkan benda keras (misalnya batu atau besi) ke lantai, maka timbul bunyi.
  - a. Menurut pendapatmu, apakah bunyi dapat dipantulkan?
  - b. Jika dapat dipantulkan, bedakan antara pemantulan bunyi di dalam ruangan kosong dengan pemantulan suara ketika berteriak pada dinding tebing!
  - c. Apakah proses pemantulan bunyi dapat dimanfaatkan untuk kepentingan kita? Jelaskan jawaban kamu disertai contoh.
  - d. Bagaimana cara kerja sonar?



### Tugas Proyek

Buatlah sebuah artikel tentang penyakit atau kelainan pada indera pendengaran secara berkelompok. Artikel tersebut setidaknya memuat.

- a. Data hasil observasi (internet, buku, koran, TV, atau sumber lainnya) mengenai satu penyakit terkait dengan indera pendengaran.
- b. Identifikasi penyebab terjangkitnya penyakit itu.
- c. Analisis cara untuk penyembuhan dan pencegahan terhadap terjangkitnya penyakit tersebut.
- d. Setiap kelompok diusahakan memiliki topik yang berbeda-beda.
- e. Setelah selesai menyusun artikel tersebut, presentasikan hasil artikel kamu di depan kelas.

# Bab 10

## Indera Penglihatan dan Alat Optik

Kamu dapat melihat alam sekitar dengan indera penglihatan. Benda-benda di sekitarmu dapat di lihat karena benda tersebut memantulkan cahaya. Bagaimana cara matamu dapat melihat benda dan bagaimana cara benda memantulkan cahaya? Ayo pelajari pada bab ini dengan semangat!



Sumber: coversion.which.co.uk dan Dokumen Kemdikbud

## A. Pembentukan Bayangan pada Alat Optik

### 1. Sifat-Sifat Cahaya

Mungkin di antara kamu masih ada yang bertanya-tanya tentang cahaya, karena kita tidak mengetahui wujud dan tidak dapat memegang cahaya. Cahaya tidak mempunyai wujud, namun cahaya ada di sekitar kamu dan dapat dirasakan keberadaannya.

Untuk mengenali cahaya, kita perlu mengetahui dan memahami sifat-sifat cahaya dan penggunaannya pada alat-alat optik.

#### a. Cahaya Merambat Lurus

Cahaya merambat ke semua arah. Misalnya, jika lilin atau lampu yang kamu nyalakan di tempat gelap, maka kamu akan melihat bahwa daerah yang ada di sekitar lilin atau lampu tersebut akan terang. Bagaimanakah arah rambatan cahaya? Untuk mengetahuinya lakukan kegiatan berikut.



#### Ayo Kita Pelajari

##### A. Pembentukan Bayangan

1. Sifat-sifat Cahaya
2. Pembentukan Bayangan pada Cermin dan Lensa



#### Istilah Penting

Cahaya	Cermin cembung
Sifat-sifat cahaya	Cermin cekung
Cermin datar	Lensa cekung
Lensa cembung	



#### Mengapa Penting?

Menjelaskan proses pembentukan bayangan pada cermin dan lensa dengan menggunakan sifat-sifat cahaya.



#### Ayo Kita Coba

##### Perambatan Cahaya

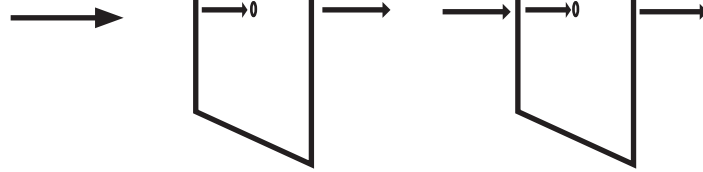
##### Apa yang harus kamu persiapkan?

1. Lampu atau lilin
2. Kertas
3. Gunting

##### Apa yang harus kamu lakukan?

1. Lakukan percobaan ini di tempat gelap atau remang-remang.
2. Lubangi kertas pada bagian tengahnya.
3. Susunlah set percobaan seperti pada Gambar 10.1. Mintalah bantuan temanmu untuk memegang kertas.
4. Nyalakan lampu/ lilin. Amati bayangan yang terbentuk. Bagaimanakah arah rambatan cahaya lampu lilin?
5. Ulangi langkah 4, amati bayangan yang terbentuk. Dapatkah kamu melihat arah rambatan cahaya?
6. Apa yang terjadi jika kedua lubang pada kertas tersebut tidak diletakkan dalam satu garis lurus?





Sumber: Dokumen Kemdikbud

**Gambar 10.1** Set percobaan perambatan cahaya

Berdasarkan percobaan ini, apa yang dapat kamu simpulkan?

### b. Cahaya dapat Dibiaskan

Bagaimana cahaya dapat dibiaskan atau seolah-olah dibiaskan? Untuk mengetahuinya coba lakukan kegiatan berikut.

#### **Ayo Kita Coba**

#### **Mengapa Sendok Terlihat Bengkok?**

##### **Apa yang harus kamu persiapkan?**

1. Sendok
2. Air
3. Gelas kimia, jika tidak ada gunakan gelas bening



Sumber: Dokumen Kemdikbud  
**Gambar 10.2** Set percobaan sendok bengkok

##### **Apa yang harus kamu lakukan?**

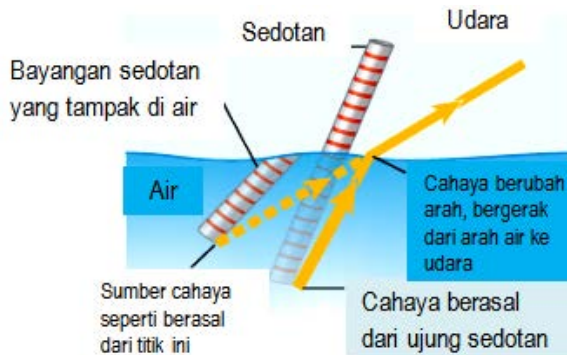
1. Isi gelas dengan air hingga terisi  $\frac{3}{4}$  gelas.
2. Masukkan sendok ke dalam air dengan posisi seperti pada gambar.
3. Amati bentuk sendok yang berada di atas air dan di dalam air.

##### **Jawablah pertanyaan berikut, tuliskan jawabanmu pada buku IPA!**

1. Apa yang terjadi pada sendok? Mengapa peristiwa tersebut dapat terjadi? Jelaskan!
2. Mengapa cahaya dibiaskan saat melalui medium yang berbeda kerapatannya?
3. Gambarkan diagram yang dapat menjelaskan proses terjadinya pembiasan pada sendok!

##### **Apa yang dapat kamu simpulkan dari percobaan tersebut?**

Cahaya akan dibiaskan ketika melalui medium dengan kerapatan yang berbeda. Kecepatan cahaya akan menurun saat memasuki air atau medium yang lebih rapat. Semakin besar perubahan kecepatan cahaya saat melalui dua medium yang berbeda, akan semakin besar pula efek pembiasan yang terjadi. Namun, pembiasan tidak akan terjadi saat benda dicelupkan dalam posisi tegak lurus (perhatikan pola pembiasan pada Gambar 10.3)



Sumber: Berwald, dkk. 2007

**Gambar 10.3** Proses pembiasan pada sedotan

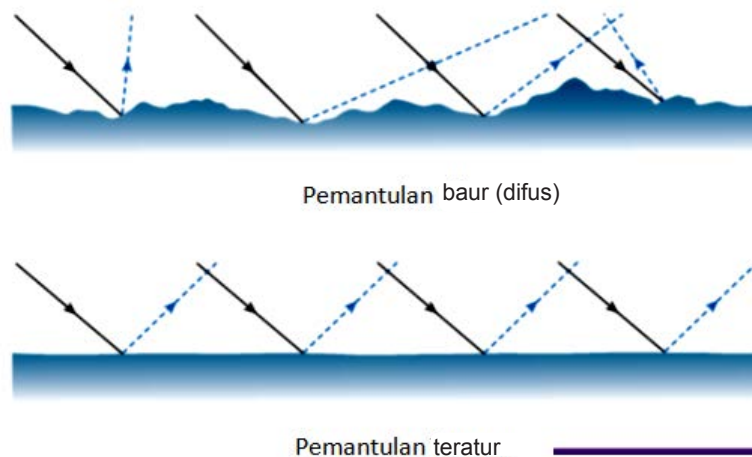
**✓ Ayo Kita Pahami**

Kamu pasti pernah melihat bayang-bayang benda. Apa sebenarnya bayang-bayang itu? Bayang-bayang terjadi sebagai akibat cahaya merambat pada garis lurus. Bayang-bayang merupakan suatu daerah gelap yang terbentuk pada saat sebuah benda menghalangi cahaya yang mengenai suatu permukaan. Jika sumber cahaya cukup besar, bayang-bayang sering terdiri atas dua bagian.

Apabila cahaya tersebut terhalang seluruhnya, terbentuklah umbra, yaitu bagian pertama bayang-bayang yang sangat gelap. Daerah di luar umbra menerima sebagian cahaya, terbentuklah penumbra, yaitu bagian kedua bayang-bayang yang terletak di luar umbra dan tampak berwarna abu-abu kabur.

### c. Cahaya dapat Dipantulkan

Apakah kamu dapat membedakan benda-benda berdasarkan warnanya? Apa yang menyebabkan demikian? Cahaya memiliki sifat dapat dipantulkan jika menumbuk suatu permukaan bidang. Pemantulan yang terjadi dapat berupa **pemantulan baur** dan **pemantulan teratur**. Pemantulan baur terjadi jika cahaya dipantulkan oleh bidang yang tidak rata, seperti aspal, tembok, batang kayu, dan lainnya. Pemantulan teratur terjadi jika cahaya dipantulkan oleh bidang yang rata, seperti cermin datar atau permukaan air danau yang tenang.



Sumber: Berwald dkk. 2007.

**Gambar 10.4** Pemantulan baur dan pemantulan teratur.

Pada pemantulan baur dan pemantulan teratur, sudut pantulan cahaya besarnya selalu sama dengan sudut datang cahaya (perhatikan Gambar 10.5). Hal tersebut yang menjadi dasar **hukum pemantulan cahaya** yang dikemukakan oleh Snellius. Snellius menambahkan konsep garis normal yang merupakan garis khayal yang tegak lurus dengan bidang. Garis normal berguna untuk mempermudah kamu menggambarkan pembentukan bayangan oleh cahaya.

Bunyi hukum pemantulan adalah sebagai berikut.

1. Sinar datang garis normal, dan sinar pantul terletak pada satu bidang datar.
2. Besar sudut datang sama dengan besar sudut pantul.

Jika dirumuskan adalah sebagai berikut.

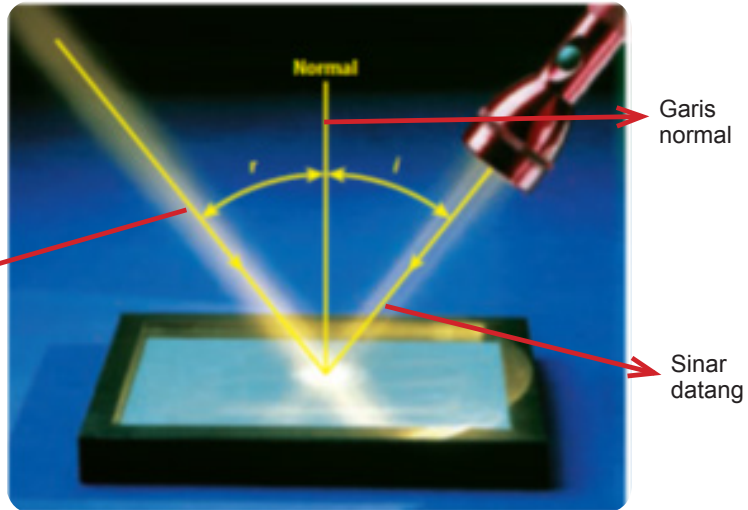
$$\angle i = \angle r$$

Keterangan :

$\angle i$  = Sudut datang

$\angle r$  = Sudut pantul

Sinar Pantul



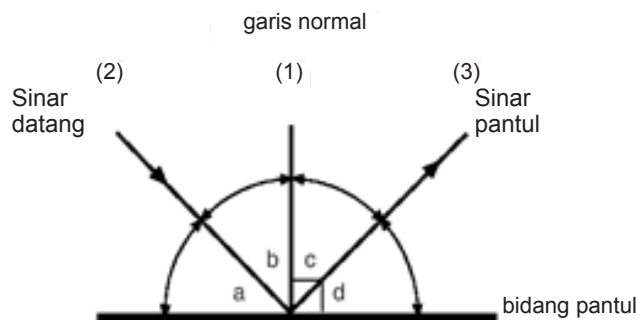
Sumber: Berwald, dkk. 2007

**Gambar 10.5** Proses pemantulan cahaya pada cermin datar

Kemampuan kamu untuk membedakan warna, tidak terlepas dari sifat cahaya itu sendiri. Cahaya yang mengenai benda sebagian akan dipantulkan ke mata dan sebagian lagi akan diserap benda sebagai energi. Misalnya cahaya yang mengenai benda terlihat berwarna merah. Hal ini berarti spektrum cahaya merah akan dipantulkan oleh benda, sedangkan spektrum warna lainnya akan diserap oleh benda tersebut.

### ✓ Ayo Kita Selesaikan

1. Pada gambar di bawah ini, manakah yang menunjukkan sudut datang dan sudut pantul?



Sumber: Dokumen Kemdikbud

**Gambar 10.6** Posisi sudut datang dan sudut pantul

2. Jika sudut datang sebesar  $30^\circ$ , berapakah besar sudut pantul yang terbentuk?

#### d. Cahaya merupakan Gelombang Elektromagnetik

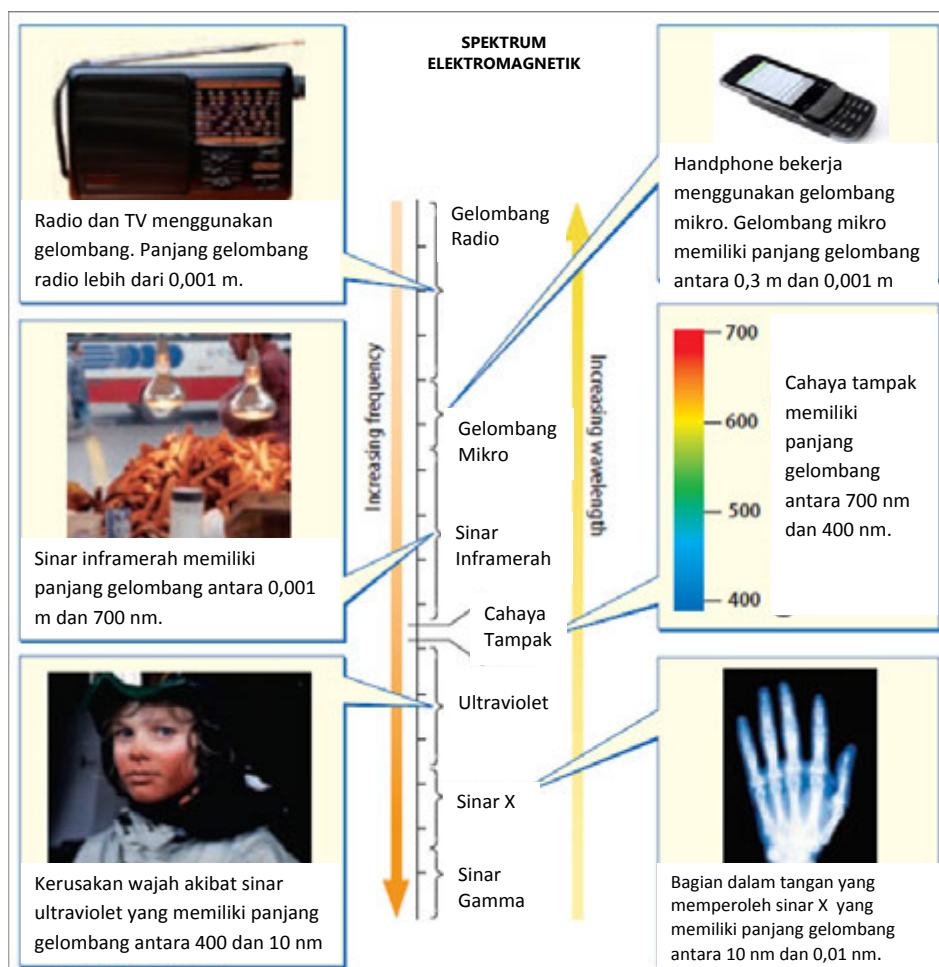
Bayangkan saat ini kamu sedang berdiri di tepi pantai. Pada saat itu kamu melihat ombak yang sangat besar sedang melaju menuju ke arah kamu. Deburan ombak tersebut hanya memindahkan sejumlah energi dengan memindahkan mediumnya (air laut) karena angin. Hal ini dibuktikan dengan terdengarnya suara ombak (energi gerak menjadi bunyi).

Berbeda dengan gelombang laut, cahaya dapat mentransfer energi dari satu tempat ke tempat lainnya tanpa menggunakan medium sehingga cahaya merupakan gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik terbentuk karena adanya perubahan medan magnet dan medan listrik secara periodik.

Salah satu fenomena yang dapat membuktikan bahwa cahaya itu mampu mentransfer energi adalah saat lilin yang dinyalakan di sebuah ruang yang gelap dan kemudian lilin tersebut dapat menerangi ruangan tersebut. Contoh lainnya adalah matahari yang memancarkan gelombang cahayanya melalui ruang angkasa (tanpa medium). Gelombang cahaya matahari memancar ke segala arah sampai ke bumi meskipun melalui ruang hampa udara. Hal ini berarti gelombang cahaya dapat merambat pada ruang kosong (hampa udara) tanpa adanya materi.

Berdasarkan frekuensinya, gelombang elektromagnetik ada bermacam-macam. Berikut klasifikasi gelombang elektromagnetik yang dikenal dengan spektrum elektromagnetik.

#### Cahaya Tampak



Sumber: Berwald, dkk. 2007

**Gambar 10.7** Spektrum elektromagnetik

Sinar yang dapat dilihat oleh mata manusia adalah bagian yang sangat kecil dari spektrum elektromagnetik. Agar mudah memahaminya, perhatikan Gambar 10.7 yang menunjukkan spektrum cahaya tampak. Cahaya tampak adalah cahaya yang memiliki panjang gelombang elektromagnetik yang dapat dideteksi oleh mata manusia. Panjang gelombang cahaya tampak berkisar antara 400 nm sampai 700 nm, yang besarnya seratus kali lebih kecil dari pada lebar rambut manusia. Warna cahaya yang dapat kamu lihat tergantung pada panjang gelombang dari gelombang cahaya yang masuk ke mata.

**Ayo Kita Coba**

Setelah kamu mengamati Gambar 10.7. Jawablah pertanyaan berikut ini!  
Berapakah panjang gelombang cahaya merah dan biru?

## 2. Pembentukan Bayangan pada Cermin

Salah satu kegiatan yang mungkin kamu lakukan sebelum berangkat ke sekolah adalah berdiri di depan cermin, untuk melihat apakah kamu sudah rapi atau belum. Bahkan sering kali dalam perjalanan, kamu ditemani cermin. Tahukah kamu bahwa cermin yang kamu pakai untuk berkaca setiap hari adalah sebuah cermin datar?

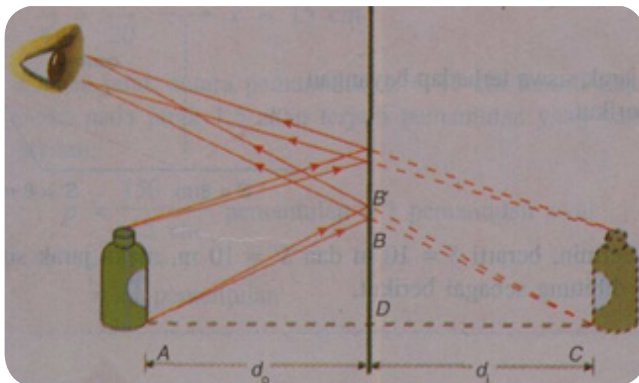
Jika seberkas cahaya mengenai cermin datar maka cahaya tersebut dipantulkan secara teratur. Peristiwa pemantulan cahaya pada cermin datar menyebabkan **pembentukan bayangan benda oleh cermin**.

**Ayo Kita Coba**

### Bayangan oleh Cermin Datar

#### Apa yang harus kamu persiapkan?

1. Cermin datar berukuran minimal berukuran 30 cm x 30 cm.
2. Pensil, bulpen, buku, botol kecil atau benda lainnya yang ada di sekitar kamu.



Sumber: Dokumen Kemdikbud  
**Gambar 10.8** Bayangan yang terbentuk pada cermin datar

#### Apa yang harus kamu lakukan?

1. Letakkan benda, misal botol kecil 15 cm di depan cermin datar.
2. Amati bayangan yang terjadi pada cermin.

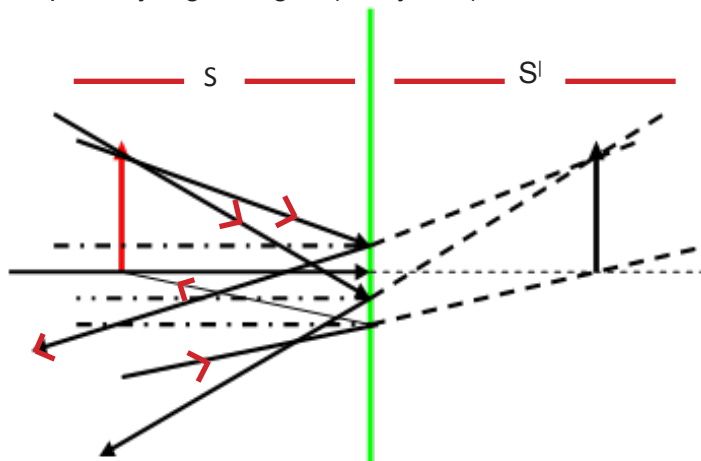
Lakukan percobaan ini dengan cermat dan teliti agar kamu dapat memahami pembentukan bayangan pada cermin datar. Selain itu, jangan lupa bekerja sama dan berbagi tugaslah dengan teman satu kelompokmu.

**Berdasarkan percobaan bayangan pada cermin datar, jawab dan tuliskan jawabanmu pada buku IPA!**

- 1) Dimanakah letak bayangan yang dapat kamu amati pada cermin?
- 2) Bagaimanakah ukuran bayangan jika dibandingkan dengan ukuran benda?

### a. Pembentukan Bayangan pada Cermin Datar

Pada saat menentukan bayangan pada cermin datar melalui diagram sinar, titik bayangan adalah titik potong berkas sinar-sinar pantul. Bayangan bersifat nyata apabila titik potongnya diperoleh dari perpotongan sinar-sinar pantul yang konvergen (mengumpul). Sebaliknya, bayangan bersifat maya apabila titik potongnya merupakan hasil perpanjangan sinar-sinar pantul yang divergen (menyebarkan).



Keterangan:

$S$  = Jarak benda terhadap cermin

$s'$  = Jarak bayangan terhadap cermin

Sumber: Dokumen Kemdikbud  
**Gambar 10.9** Pembentukan pada cermin datar

Bayangan pada cermin datar bersifat maya. Titik bayangan dihasilkan dari perpotongan sinar-sinar pantul yang digambarkan oleh garis putus-putus.

Untuk melukis pembentukan bayangan pada cermin datar dengan diagram sinar, ikutilah langkah-langkah berikut ini.

- 1) Lukis sebuah sinar dari benda menuju cermin dan dipantulkan ke mata, sesuai hukum pemantulan cahaya, yaitu sudut sinar datang harus sama dengan sudut sinar pantul.
- 2) Lukis sinar kedua sebagaimana langkah pertama.
- 3) Lukis perpanjangan sinar-sinar pantul tersebut di belakang cermin sehingga berpotongan. Perpotongan sinar-sinar pantul tersebut merupakan bayangan benda.
- 4) Jika diukur dari cermin, jarak benda terhadap cermin ( $s$ ) harus sama dengan jarak bayangan terhadap cermin ( $s'$ ).

### b. Pembentukan Bayangan pada Cermin Lengkung

Pernahkah kamu mengamati kaca spion yang dipasang di kendaraan? Kaca yang dipasang pada spion adalah contoh dari cermin lengkung.

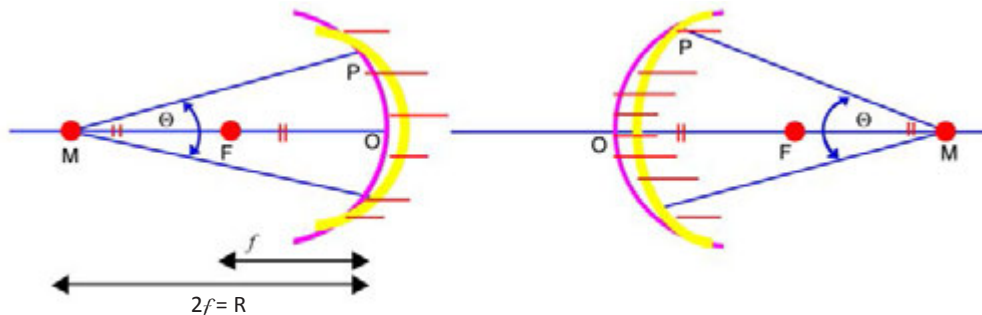


## 1) Cermin Cekung

Cermin lengkung adalah cermin yang permukaannya melengkung yang disebut juga lengkung sferis. Ada dua jenis cermin lengkung sederhana yaitu cermin silinder dan cermin bola. Pada subbab ini, kamu hanya akan mempelajari cermin bola, khususnya tentang cermin cekung dan cembung.

Cermin cekung dan cembung dianggap sebagai irisan permukaan yang berbentuk bola. Cermin cekung merupakan irisan permukaan bola yang bagian mengkilapnya terdapat di dalam sedangkan irisan permukaan bola yang bagian mengkilapnya terdapat di luar adalah cermin cembung. Agar dapat memahami unsur-unsur pada cermin cekung dan cembung. Perhatikan Gambar 10.11.

Bagian M adalah titik pusat kelengkungan cermin, yaitu titik pusat bola. Titik tengah cermin adalah O. Sumbu utama yaitu, OM, garis yang menghubungkan titik M dan O. Sudut POM adalah sudut buka cermin jika titik P dan M adalah ujung-ujung cermin.



Sumber: Dokumen Kemdikbud

**Gambar 10.11** Penampang melintang cermin cekung dan cembung

Berdasarkan Gambar 10.11, maka kita dapat menentukan unsur-unsur cermin lengkung, yaitu sebagai berikut.

### a. Pusat kelengkungan cermin

Pusat kelengkungan cermin merupakan titik di pusat bola yang diiris menjadi cermin. Pusat kelengkungan cermin biasanya disimbolkan dengan M.

### b. Vertex

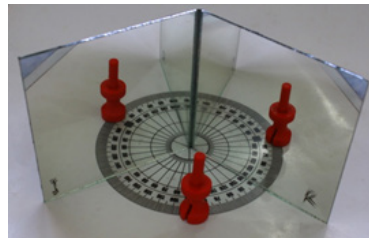
Vertex merupakan titik di permukaan cermin dimana sumbu utama bertemu dengan cermin dan disimbolkan dengan O.

## ✓ Ayo Kita Pahami

Pernahkah kamu mendengar istilah “cermin seribu bayangan”? Wahana ini biasanya ada di tempat-tempat wisata. Melalui cermin tersebut kamu dapat melihat secara langsung jumlah bayangan yang begitu banyak ketika kamu berada di antara dua cermin datar saling berhadapan dengan sudut tertentu.

Nah, Bagaimana hal ini dapat terjadi?

Apabila dua buah cermin datar diletakkan saling berhadapan (bagian depan cermin menghadap ke ruang yang sama) dan mengapit besar sudut tertentu, maka kedua cermin ini akan membentuk bayangan yang banyaknya bergantung pada besar sudut antara kedua cermin. Agar kamu dapat memahami penjelasan di atas, perhatikan Gambar 10.10.



Sumber: Dokumen Kemdikbud

**Gambar 10.10** Pembentukan pada dua buah cermin datar

c. Titik api (titik fokus)

Titik api adalah titik pertengahan antara vertex dan pusat kelengkungan cermin dan disimbolkan dengan F.

d. Jari-jari kelengkungan cermin

Jari-jari kelengkungan cermin adalah jarak dari vertex ke pusat kelengkungan cermin. Jari-jari kelengkungan cermin biasanya disimbolkan dengan R.

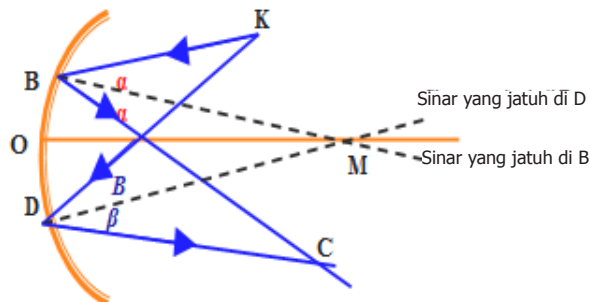
e. Jarak fokus

Jarak fokus cermin adalah jarak dari vertex ke titik api dan disimbolkan dengan  $f$ .

**Hukum pemantulan kedua** yang menyatakan besar sudut datang sama dengan sudut pantul, berlaku pula untuk cermin lengkung. Pada cermin lengkung, *garis normal* adalah garis yang menghubungkan titik pusat kelengkungan cermin M dan titik jatuhnya sinar.

Jadi, garis normal pada cermin lengkung berubah-ubah, bergantung pada titik jatuh sinar. Misalnya, jika sinar datang dari K mengenai cermin cekung di B, maka garis normalnya adalah garis MB dan sudut datangnya adalah sudut KBM =  $\alpha$ . Sesuai hukum pemantulan, maka sudut pantulnya, yaitu sudut MBC =  $\alpha$  dan sinar pantulnya adalah sinar BC.

Sinar datang dari K mengenai cermin cekung di D, maka garis normalnya adalah garis MD dan sudut datangnya adalah sudut KDM =  $\beta$ . Sesuai hukum pemantulan, maka sudut pantulnya, yaitu sudut MDC =  $\beta$ , sedangkan sinar pantulnya adalah sinar DC. Hal yang sama berlaku juga pada cermin cembung.

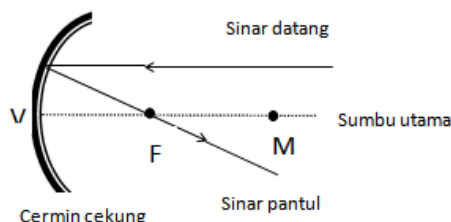


Sumber: Dokumen Kemdikbud

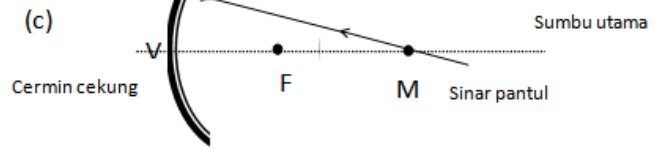
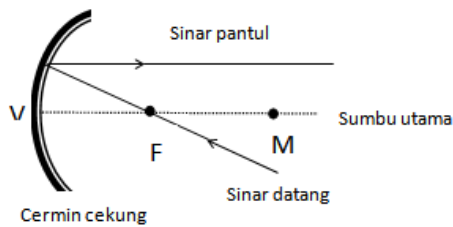
**Gambar 10.12** Pemantulan pada cermin cekung

### Sinar-sinar Istimewa pada Cermin Cekung

- Sinar datang sejajar sumbu utama akan dipantulkan melalui titik fokus.
- Sinar datang melalui titik fokus akan dipantulkan sejajar sumbu utama.
- Sinar datang melalui titik pusat kelengkungan cermin akan dipantulkan melalui titik pusat kelengkungan cermin pula.



(a)



(b)

Sumber: Dokumen Kemdikbud

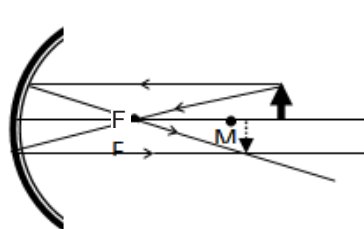
**Gambar 10.13** Sinar-sinar istimewa pada pemantulan cermin cekung.

Untuk melukis bayangan pada cermin cekung diperlukan minimal dua buah sinar istimewa. Akan tetapi, hasil akan lebih baik dan meyakinkan jika dilukis dengan tiga sinar istimewa sekaligus dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- Pilih sebuah titik pada bagian ujung atas benda dan lukis dua sinar datang melalui titik tersebut menuju cermin.
- Setelah sinar-sinar datang tersebut mengenai cermin, pantulkan kedua sinar tersebut sesuai kaidah sinar istimewa cermin cekung.
- Tandai titik potong sinar pantul sebagai tempat bayangan benda.
- Lukis perpotongan sinar-sinar pantul tersebut.

### Melukis pembentukan bayangan oleh cermin cekung

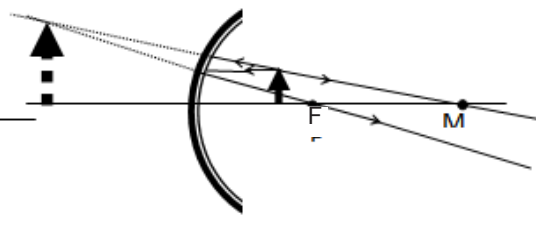
Benda berada pada jarak lebih dari R



Sumber: Dokumen Kemdikbud

**Gambar 10.14a** Benda pada jarak lebih dari R, bayangannya terbalik, dan nyata.

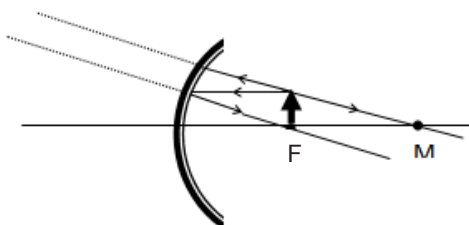
Benda di antara cermin dan F



Sumber: Dokumen Kemdikbud

**Gambar 10.14b** Benda pada jarak kurang dari f, bayangannya tegak, dan maya.

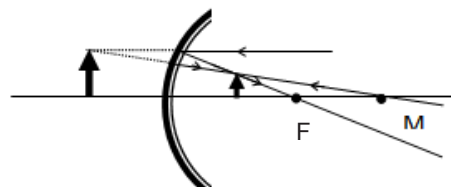
Benda di titik fokus F



Sumber: Dokumen Kemdikbud

**Gambar 10.14c** Benda di F, bayangannya berada di tak terhingga.

Benda maya



Sumber: Dokumen Kemdikbud

**Gambar 10.14d** Benda maya, bayangannya tegak, nyata, dan diperkecil.

## Persamaan Cermin Cekung

Persamaan cermin cekung digunakan untuk menyatakan hubungan kuantitatif antara jarak benda ke cermin ( $s$ ), jarak bayangan ke cermin ( $s'$ ), panjang fokus ( $f$ ), dan jari-jari kelengkungan cermin ( $R$ ). Jika dirumuskan adalah

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$$

Keterangan :

- $f$  = jarak fokus (cm)
- $s$  = jarak benda ke cermin (cm)
- $s'$  = jarak bayangan (layar) ke cermin (cm)

Selain persamaan tersebut kamu juga harus mengetahui rumus perbesaran pada cermin cekung. Rumus ini digunakan untuk mengetahui berapa kali perbesaran yang dihasilkan oleh pemantulan pada cermin cekung. Rumus perbesaran pada cermin cekung adalah

$$M = \left| \frac{h'}{h} \right| = \left| \frac{-s'}{s} \right|$$

Keterangan :

- $M$  = perbesaran
- $s$  = jarak benda ke cermin (m)
- $h$  = tinggi benda
- $s'$  = jarak bayangan (layar) ke cermin (m)
- $h'$  = tinggi bayangan

*Catatan*

*$h'$  positif (+) menyatakan bayangan adalah tegak (dan maya)*

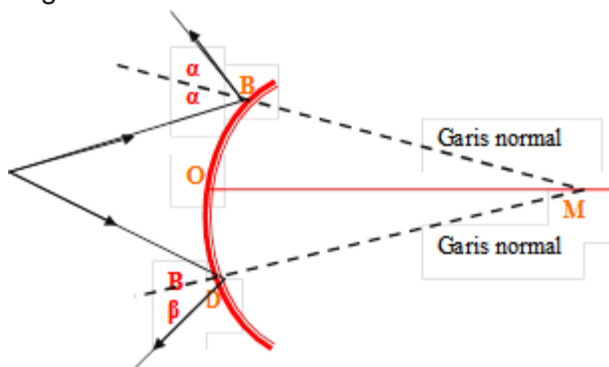
*$h'$  negatif (-) menyatakan bayangan adalah terbalik (dan nyata)*

## 2) Cermin Cembung

### Sinar-sinar Istimewa pada Cermin Cembung

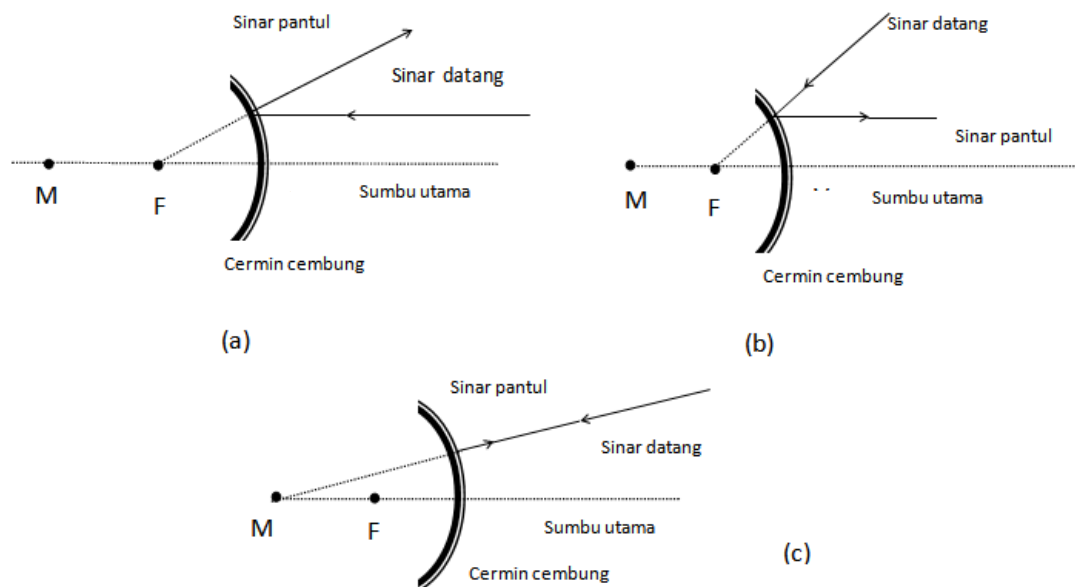
Pada cermin cembung juga berlaku hukum-hukum pemantulan, yaitu besarnya sudut datang sama dengan besarnya sudut pantul. Selain itu, pada cermin cembung juga berlaku sinar-sinar istimewa yaitu:

- a) Sinar datang sejajar sumbu utama dipantulkan seolah-olah dari titik fokus ( $F$ ).
- b) Sinar yang datang menuju titik fokus ( $F$ ) dipantulkan sejajar sumbu utama.
- c) Sinar yang datang menuju titik pusat kelengkungan cermin seolah-olah berasal dari titik pusat kelengkungan tersebut.



Sumber: Dokumen Kemdikbud

**Gambar 10.15** Pemantulan pada cermin cembung

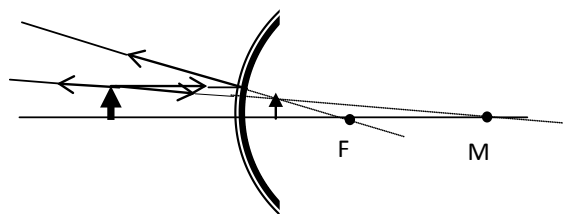


Sumber: Dokumen Kemdikbud

**Gambar 10.16** Sinar-sinar istimewa pada pemantulan cermin cembung

Untuk melukis bayangan pada cermin cembung dibutuhkan minimal dua buah sinar istimewa dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- Pilih sebuah titik pada bagian ujung atas benda dan lukis dua sinar datang melalui titik tersebut menuju cermin.
- Setelah sinar-sinar datang tersebut mengenai cermin, pantulkan kedua sinar tersebut sesuai kaidah sinar istimewa pada cermin cembung.
- Tandai titik potong sinar-sinar pantul atau perpanjangan sinar-sinar pantul sebagai tempat bayangan benda.
- Lukis bayangan benda pada perpotongan perpanjangan sinar-sinar pantul tersebut.



Sumber: Dokumen Kemdikbud

**Gambar 10.17** Lukisan pembentukan bayangan oleh cermin cembung

### Persamaan Cermin Cembung

Masih ingat dengan persamaan pada cermin cekung? Rumus-rumus yang berlaku untuk cermin cekung juga berlaku untuk cermin cembung. Namun, ada hal yang perlu diperhatikan yaitu titik fokus  $F$  dan titik pusat kelengkungan cermin  $M$  untuk cermin cembung terletak di belakang cermin. Oleh karena itu, dalam menggunakan persamaan cermin cembung jarak fokus ( $f$ ) dan jari-jari cermin ( $R$ ) selalu dimasukkan bertanda *negatif*.

#### Catatan

Dalam cermin cembung harga  $f$  dan  $R$  bernilai negatif (-)

### 3. Lensa

#### Pembentukan Bayangan pada Lensa

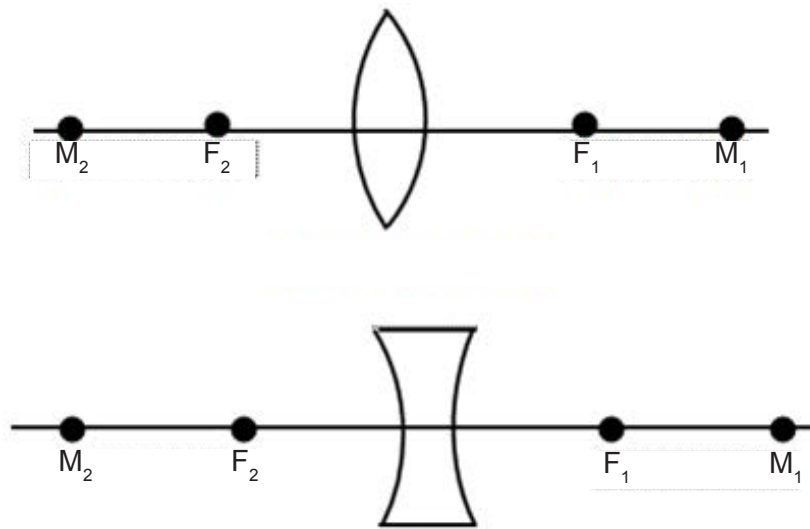
Pernahkah kamu menggunakan lup? Lup memiliki bagian utama berupa lensa cembung yang berfungsi untuk memperbesar ukuran benda yang akan diteliti. **Lensa** adalah benda bening yang memiliki permukaan berbentuk cekung atau cembung dan berfungsi untuk membiaskan cahaya.



Sumber: Dokumen Kemdikbud

Gambar 10.18 Lup

Lensa secara umum ada yang berbentuk cembung dan cekung. Perhatikan Gambar 10.19!



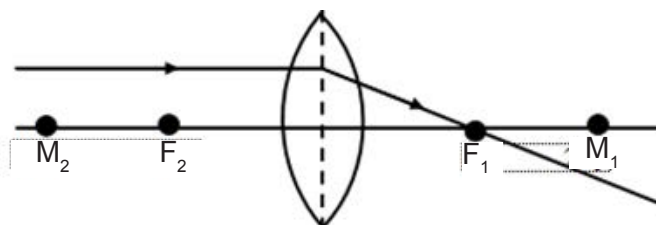
Sumber: Dokumen Kemdikbud

Gambar 10.19 Lensa cembung dan lensa cekung

#### Sinar-sinar istimewa pada Pembiasan Cahaya oleh Lensa Cembung

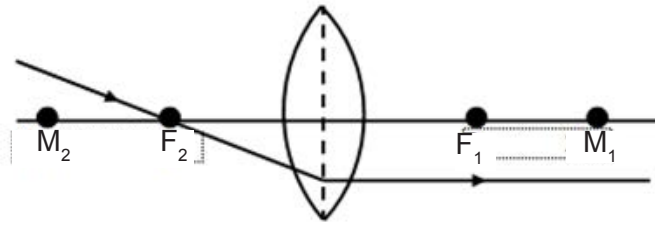
Seperti pada pemantulan cahaya oleh cermin cembung dan cermin cekung, pembiasan cahaya pada lensa cembung dan cekung juga terdapat sinar-sinar istimewa sebagai berikut.

- a) Suatu sinar datang sejajar sumbu utama lensa akan dibiaskan menuju titik fokus aktif ( $F_1$ ) di belakang lensa.

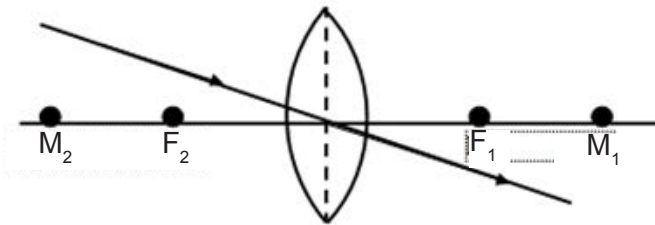




(2) Suatu sinar datang melalui titik fokus pasif ( $F_2$ ) di depan lensa akan dibiaskan sejajar sumbu utama.



(3) Suatu sinar datang melalui pusat optik lensa (O) akan diteruskan tanpa dibiaskan.



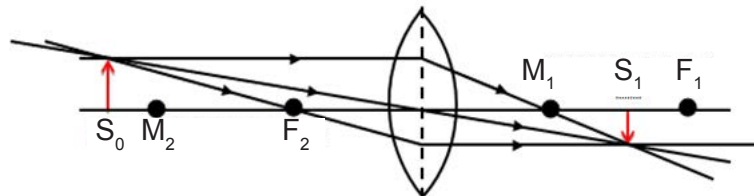
Sumber: Dokumen Kemdikbud

**Gambar 10.20** Sinar istimewa pada lensa cembung

Ingatlah kembali tentang peristiwa pembiasan. Saat melalui 2 medium yang berbeda, besar kecepatan cahaya akan berubah, sehingga cahaya akan tampak dibelokkan, seperti pada peristiwa sendok yang tampak bengkok bila diletakkan di dalam gelas berisi air.

### Melukis Pembentukan Bayangan pada Lensa Menggunakan Diagram Sinar

Bagaimanakah cara melukis pembentukan bayangan pada lensa? Jika sebuah benda diletakkan di depan lensa cembung akan membentuk bayangan, seperti ditunjukkan pada Gambar 10.21.

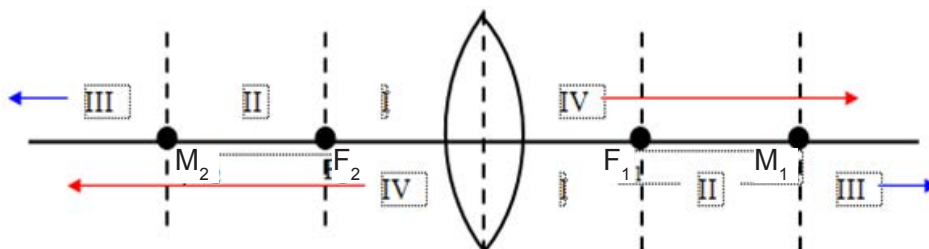


Sumber: Dokumen Kemdikbud

**Gambar 10.21** Pembentukan Bayangan oleh Lensa Cembung

Pembentukan bayangan pada lensa cembung membutuhkan sekurang-kurangnya dua sinar istimewa. Sifat bayangan yang terbentuk pada lensa cembung bergantung pada posisi benda. Sifat bayangan pada lensa cembung dapat ditentukan melalui bantuan diagram sinar dan sinar-sinar istimewa. Selain melalui kegiatan di atas, sifat-sifat bayangan benda oleh lensa cembung juga dapat ditentukan melalui **dalil Esbach** sebagai berikut.

- Jumlah nomor ruang benda ( $R$ ) dengan nomor ruang bayangan ( $R'$ ) sama dengan lima.
- Untuk setiap benda yang nyata dan tegak, maka semua bayangan di depan cermin adalah nyata dan terbalik dan semua bayangan di belakang bayangan adalah nyata dan tegak.



Sumber: Dokumen Kemdikbud

**Gambar 10.22** Penentuan sifat bayangan oleh lensa cembung berdasarkan dalil Esbach

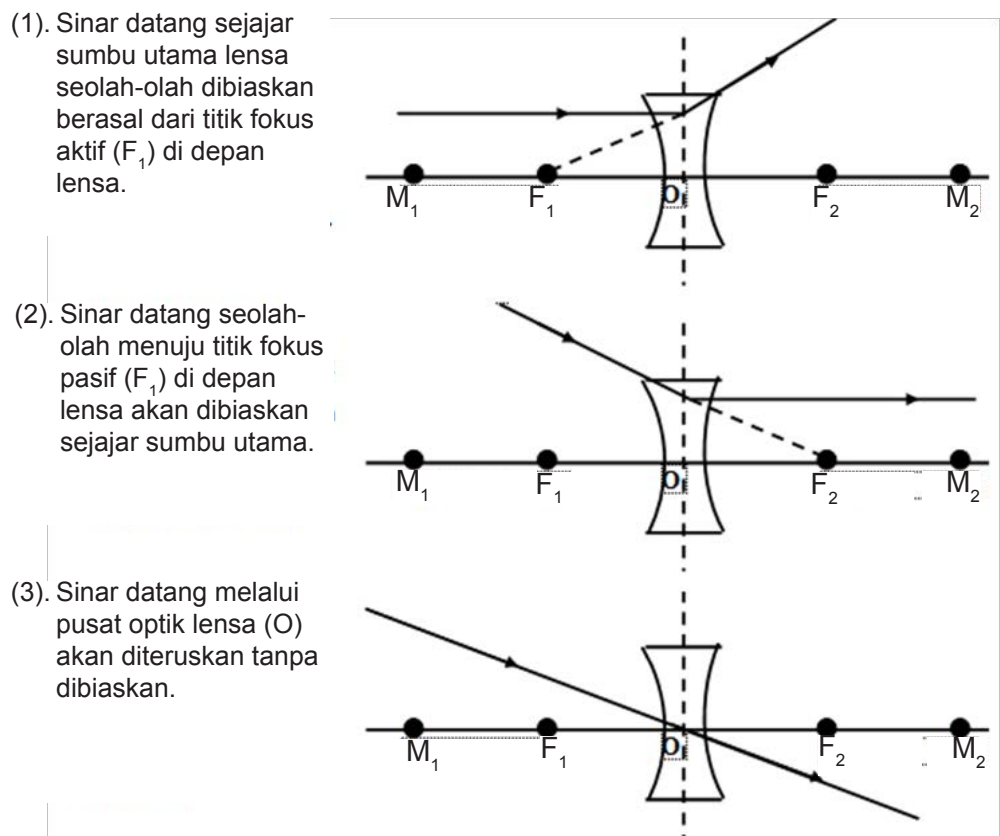
- c) Jika nomor ruang bayangan lebih besar dari nomor ruang benda, maka bayangan diperbesar.  
 d) Jika nomor ruang bayangan diperkecil daripada nomor ruang benda, maka bayangan diperkecil

**Catatan**

- Untuk lensa cembung, benda yang terletak di titik fokus positif ( $F_2$ ), maka bayangan terletak di tak hingga.
- Untuk lensa cembung, benda yang terletak di  $M_2$  bayangannya terletak di  $M_1$  dan bersifat maya, terbalik, dan sama besar.

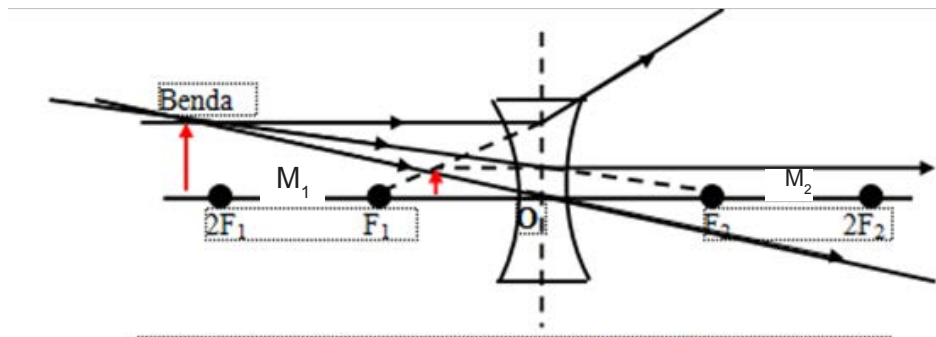
**Pembiasan pada Lensa Cekung**

Pada pembiasan lensa cekung juga berlaku sinar-sinar istimewa ketika kita hendak membuat bayangan pada lensa. Sinar-sinar istimewa pada pembiasan cahaya oleh lensa cekung adalah sebagai berikut.



Sumber: Dokumen Kemdikbud  
**Gambar 10.23** Sinar istimewa pada lensa cekung

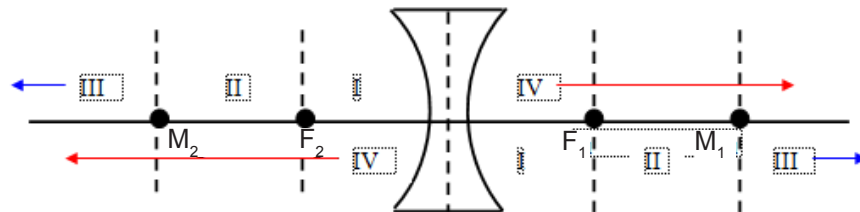
Jika ketiga sinar istimewa dilukiskan pada satu lensa, maka akan menunjukkan letak bayangan, seperti Gambar 10. 24



Sumber: Dokumen Kemdikbud

**Gambar 10.24** Penentuan sifat bayangan oleh lensa cekung

Sifat bayangan yang terbentuk pada lensa cekung bergantung pada posisi benda. Sifat bayangan pada lensa cekung dapat ditentukan melalui bantuan diagram sinar dan sinar-sinar istimewa. Selain melalui kegiatan di atas, sifat-sifat bayangan benda oleh lensa cekung juga dapat ditentukan melalui **dalil Esbach** seperti pada lensa cembung. Perhatikan kembali **dalil Esbach** yang sudah pernah kamu pelajari sebelumnya, dan perhatikan gambar 10.25.



Sumber: Dokumen Kemdikbud

**Gambar 10.25** Penentuan sifat bayangan oleh lensa cekung berdasarkan dalil Esbach

**Catatan:**

Untuk lensa cekung, benda yang terletak di depan lensa akan menghasilkan bayangan maya, tegak, diperkecil, dan terletak di depan lensa.

**Persamaan pada Lensa**

Persamaan yang berlaku pada lensa cembung juga berlaku pada lensa cekung. Jadi, untuk menentukan hubungan antara jarak fokus ( $f$ ), jarak bayangan ( $S_i$ ), dan jarak benda ( $S_o$ ) adalah sebagai berikut

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{S_o} + \frac{1}{S_i}$$

**Kuat Lensa (D)**

Setiap lensa mempunyai kemampuan yang berbeda-beda dalam mengumpulkan atau menyebarkan sinar. Kemampuan lensa dalam mengumpulkan atau menyebarkan sinar disebut kuat lensa ( $D$ ) dan memiliki satuan dioptri. Kuat lensa merupakan kebalikan dari panjang fokus. Secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$D = \frac{1}{f}$$

## B. Pemanfaatan Alat Optik dalam Kehidupan Sehari-hari

### 1. Sistem Penglihatan pada Manusia

#### a. Pentingnya Cahaya bagi Sistem Penglihatan Manusia

Coba sekarang kamu pergi ke halaman sekolah atau ke taman sekolah! Apa yang dapat kamu lihat dan bagaimana perasaan kamu ketika berada di tempat tersebut? Sekarang coba kamu tutup mata! Apa yang dapat kamu lihat dan bagaimana perasaan kamu? Tuliskan hal-hal yang kamu rasakan di buku IPA kamu.

Pada saat kamu menutup mata, kamu tidak dapat melihat apapun yang ada di sekitar kamu karena tidak ada cahaya yang masuk ke mata kamu. Hal ini menunjukkan bahwa mata kita dapat melihat benda karena adanya cahaya yang mengenai benda tersebut kemudian dipantulkan ke mata kita.

Apakah cahaya itu? Ada tiga pendapat mengenai cahaya, yaitu cahaya dianggap sebagai gelombang, cahaya dianggap sebagai partikel, dan cahaya dianggap sebagai dualisme sebagian partikel dan gelombang. Setiap pendapat ini mempunyai alasan masing-masing dan keduanya telah dibuktikan secara eksperimen.

Pada pembahasan ini, kamu akan mempelajari cahaya sebagai gelombang dan untuk pembahasan cahaya sebagai partikel, nanti akan kamu pelajari di SMA.

#### Ayo Kita Pelajari

- A. Sistem Penglihatan pada Manusia
1. Pentingnya Cahaya bagi Sistem Penglihatan Manusia.
  2. Cahaya Merupakan Gelombang Elektromagnetik.
  3. Pembentukan Bayangan pada Mata Manusia.
  4. Bagian-Bagian Mata.
  5. Gangguan pada Indera Penglihatan.
  6. Pembentukan Bayangan pada Mata Serangga.

#### Istilah Penting

Cahaya  
Mata  
Gelombang Elektromagnet  
Pelangi  
Spektrum Cahaya  
Alat Optik

#### Mengapa Penting ?

Agar kamu mengetahui proses yang terjadi pada mata sehingga manusia dapat melihat keindahan alam semesta yang diciptakan.

#### b. Pembentukan Bayangan pada Mata Manusia

Pernahkah kamu berpikir, bagaimana mata kita dapat melihat benda? Untuk memahaminya lakukan kegiatan berikut.

#### Ayo Kita Lakukan

##### Pembentukan Bayangan pada Mata

Pada percobaan kali ini, kita akan mencoba untuk mempelajari proses yang terjadi pada mata sehingga mata dapat melihat benda.

##### Apa yang harus kamu persiapkan?

1. Penjepit rel sebagai pemegang alat di atas rel presisi 5 buah
2. Lampu dengan tiang 1 buah/ lilin 1 buah

3. Lensa cembung 1 buah
4. Pemegang slide 1 buah
5. Slide panah 1 buah
6. Layar transparan 1 buah

**Apa yang harus kamu lakukan?**

1. Aturlah posisi benda-benda yang telah kamu siapkan dengan posisi seperti berikut ini. Aturlah posisi lensa (gerak-gerakkan maju atau mundur) sehingga terbentuk bayangan yang jelas pada layar. Bayangan yang terbentuk adalah bayangan yang memiliki sifat sama dengan sifat bayangan yang ditangkap oleh mata manusia. Lakukan kegiatan ini dengan cermat dan teliti, jangan lupa bekerjasamalah dengan teman satu kelompokmu!

**Jawablah pertanyaan berikut, tuliskan jawabanmu pada buku IPA!**

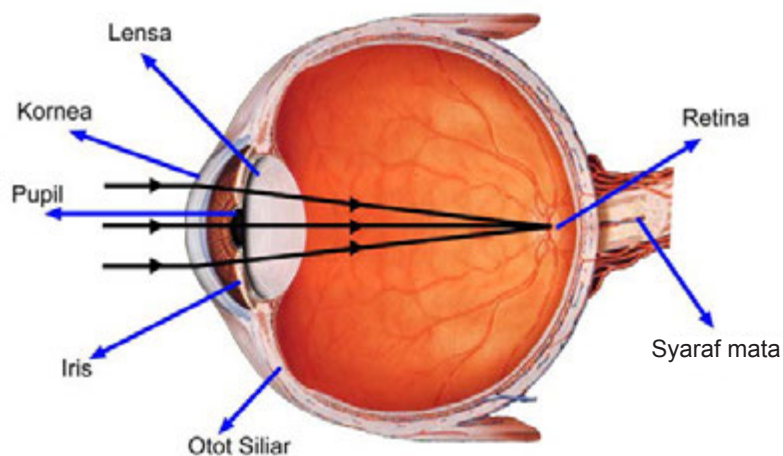
1. Bagaimana sifat bayangan yang terbentuk pada percobaan tersebut?
2. Berdasarkan percobaan yang telah kamu lakukan, analogkan benda-benda yang dipergunakan untuk percobaan dengan bagian-bagian mata manusia!
2. Gambarkan jalannya cahaya pada mata manusia, sehingga manusia dapat melihat benda!



Sumber: Dokumen Kemdikbud  
**Gambar 10.26** Susunan alat-alat percobaan

**c. Bagian-Bagian Mata Manusia**

Organ penglihatan yang dimiliki oleh manusia adalah mata. Organ ini berbentuk bulat. Organ ini tersusun atas beberapa bagian yang berbeda yang masing-masing bagian memiliki fungsi yang berbeda pula. Mata kita dibalut oleh tiga lapis jaringan yang berlainan. Lapisan luar adalah **lapisan sklera**, lapisan ini membentuk kornea. Lapisan tengah adalah lapisan **koroid**, lapisan ini membentuk **iris**. Lapisan ketiga adalah lapisan dalam, yaitu **retina**. Perhatikan Gambar 10.27!



Sumber: Dokumen Kemdikbud  
**Gambar 10.27** Bagian-bagian Mata

### 1) Kornea

Mata memiliki bentuk seperti bola dengan diameter  $\pm 2,5$  cm. Lapisan terluar mata disebut sklera yang membentuk putih mata, dan bersambung dengan bagian depan yang bening yang disebut kornea. Cahaya masuk ke mata melewati kornea. Lapisan kornea mata terluar bersifat kuat dan tembus cahaya. Kornea berfungsi melindungi bagian yang sensitif yang berada dibelakangnya, dan membantu memfokuskan bayangan pada retina.

### 2) Iris atau Selaput Pelangi

Setelah cahaya melewati kornea, selanjutnya cahaya akan menuju ke pupil. Pupil adalah bagian berwarna hitam yang merupakan jalan masuknya cahaya ke dalam mata. Pupil dikelilingi oleh iris, yang merupakan bagian berwarna pada mata yang terletak di belakang kornea. Sekarang kamu mengetahui bahwa warna mata sebenarnya adalah warna iris. Jumlah cahaya yang masuk ke dalam mata kamu diatur oleh iris. Besar dan kecilnya iris dan pupil bergantung pada jumlah cahaya yang masuk ke dalam mata. Tahukah kamu, kapan mata kita membutuhkan banyak cahaya serta lebih sedikit cahaya? Agar kamu dapat mengetahuinya lakukan kegiatan “Ayo Kita Coba” berikut ini!

*Iris memberi warna pada mata. Seperti sidik jari, iris dapat digunakan sebagai pengenal pribadi dengan tingkat keakuratan yang tinggi.*

## **Ayo Kita Coba**

### Mengukur Diameter Iris dan Pupil

Sebelum melakukan pengamatan ini berkumpul dengan teman satu kelompok (1 kelompok 3 orang). Lakukan pengamatan ini dengan cermat dan teliti.

#### **Apa yang harus kamu persiapkan?**

1. Penggaris
2. Kertas
3. Alat tulis



### Apa yang harus kamu lakukan?

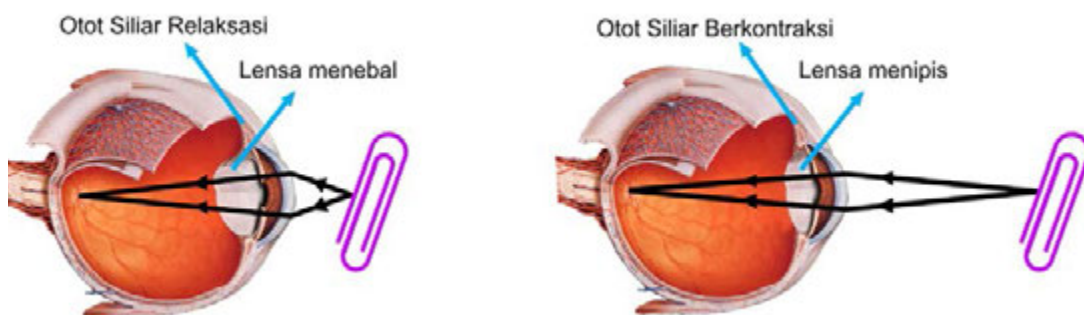
1. Berbagilah tugas dengan teman satu kelompokmu. Lakukan pembagian tugas dengan bijaksana. Pembagian tugas adalah sebagai berikut, satu orang menjadi peraga yang nantinya akan diukur diameter iris dan pupilnya, satu orang yang akan mengukur diameter iris dan pupil, dan satu orang lagi mencatat hasil pengamatan.
2. Mintalah temanmu yang bertindak sebagai peraga untuk keluar menuju halaman kelas. Mintalah dia berdiam di halaman  $\pm 3$  menit.
3. Ukurlah diameter iris dan pupil temanmu. Lakukan pengukuran dengan hati-hati! Jangan sampai penggaris yang kamu gunakan mengenai mata teman kamu.
4. Catatlah hasil pengukuran pada buku IPA.
5. Mintalah temanmu yang bertindak sebagai peraga untuk masuk ke kelas kembali. Mintalah temanmu berdiam di dalam kelas selama  $\pm 3$  menit.
6. Ukurlah diameter iris dan pupil temanmu. Lakukan pengukuran dengan hati-hati! Jangan sampai penggaris yang kamu gunakan mengenai mata teman kamu.
7. Catatlah hasil pengukuran pada buku IPA.

### Jawablah pertanyaan berikut, tuliskan jawabanmu pada buku IPA!

1. Bagaimanakah diameter pupil jika berada di tempat terang? Mengapa demikian?
2. Bagaimanakah diameter pupil jika berada di tempat gelap? Mengapa demikian?

### 3) Lensa Mata

Setelah melewati pupil, cahaya bergerak merambat menuju ke lensa. Lensa mata kamu berbentuk bikonvex (cembung depan-belakang), seperti lensa pada kaca pembesar. Meskipun lensa mata kamu tersusun atas struktur seperti kaca atau plastik yang kaku, tetapi lensa mata kamu fleksibel. Otot siliar yang melekat pada lensa akan dapat mengubah bentuk lensa mata kamu.



Sumber : Dokumen Kemdikbud

**Gambar 10.28** Perubahan bentuk lensa mata ketika melihat benda jauh dan dekat.

Ketika kamu melihat benda yang berada pada jarak jauh, otot siliar akan berkontraksi. Hal ini akan menyebabkan lensa mata menjadi lebih datar atau mata melihat tanpa berakomodasi. Ketika kamu melihat benda yang berada pada jarak dekat, otot siliar akan relaksasi. Hal ini akan menyebabkan lensa mata menjadi lebih cembung. Pada kondisi ini mata dikatakan berakomodasi maksimum. Dengan mengubah bentuk lensa, memungkinkan lensa untuk menangkap bayangan yang jelas pada jarak jauh atau dekat yang selanjutnya bayangan tersebut akan dibentuk di retina.

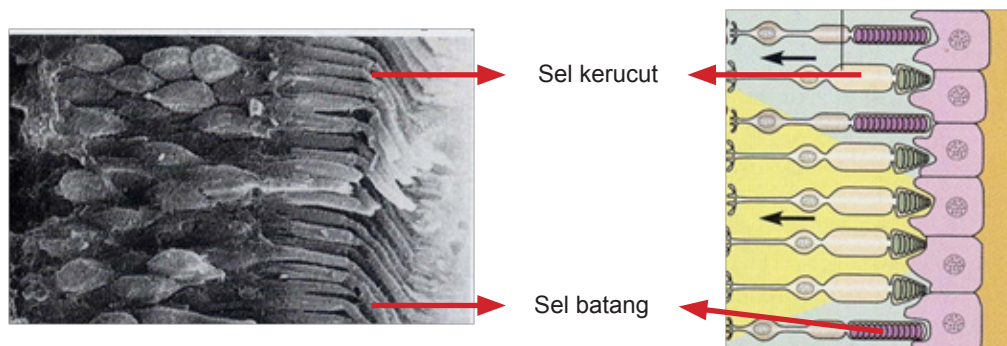
*Dengan demikian sebaiknya kita harus berterima kasih kepada Tuhan karena dengan lensa mata yang diberikan oleh Tuhan, kita akan tetap dapat melihat benda dengan jelas, baik berada pada jarak dekat ataupun jauh.*

#### ✓ Ayo Kita Selesaikan

Setelah kamu berada pada tempat yang terang (misalnya halaman rumah) kemudian kita menuju tempat yang lebih gelap (misalnya masuk rumah), maka selama beberapa detik semuanya akan terlihat gelap sehingga kamu tidak dapat melihat dengan jelas. Mengapa hal ini terjadi?

#### 4) Retina

Cahaya yang melewati lensa selanjutnya akan membentuk bayangan yang kemudian ditangkap oleh retina. Retina merupakan sel yang sensitif terhadap cahaya matahari atau syaraf penerima rangsang sinar (fotoreseptor) yang terletak pada bagian belakang mata. Retina terdiri dari dua macam sel fotoreseptor, yaitu sel batang dan sel kerucut. Sel kerucut memungkinkan kamu melihat warna, tetapi membutuhkan cahaya yang lebih terang dibandingkan sel batang. Sel batang akan menunjukkan responsnya ketika berada pada tempat yang redup. Sel batang mampu menerima rangsang sinar tidak berwarna, jumlahnya sekitar 125 juta. Sel kerucut mampu menerima rangsang sinar yang kuat dan warna, jumlahnya 6,5 - 7 juta.



Sumber: Berwald, dkk. 2007.

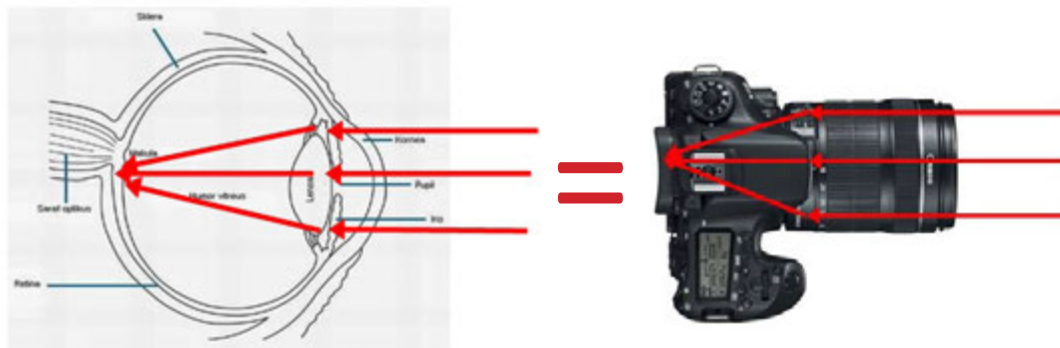
**Gambar 10.29** Sel batang dan kerucut pada retina. Kiri: Apabila diamati dengan menggunakan mikroskop; Kanan: Gambaran skematis

Ketika sel kerucut menyerap cahaya, maka akan terjadi reaksi kimia. Reaksi kimia ini akan menghasilkan impuls saraf yang kemudian ditransmisikan ke otak oleh saraf mata. Sel batang akan menunjukkan responsnya ketika berada pada tempat yang redup. Sel-sel batang mengandung pigmen yang disebut rodopsin, yaitu senyawa antara vitamin A dan protein. Bila terkena sinar terang rodopsin terurai, dan terbentuk kembali menjadi rodopsin pada keadaan gelap. Pembentukan kembali rodopsin memerlukan waktu yang disebut adaptasi gelap atau adaptasi rodopsin. Pada saat itu mata sulit untuk melihat. Sekarang kamu mengetahui mengapa vitamin A penting bagi kesehatan mata. Sel kerucut mengandung pigmen iodopsin, yaitu senyawa antara retinin dan opsin. Ada tiga macam sel kerucut yang masing-masing peka terhadap warna merah, biru, dan hijau. Akibatnya, kamu dapat melihat seluruh spektrum warna kombinasi dari ketiga warna.

## ✓ Ayo Kita Pahami

Mata kamu dapat mendeteksi cahaya yang dipancarkan atau dipantulkan oleh objek atau benda. Lensa pada mata akan memfokuskan cahaya untuk menghasilkan bayangan yang akan jatuh pada bagian belakang mata. Sel-sel khusus yang terletak di belakang mata akan mengubah bayangan menjadi sinyal elektrik (impuls). Sinyal elektrik ini kemudian akan ditransfer ke otak, yang kemudian akan diterjemahkan sebagai objek atau benda yang kamu lihat.

Kalian pernah melihat kamera? bandingkan prinsip kerjanya dengan prinsip kerja mata. Pada kamera, cahaya yang dipantulkan oleh benda masuk ke dalam lensa. Lensa akan membentuk bayangan pada film atau sensor cahaya dan kemudian merekam bayangan yang ditangkapnya. Ternyata, prinsip kerja kamera dibuat seperti prinsip kerja mata, bukan?



Sumber: Dokumen Kemdikbud

**Gambar 10.30** Prinsip kerja mata dan kamera

### d. Gangguan pada Indera Penglihatan

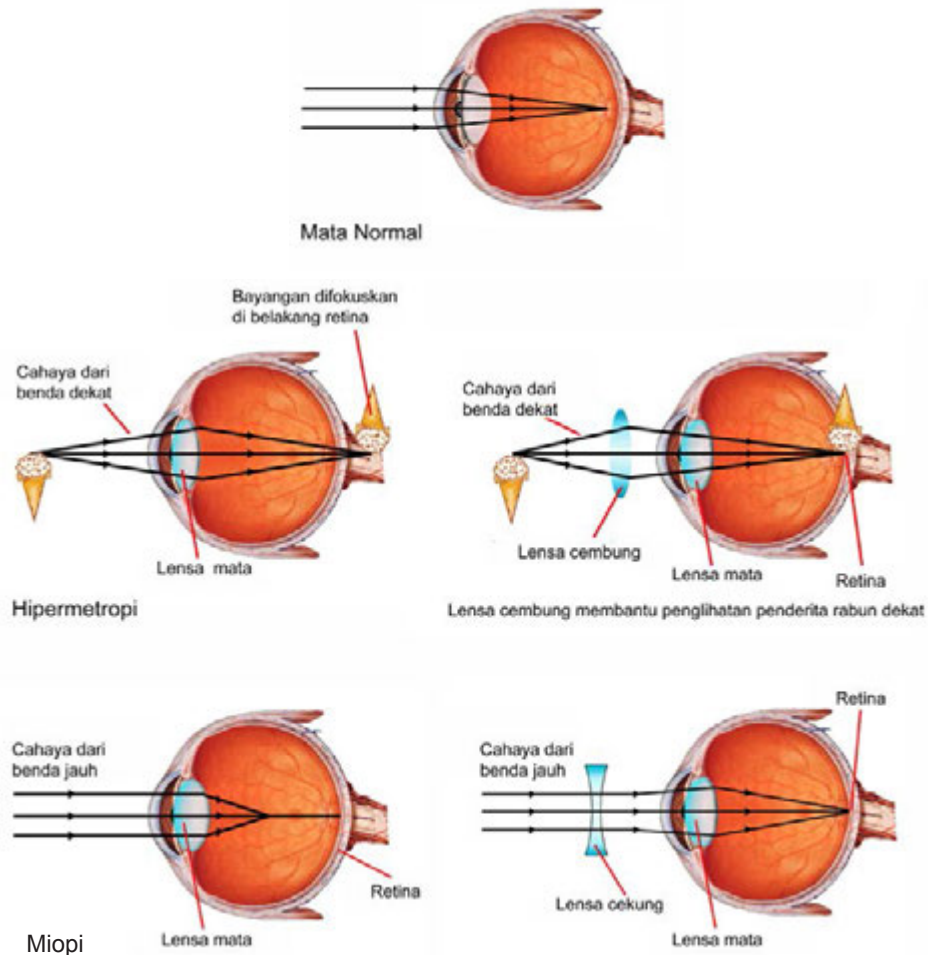
Adakah teman kamu yang menggunakan kacamata? Atau bahkan kamu sendiri menggunakan kacamata? Seseorang yang mempunyai penglihatan yang sehat, akan dapat melihat benda dekat secara jelas pada jarak kira-kira 25 cm atau lebih. Hal ini berarti pada orang normal bayangan yang dibentuk jatuh tepat pada retina. Jika seseorang memiliki gangguan pada penglihatannya maka dia tidak akan dapat melihat objek dengan jelas pada jarak tersebut. Hal ini menyebabkan mereka membutuhkan alat bantu penglihatan berupa kacamata seperti yang dikenakan oleh teman kamu atau bahkan kamu kenakan sendiri. Kacamata tersebut berfungsi untuk memfokuskan cahaya sehingga dapat jatuh tepat pada retina.

#### 1) Rabun Dekat (Hipermetropi)

Seorang penderita **rabun dekat** tidak dapat melihat benda yang berada pada **jarak dekat** ( $\pm 25$  cm) dengan jelas. Hal ini dikarenakan bayangan yang terbentuk jatuh di belakang retina sehingga bayangan yang jatuh pada retina menjadi tidak jelas (kabur). Kacamata positif dapat menolong penderita rabun dekat sebab **lensa cembung** mengumpulkan cahaya sebelum cahaya masuk ke mata. Dengan demikian, kornea dan lensa dapat membentuk bayangan yang jelas pada retina seperti ditunjukkan pada Gambar 10.31.

## 2) Rabun Jauh (Miopi)

Seorang penderita **rabun jauh** tidak dapat melihat benda yang berada pada **jarak jauh** (tak hingga) dengan jelas. Hal ini dikarenakan bayangan yang terbentuk jatuh di depan retina, seperti yang ditunjukkan Gambar 10.31. Kacamata negatif dapat menolong penderita rabun jauh karena **lensa cekung** akan dapat membuat cahaya menyebar sebelum cahaya masuk ke mata. Dengan demikian, bayangan yang jelas akan terbentuk di retina.



Sumber: Dokumen Kemdikbud

**Gambar 10.31** Perubahan lensa pada rabun jauh dan rabun dekat

## 3) Buta Warna

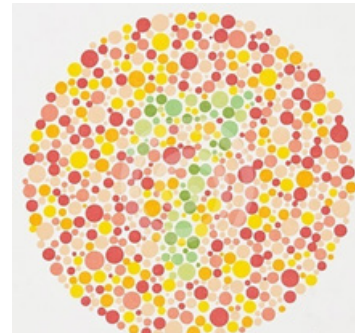
Perhatikan Gambar 10.32! Apakah kamu dapat melihat angka? Coba sebutkan angka berapa yang dapat kamu lihat! Masih ingatkah kamu pada sel kerucut? Kamu memiliki lebih kurang tujuh juta sel kerucut pada retina. Gelombang cahaya dipantulkan dari benda masuk ke pupil dan ditangkap oleh retina. Respon dari sel kerucut pada cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda menyebabkan kamu dapat melihat benda yang berwarna.

Sel kerucut mengandung pigmen **iodopsin**, yaitu senyawa antara retina dan opsin. Ada tiga jenis sel kerucut. Masing-masing jenis sel merespon panjang gelombang cahaya yang berbeda. Tipe pertama dari sel kerucut merespon cahaya dengan panjang gelombang merah dan kuning.

Sel ini menyebabkan kamu dapat melihat warna **merah**. Tipe kedua dari sel kerucut merespon cahaya kuning dan hijau dan menyebabkan kamu dapat melihat warna **hijau**. Tipe sel kerucut ketiga merespon cahaya biru dan ungu dan menyebabkan kamu dapat melihat warna **biru**.

Buta warna adalah suatu kelainan yang disebabkan ketidakmampuan sel-sel kerucut mata untuk menangkap suatu warna tertentu. Penyakit ini bersifat menurun. Buta warna ada yang buta warna total dan buta warna sebagian. Buta warna total hanya mampu melihat warna hitam dan putih saja, sedangkan buta warna sebagian tidak dapat melihat warna tertentu, yaitu merah, hijau, atau biru. Ingat kembali tentang sel kerucut!

Gambar 9.32 di atas, merupakan salah satu gambar yang dipakai untuk menguji buta warna. Uji tersebut dikenal dengan Uji Ishihara. Uji tersebut didasarkan pada penentuan angka atau pola yang ada pada kartu dengan berbagai ragam warna, dengan pola tertentu. Ada satu seri gambar titik bola kecil dengan warna dan besar berbeda-beda, sehingga dalam keseluruhan terlihat warna pucat dan menyulitkan pasien dengan kelainan penglihatan warna untuk melihatnya. Penderita buta warna atau dengan kelainan penglihatan warna dapat melihat sebagian ataupun sama sekali tidak dapat melihat gambaran yang diperlihatkan. Pada pemeriksaan, pasien diminta melihat dan mengenali tanda gambar yang diperlihatkan dalam waktu 10 detik.



Sumber: Dokumen Kemdikbud  
**Gambar 9.32** Gambar huruf tokek untuk mengecek kelainan mata buta warna

#### 4) Presbiopi

Presbiopi disebut juga rabun jauh dan dekat atau rabun tua, karena kelainan mata ini biasanya diderita oleh orang yang sudah tua. Kelainan jenis ini membuat si penderita tidak mampu melihat dengan jelas benda-benda yang berada di jarak jauh maupun benda yang berada pada jarak dekat. Hal tersebut diakibatkan oleh berkurangnya daya akomodasi mata. Kelainan ini biasanya diatasi dengan kaca mata rangkap, yaitu kaca mata cembung dan cekung. Pada kacamata dengan lensa rangkap atau kacamata bifokal, lensa negatif bekerja seperti pada kacamata untuk penderita miopi, sedangkan lensa positif bekerja seperti pada kacamata untuk penderita hipermetropi.

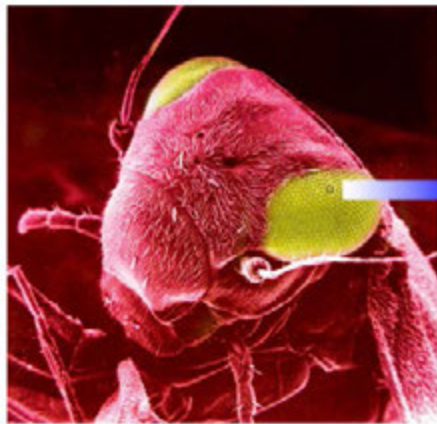
#### 5) Astigmatisma

Astigmatisma atau dikenal dengan istilah silinder adalah sebuah gangguan pada mata karena penyimpangan dalam pembentukan bayangan pada lensa. Hal ini disebabkan oleh cacat lensa yang tidak dapat memberikan gambaran atau bayangan garis vertikal dengan horisotal secara bersamaan. Penglihatan si penderita menjadi kabur. Untuk mengatasi gangguan ini, dapat menggunakan lensa silindris.

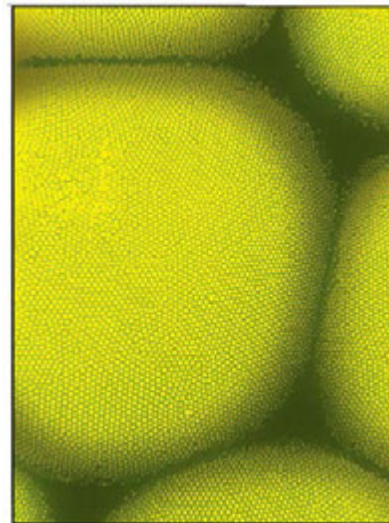
## 2. Pembentukan Bayangan pada Mata Serangga

Apakah kamu mengetahui berbagai macam hewan dari golongan serangga? Pernahkah kamu membayangkan bagaimana cara serangga-serangga tersebut melihat sebuah benda? Tahukah kamu bahwa lalat, belalang, kumbang atau serangga mempunyai cara melihat suatu benda dengan cara yang sangat berbeda dengan manusia? Apabila manusia hanya memiliki dua buah mata untuk melihat, serangga memiliki banyak sekali mata untuk melihat, sehingga mata serangga disebut dengan “**mata majemuk**” (Gambar 10.33).



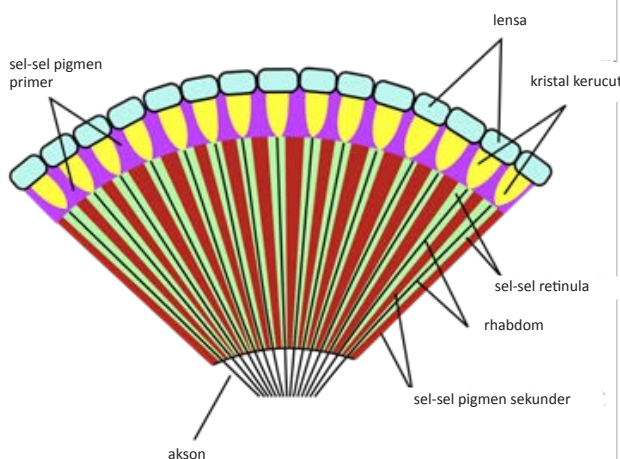


Sumber: Dokumen Kemdikbud  
**Gambar 10.33** Mata majemuk pada mata lalat

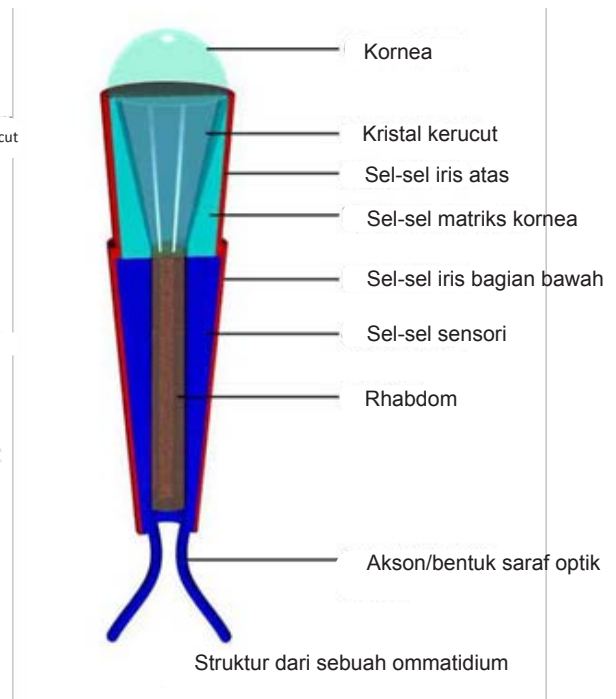


Masing-masing mata serangga tersebut disebut **omatidium** (jamak: *omatidia*). Masing-masing omatidium berfungsi sebagai reseptor penglihatan yang terpisah. Setiap omatidium terdiri atas beberapa bagian, di antaranya berikut ini. (1) Lensa, permukaan depan lensa merupakan satu faset mata majemuk. (2) Kerucut kristalin, yang tembus cahaya. (3) Sel-sel penglihatan, yang peka terhadap adanya cahaya. (4) Sel-sel yang mengandung pigmen, yang memisahkan omatidia dari omatidia di sekelilingnya. Perhatikan Gambar 10.34.

Setiap omatidium akan menyumbangkan informasi penglihatan dari satu daerah objek yang dilihat serangga, dari arah yang berbeda-beda. Bagian omatidia yang lain akan memberikan sumbangan informasi penglihatan pada daerah lainnya. Gabungan dari gambar-gambar yang dihasilkan dari setiap omatidium merupakan bayangan mosaik, yang menyusun seluruh pandangan serangga. Sebagai contoh, mata lalat rumah terdiri atas 6000 bentuk mata yang ditata dalam segi enam (omatidium). Setiap omatidium dihadapkan ke arah yang berbeda-beda, seperti ke depan, belakang, bawah, atas, dan ke setiap sisi, sehingga lalat dapat melihat ke mana-mana. Dengan demikian, lalat dapat mengindra dalam daerah penglihatan dari semua arah. Pada setiap omatidium, terdapat delapan neuron sel saraf reseptor (penerima cahaya), sehingga secara keseluruhan terdapat sekitar 48.000 sel pengindra di dalam matanya. Dengan kelebihan tersebut, mata lalat dapat memproses hingga seratus gambar per detik.



Sumber: learnzoology.wordpress.com dan evolution.berkeley.edu  
**Gambar 10.34** Struktur mata majemuk dan omatidium





Para ilmuwan berusaha mengembangkan peralatan yang diperlukan untuk kepentingan manusia dengan meniru rancangan mata lalat yang luar biasa. Misalnya, para ilmuwan mengembangkan alat detektor gerakan berkecepatan tinggi dan kamera sangat tipis yang dapat membidik ke banyak arah. Salah satunya dalam bidang yang memanfaatkan adalah bidang medis, untuk memeriksa bagian dalam lambung. Alat tersebut dikembangkan agar dapat ditelan oleh pasien. Jika sudah sampai di dalam lambung, alat tersebut akan mengumpulkan data melalui mata majemuknya dan mengirimkan laporannya tanpa kabel. Ada pula ilmuwan yang mengembangkan mata majemuk tiruan berukuran lebih kecil daripada kepala jarum pentul yang terdiri atas 8.500 lebih lensa. Namun demikian, kehebatan ciptaan manusia tersebut tidak ada artinya jika dibandingkan dengan mata majemuk serangga, misalnya capung yang mempunyai kira-kira 30.000 satuan optik di setiap matanya! Kamu mengetahui siapa pencipta mata majemuk serangga yang demikian hebat?

### C. Alat Optik dalam Kehidupan Sehari-hari

Pada bagian awal bab ini, kamu telah menyebutkan berbagai macam alat optik yang pernah kamu jumpai. Bahkan mungkin juga, beberapa alat optik yang kamu sebutkan itu pernah kamu gunakan. Pada bagian ini kamu akan mempelajari berbagai macam alat optik. Selain itu, kamu juga akan mempelajari prinsip penggunaan alat-alat optik tersebut. Sebelum mempelajari alat optik lebih dalam, lakukan kegiatan berikut.



#### Ayo Kita Pelajari

##### C. Alat Optik dalam Kehidupan Sehari-hari

1. Kamera
2. Kaca Pembesar (Lup)
4. Mikroskop
5. Teleskop



#### Istilah Penting

Alat Optik	Mikroskop
Kamera	Teleskop
Lup	



#### Mengapa Penting?

Agar kita mengetahui bagaimana prinsip kerja alat optik yang sering kita jumpai.



### Ayo Kita Coba

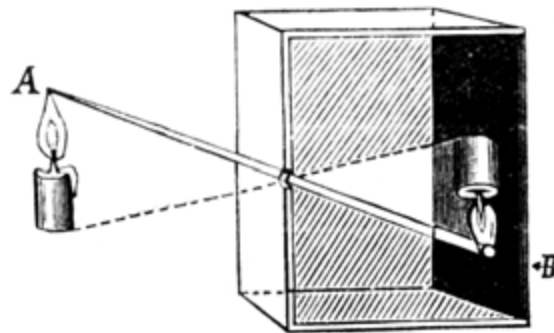
#### Membuat Kamera Obscura

##### Apa yang harus kamu persiapkan?

1. Kaleng bekas susu bubuk 1 buah
2. Kertas minyak putih atau kertas kalkir atau kertas polos yang tipis
3. Kertas karton hitam
4. Karet gelang
5. Paku kecil
6. Palu
7. Gunting
8. Lilin lampu

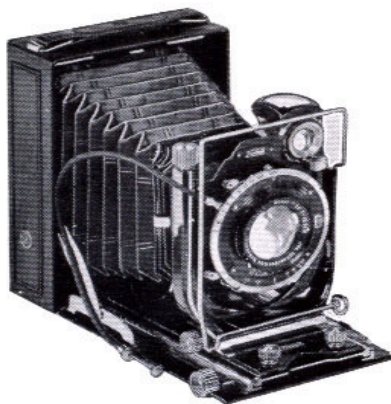
### Apa yang harus kamu lakukan?

1. Buat lubang kecil dengan paku di tengah-tengah dasar kaleng.
2. Tutup bagian kaleng yang terbuka dengan kertas minyak atau kertas kalkir. Kemudian, ikat dengan karet gelang hingga kuat.
3. Tutup bagian ini dengan karton hitam sehingga kertas minyak berada di dalam gulungan kertas hitam dan terlindung dari cahaya.
4. Nyalakan lilin. Kemudian, letakkan di muka lubang pada kaleng.
5. Lihat kertas minyak melalui lubang kertas hitam. Apa yang kamu lihat?
6. Geser-geser kameramu sehingga bayangan lilin pada kertas minyak terlihat jelas.
7. Bagaimana sifat bayangan yang terbentuk?
8. Bandingkan dengan gambar berikut!



## 1. Kamera

Apakah kamu pernah mengambil gambar teman atau orang-orang terdekatmu dengan menggunakan kamera? Pernahkah kamu berpikir tentang bagaimana proses pembentukan bayangan (gambar) pada kamera?



Sumber: Dokumen Kemdikbud

**Gambar 10.35** Kamera manual dan kamera digital

Pada saat kamu mengambil gambar suatu benda dengan sebuah kamera, cahaya dipantulkan dari benda tersebut dan masuk ke lensa kamera. Kamera memiliki diafragma dan pengatur cahaya (*shutter*) untuk mengatur jumlah cahaya yang masuk ke dalam lensa. Dengan jumlah cahaya yang tepat akan diperoleh foto atau gambar yang jelas. Sementara itu, untuk memperoleh foto yang tajam dan tidak kabur perlu mengatur fokus lensa. Cahaya yang melalui lensa kamera tersebut memfokuskan bayangan benda pada film foto. Bayangannya nyata, terbalik, dan lebih kecil dari benda aslinya. Perhatikan persamaan prinsip kerja kamera sederhana ini dengan diagram cahaya lensa cembung. Ukuran bayangan tersebut bergantung pada panjang fokus lensa, dan jarak lensa itu pada film tersebut. Jika diperhatikan, bagian-bagian dari kamea memiliki kemiripan dengan mata. Coba identifikasikan bagian-bagian kamera tersebut yang memiliki fungsi yang serupa dengan bagian-bagian mata!

## 2. Kaca Pembesar (Lup)

Pernahkah kamu melihat film yang mengisahkan tentang detektif? Ketika detektif tersebut mengungkap suatu kasus maka mereka ada yang membawa suatu benda di tangannya. Apakah benda itu? Apa fungsi benda tersebut?

Perhatikan Gambar 10.36 agar kamu dapat menjawab pertanyaan di atas. Sebuah kaca pembesar memungkinkan kita untuk menempatkan objek tersebut lebih dekat ke mata kita sehingga objek tersebut tampak terlihat sudut lebih besar.

Seberapa besar suatu objek terlihat dengan mata, dan seberapa jelas kita dapat melihat bagian-bagian kecil pada objek tersebut? Hal ini bergantung pada ukuran bayangan objek tersebut pada retina. Ukuran bayangan tersebut bergantung pada sudut pada mata yang berhadapan dengan objeknya. Agar mata tidak mudah lelah (berakomodasi minimum) saat menggunakan lup, letakkan benda tepat di titik fokus lup.



Sumber: Dokumen Kemdikbud  
**Gambar 10.36** Kaca pembesar (lup)

## 3. Mikroskop



Sumber : Dokumen Kemdikbud  
**Gambar 10.37** Mikroskop

Jika kamu mau melihat penampang batang tumbuhan, alat apa yang kamu gunakan? Apa ciri-ciri alat tersebut? Ingat kembali tentang benda tersebut di buku Kelas VII.

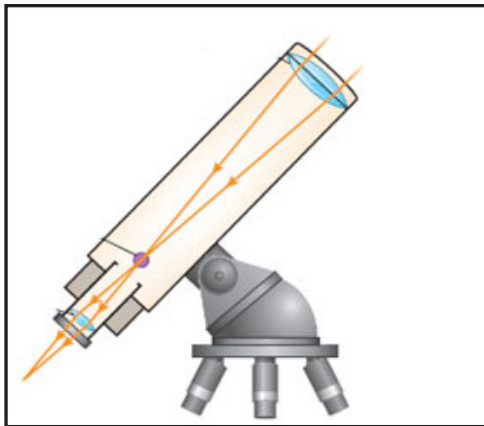
Perhatikan Gambar 10.37. Mikroskop menggunakan dua lensa okuler dan dua lensa objektif. Lensa okuler adalah lensa yang posisinya dengan mata pengamat. Lensa objektif adalah lensa yang posisinya dekat dengan objek/benda yang sedang diamati.

Benda yang diamati ditempatkan pada sebuah *slide* transparan (preparat) dan disinari dari bawah. Cahaya melalui lensa objektif dan membentuk bayangan nyata dan diperbesar. Bayangan itu diperbesar, sebab benda itu terletak di antara satu dan dua jarak fokus lensa objektif tersebut. Selanjutnya, bayangan nyata tersebut diperbesar lagi oleh lensa okuler untuk menghasilkan bayangan maya dan diperbesar. Susunan lensa seperti ini memungkinkan menghasilkan bayangan ratusan kali lebih besar dari objek aslinya.

## 4. Teleskop

Kamu tentunya pernah melihat bulan pada malam hari. Apakah kamu dapat melihat secara jelas permukaan bulan dengan menggunakan mata telanjang? Dengan menggunakan sebuah teleskop, kamu akan dapat melihat kawah dan ciri-ciri lain di permukaan bulan secara jelas. Teleskop dirancang untuk mengumpulkan cahaya dari benda-benda yang jauh. Teleskop dapat berupa teleskop bias dan teleskop pantul.

### a. Teleskop Bias



Sumber: Dokumen Kemdikbud

**Gambar 10.38a** Skema teleskop bias

Teleskop adalah alat optik yang dapat membuat benda-benda yang berada pada tempat yang jauh menjadi terlihat dekat. Teleskop bias sederhana merupakan kombinasi antara dua lensa cembung yang terletak pada bagian pipa. Lensa yang lebih besar adalah lensa objektif, sedangkan yang lebih kecil adalah lensa okuler (lensa mata). Lensa objektif membentuk sebuah bayangan dan kemudian bayangan tersebut akan diperbesar oleh lensa okuler.

Lensa objektif pada teleskop bias memiliki diameter yang lebih besar daripada diameter mata kamu saat membuka. Hal ini berarti akan lebih banyak cahaya yang dipantulkan oleh objek yang dapat masuk ke dalam lensa yang kemudian akan masuk ke dalam mata. Dengan demikian, bayangan yang terbentuk oleh lensa objektif akan lebih jelas daripada bayangan yang terbentuk oleh mata. Karena bayangan yang terbentuk sangat jelas, maka objek yang terlihat juga menjadi lebih detail.

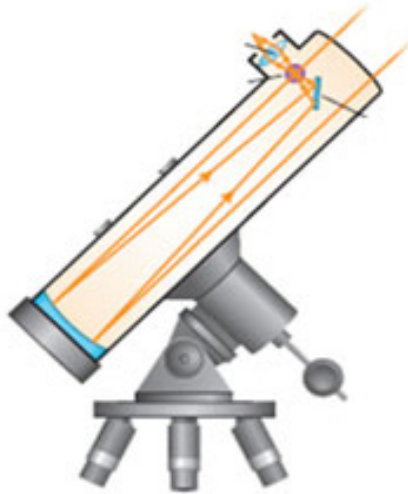


Sumber: Dokumen Kemdikbud

**Gambar 10.38b** Teleskop bias

### b. Teleskop Pantul

Lensa objektif yang terdapat pada teleskop pantul digantikan oleh cermin cekung. Bayangan dari sebuah objek yang letaknya jauh terbentuk di dalam tabung teleskop ketika cahaya dipantulkan dari cermin cekung. Cahaya yang dipantulkan objek yang jauh memasuki salah satu ujung tabung dan ditangkap oleh cermin lain pada ujung yang lain. Cahaya ini dipantulkan dari cermin cekung ke cermin datar yang ada di dalam tabung. Cermin datar kemudian memantulkan cahaya ke lensa okuler, yang berfungsi memperbesar gambar.



Sumber: Dokumen Kemdikbud  
**Gambar 10.39a** Skema teleskop pantul



Sumber: Dokumen Kemdikbud  
**Gambar 10.39b** Teleskop pantul

## Refleksi

Setelah mempelajari tentang indera penglihatan dan alat optik, kamu dapat memahami proses melihat suatu benda. Proses yang dilalui bukanlah proses yang sederhana, bahkan proses yang sangat rumit. Pernahkah kamu bersyukur kepada Tuhan atas anugerah alat indera dan kemampuan melihat dengan baik? Kemampuan melihat yang kamu miliki saat ini, mungkin tidak dimiliki oleh beberapa anak lainnya atau mereka yang hanya mampu melihat beberapa macam warna saja. Namun, baik kamu yang dapat melihat berbagai warna maupun yang mengalami gangguan penglihatan, tetap patut bersyukur kepada Tuhan atas anugerah-Nya; karena sesungguhnya Tuhan akan memberi kemampuan lebih pada hal-hal lain.

Saat cahaya yang terlalu terang mengenai wajahmu, tanpa disadari matamu pasti langsung tertutup. Ini merupakan salah satu gerak reflek yang bertujuan menjaga mata dari masuknya cahaya terlalu besar yang dapat menyebabkan kerusakan pada mata. Hal tersebut akan sangat berbahaya jika terjadi saat seseorang mengemudikan kendaraan. Bagaimanakah cara menghindarinya? Apa yang dapat terjadi pada matamu jika melihat monitor dan layar televisi terlalu dekat dan dalam waktu yang lama?



### Info Ilmuwan

Tahukah kamu, Ibnu Haitham atau Alhazen (965–1039 M), adalah seorang ilmuwan yang ahli dalam bidang sains, falak, matematika, geometri, pengobatan, dan filsafat. Haitham adalah orang pertama yang menggambarkan seluruh detail bagian indera penglihatan manusia, dan penjelasan tentang bagaimana proses manusia dapat melihat. Dunia memberinya gelar sebagai Bapak Optik. Penyelidikannya mengenai cahaya telah memberikan ilham kepada ahli sains barat seperti Roger Bacon, dan Kepler dalam menciptakan mikroskop dan teleskop.



Beliau merupakan pelopor di bidang optik dengan kamus optiknya (buku *Al Manazhir*) jauh sebelum Roger Bacon, Leonardo da Vinci, Kepler, dan Newton; penemu hukum pemantulan dan pembiasan cahaya (jauh sebelum Snellius); dan penemu alat ukur ketinggian bintang kutub. Haitham menemukan hukum pembiasan, yaitu hukum fisika yang menyatakan bahwa sudut bias sama dengan sudut datang. Menurut pengamatannya, cahaya merah di waktu pagi (fajar) bermula ketika matahari berada di 19 derajat di bawah kaki langit, sementara cahaya warna merah di waktu senja (syuruk) akan hilang apabila matahari berada 19 derajat di bawah kaki langit selepas jatuhnya matahari. Beliau juga mengkaji aberasi sferis, yaitu gejala kesalahan terbentuknya bayangan yang diakibatkan pengaruh kelengkungan lensa atau cermin. Selanjutnya, beliau juga menemukan cermin cekung, cembung, dan kamera obscura. Ilmuwan berikutnya adalah Zacharias Janssen (1580-1638 M), seorang ilmuwan yang berasal dari Belanda. Beliau mengembangkan mikroskop untuk melihat benda-benda yang sangat kecil ukurannya dan sulit dijangkau bila menggunakan mata telanjang. Penyetelan fokus mikroskop tersebut disempurnakan oleh Campini, seorang ilmuwan dari Italia, pada tahun 1668. Temuan mikroskop saat itu mendorong ilmuwan lain, seperti Galileo Galilei (Italia) untuk membuat alat yang sama. Bahkan Galileo mengatakan bahwa dirinya sebagai pencipta pertama mikroskop pada tahun 1610. Setelah itu, seorang berkebangsaan Belanda bernama Antony Van Leeuwenhoek (1632-1723 M) terus mengembangkan pembesaran mikroskop.



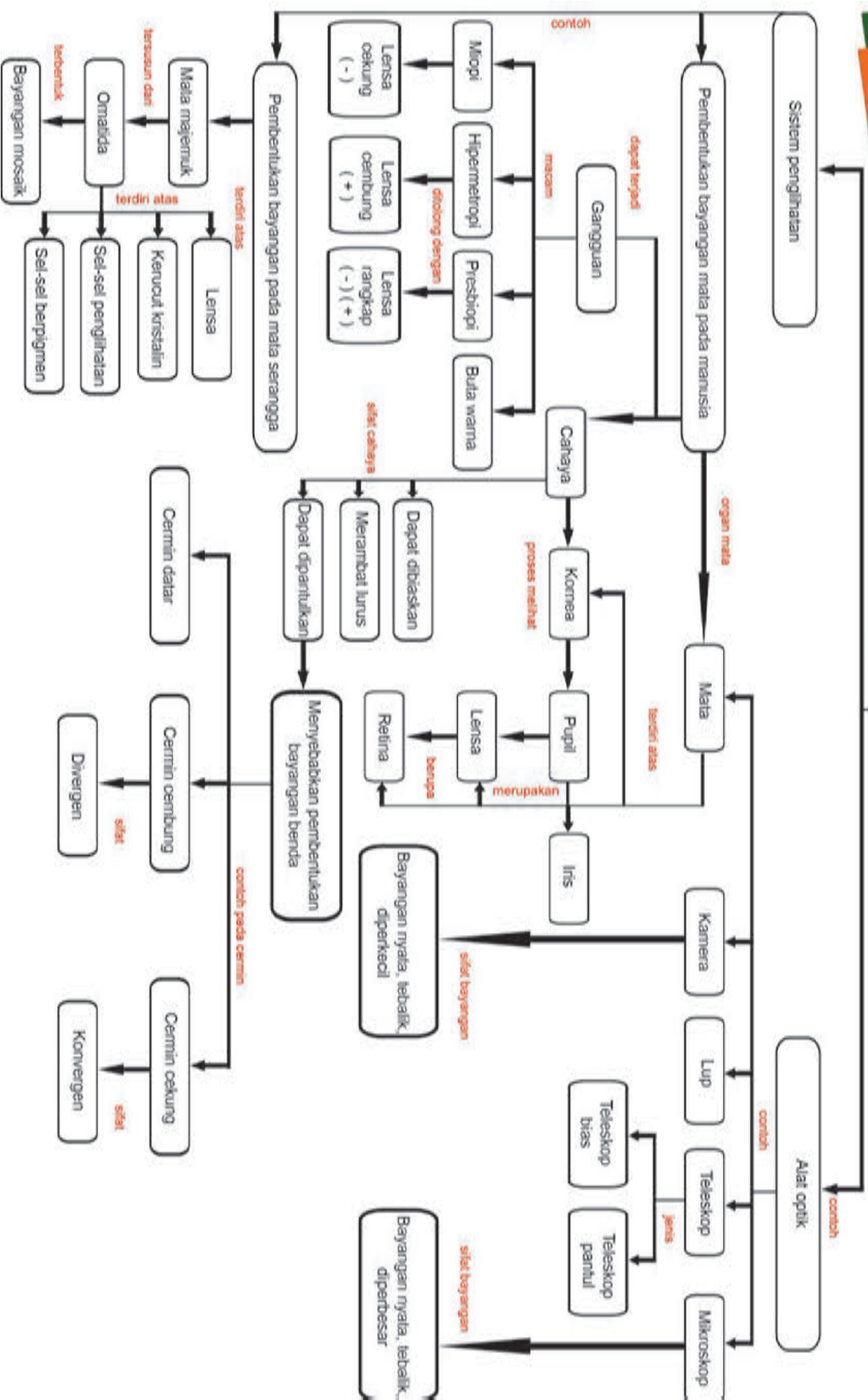
## Rangkuman

1. Cahaya memiliki sifat-sifat khusus. Cahaya dapat merambat lurus, dipantulkan, dibiaskan, dan merupakan gelombang elektromagnetik.
2. Cahaya dapat dipantulkan pada cermin datar, cermin cekung, dan cermin cembung.
3. Cahaya dapat dibiaskan pada lensa cekung dan lensa cembung.
4. Pembentukan bayangan pada cermin dan lensa menggunakan sinar-sinar istimewa.
5. Pembentukan bayangan pada mata manusia merupakan bentuk pemanfaatan alat optik dalam kehidupan sehari-hari
6. Jenis alat optik dalam kehidupan sehari-hari adalah kamera, lup, mikroskop, teropong, dan teleskop.
7. Bagian mata yang banyak berperan pada proses pembentukan bayangan benda adalah kornea, iris, lensa, dan retina.
8. Gangguan pada lensa mata dapat menyebabkan seseorang menderita miopi, hipermetropi, buta warna, presbiopi, dan astigmatisme.
9. Mata serangga disebut juga mata majemuk atau mata faset yang terdiri dari beberapa omatidia. Omatidia berfungsi sebagai reseptor penglihatan yang terpisah. Gabungan seluruh respon dari omatidia merupakan bayangan mosaik.



# PETA KONSEP

## Indera Penglihatan dan Alat Optik





**A. Pilihlah jawaban yang tepat!**

1. Fakta yang benar tentang hubungan antara cahaya dan kemampuan mata untuk melihat benda adalah ....
  - a. mata dapat melihat benda karena benda memiliki kemampuan menyerap cahaya yang diterima.
  - b. mata dapat melihat benda karena benda memantulkan cahaya yang diterimanya, sehingga cahaya masuk ke mata.
  - c. mata dapat melihat benda karena cahaya yang mengenai benda dibiaskan.
  - d. mata dapat melihat benda karena syaraf-syaraf mata memiliki kemampuan untuk melihat benda, sehingga kemampuan mata untuk melihat tidak ada hubungannya dengan cahaya.
  
2. Berikut ini proses perjalanan cahaya pada mata hingga terbentuk bayangan benda adalah ....
  - a. pupil – kornea – iris – lensa mata (cahaya membentuk bayangan) – bayangan ditangkap retina.
  - b. pupil – iris – kornea – lensa mata (cahaya membentuk bayangan) – bayangan ditangkap retina.
  - c. kornea – pupil – iris – lensa mata (cahaya membentuk bayangan) – bayangan ditangkap retina.
  - d. kornea – pupil – lensa mata (cahaya membentuk bayangan) – bayangan ditangkap retina.
  
3. Bagian mata yang mengatur jumlah cahaya yang masuk ke dalam mata adalah ....
  - a. iris
  - b. pupil
  - c. kornea
  - d. syaraf mata
  
4. Edo menderita miopi sehingga dia tidak dapat melihat benda yang berada pada jarak jauh dengan jelas. Jenis lensa untuk membantu penglihatan Edo adalah ....
  - a. lensa cembung
  - b. lensa cekung
  - c. lensa ganda
  - d. lensa tipis

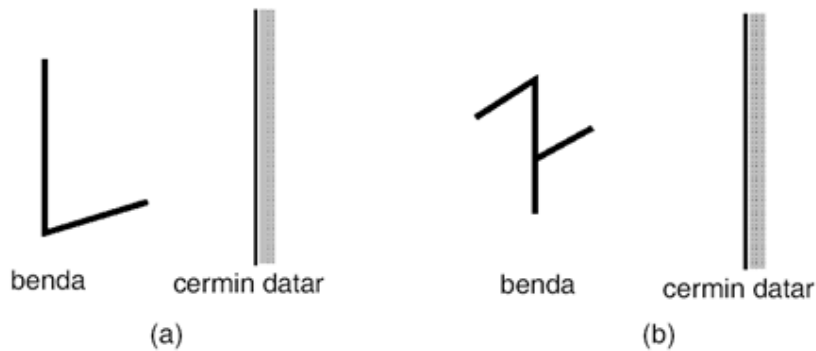
5. Pelangi merupakan salah satu peristiwa yang menunjukkan bahwa cahaya memiliki sifat .....
  - a. cahaya tampak
  - b. cahaya merambat lurus
  - c. cahaya dipantulkan
  - d. cahaya dibiaskan
  
6. Sifat bayangan yang dibentuk oleh cermin cekung apabila benda terletak pada jarak kurang dari titik fokus cermin adalah ....
  - a. nyata, terbalik, diperkecil, dan terletak antara M dan F.
  - b. nyata, terbalik, diperbesar, dan terletak di depan M.
  - c. maya, tegak, diperbesar, dan terletak di belakang cermin
  - d. nyata, terbalik, sama besar dan terletak di titik M.
  
7. Berikut ini merupakan lensa yang terdapat pada mikroskop dan bayangan yang dibentuk oleh lensa tersebut.
  - a. Lensa objektif = bayangan maya dan diperbesar; lensa okuler = bayangan maya dan diperbesar.
  - b. Lensa objektif = bayangan nyata dan diperbesar; lensa okuler = bayangan nyata dan diperbesar.
  - c. Lensa objektif = bayangan nyata dan diperkecil; lensa okuler = bayangan maya dan diperbesar.
  - d. Lensa objektif = bayangan nyata dan diperbesar; lensa okuler = bayangan maya dan diperbesar.
  
8. Alat optik yang memiliki lensa cembung sehingga dapat membantu mendekatkan objek ke mata serta membantu untuk melihat benda yang kecil adalah ....
  - a. mikroskop
  - b. teleskop
  - c. lup
  - d. teropong
  
9. Sebuah benda yang tingginya 12 cm diletakkan 10 cm di depan cermin cembung yang jari-jari kelengkungannya 30 cm. Sifat-sifat bayangan yang dibentuk oleh cermin tersebut adalah ....
  - a. maya, tegak, dan diperkecil.
  - b. maya, tegak, dan diperbesar.
  - c. nyata, terbalik, dan diperkecil
  - d. nyata, tegak, dan diperbesar

10. Seseorang ingin melihat suatu benda yang berada di depan mata pada jarak 25 cm. Jika jarak kornea mata ke retina adalah 2,5 cm, maka panjang fokus sistem lensa-kornea agar benda terlihat paling jelas oleh mata orang tersebut adalah ....

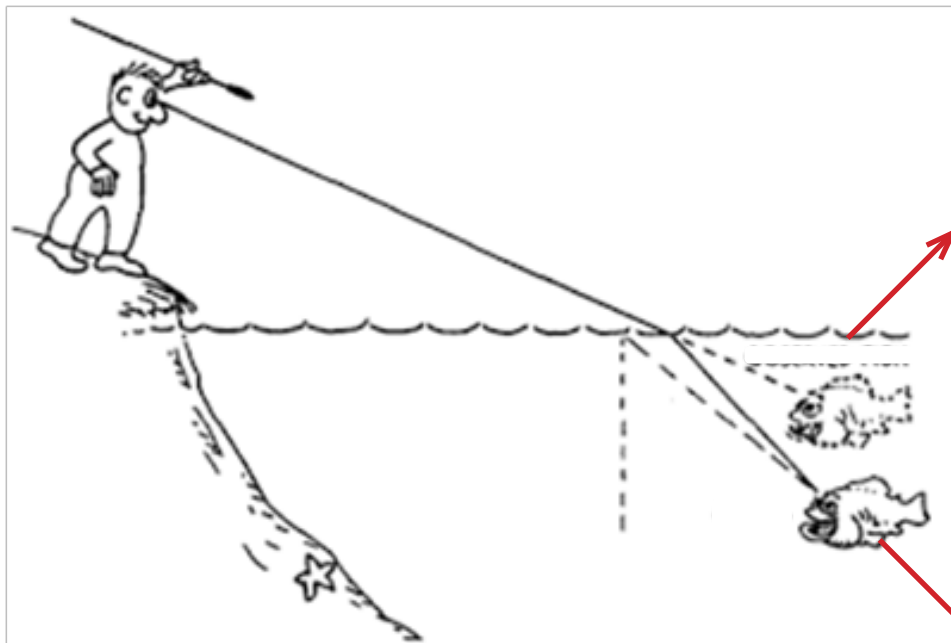
- a. 2,26 cm
- b. 2,24 cm
- c. 3,5 cm
- d. 3,54 cm

**B. Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan benar!**

- 1. Mata yang normal memiliki kemampuan untuk melihat benda dengan jelas pada jarak yang dekat dan jauh. Mengapa mata kita memiliki kemampuan tersebut?
- 2. Beni memiliki penglihatan normal, kemudian dia mencoba kacamata Udin yang berlensa negatif. Ternyata, penglihatan Beni menjadi kabur. Mengapa hal ini terjadi?
- 3. Lukislah bayangan yang dibentuk oleh cermin datar untuk benda-benda di bawah ini!



- 4. Lensa cembung sering disebut dengan lensa pengumpul (konvergen), sedangkan lensa cekung sering disebut lensa penyebar (divergen), mengapa demikian? Agar mudah menjelaskan, gunakan gambar hasil pembiasan cahaya pada lensa tersebut!
- 5. Seseorang yang memiliki tinggi dari ujung kaki sampai ke matanya 150 cm berdiri di depan cermin datar yang tingginya 30 cm. Cermin itu ditegakkan vertikal di atas meja yang tingginya 80 cm dari lantai. Berapakah tinggi bayangan bagian badan orang itu yang dapat dilihat di cermin?
- 6. Banyak peristiwa terjadinya orang tenggelam di kolam renang. Salah satu penyebabnya adalah kesalahan memperkirakan kedalaman kolam ketika dilihat dari atas permukaan air kolam. Peristiwa apa yang terjadi pada kasus tersebut?Jelaskan jawaban kalian!
- 7. Perhatikan gambar di bawah ini! Jika seseorang ingin menombak ikan di dalam air, ke arah manakah posisi ujung tombak diarahkan agar ikan dapat tertangkap?Jelaskan jawaban kalian!



Sumber: dev.physicslab.org

Letak ikan yang dilihat

Letak ikan yang sebenarnya



### Tugas Proyek

#### Pembentukan Bayangan pada Cermin Cekung dan Cermin Cembung

Lakukan kegiatan berikut secara berkelompok dan buat laporan kegiatan dalam bentuk laporan penyelidikan dengan isi meliputi, permasalahan, tujuan penyelidikan, alat dan bahan, prosedur kegiatan penyelidikan, hasil penyelidikan, pembahasan dan kesimpulan

#### Apa yang harus kamu persiapkan?

1. Penjepit rel sebagai pemegang alat di atas rel presisi 5 buah
2. Lampu dengan tiang 1 buah/ lilin 1 buah
3. Cermin cekung 1 buah
4. Cermin cembung 1 buah
5. Pemegang slide 1 buah
6. Slide panah 1 buah
7. Layar transparan 1 buah

### Apa yang harus kamu lakukan?

1. Aturlah posisi benda-benda yang telah kamu siapkan dengan posisi seperti pada Gambar di bawah.
2. Tentukan sifat-sifat bayangan yang dibentuk oleh cermin cekung dan cembung jika letak benda: (pilihlah 2 posisi benda saja untuk masing-masing cermin)
  - di pusat kelengkungan cermin
  - di antara pusat kelengkungan cermin dan titik fokus
  - di antara titik fokus dan vertex
  - di pusat kelengkungan cermin



Set Percobaan Pembentukan Bayangan pada Cermin Lengkung



# Bab 11

## Sistem Tata Surya dan Kehidupan di Bumi

Ketika mendengar kata bumi, apa yang terlintas dibenakmu? Sebagai penduduk bumi sudah semestinya kita mengenal bumi sebagai salah satu anggota dari tata surya. Pada bab ini kamu akan mempelajari tentang struktur bumi, bencana alam, gerak bumi sebagai anggota dari tata surya, dan berbagai interaksi serta adaptasi makhluk hidup akibat perubahan musim. Untuk memahami hal ini ayo belajar dengan penuh semangat!



Sumber : [www.hubblesite.org](http://www.hubblesite.org)

## A. Struktur Bumi dan Bencana

Bagaimana cara seorang ilmuwan menjelaskan dan mengenali lapisan-lapisan bumi? Apakah para ilmuwan tersebut menggali bumi hingga ke inti bumi? Apakah struktur lapisan bumi tersebut mempengaruhi terjadinya perubahan bentuk muka bumi? Apakah struktur lapisan bumi juga menjadi penyebab utama terjadinya fenomena gunung berapi dan gempa bumi?

Pada bagian berikut, kamu akan mempelajari struktur bumi, fenomena gempa bumi, fenomena gunung api, dan tindakan untuk mengurangi bencana.



### Ayo Kita Pelajari

1. Struktur bumi
2. Fenomena gempa bumi
3. Fenomena gunung api
4. Tindakan untuk mengurangi bencana



### Istilah Penting

- Lempeng tektonik
- Erupsi
- Magma
- Lava



### Mengapa Penting ?

Untuk mengurangi resiko bencana alam pada makhluk hidup, kamu perlu mengetahui struktur bumi, fenomena gempa bumi, dan gunung api.



Sumber: Dokumen Kemdikbud

**Gambar 11.1** Jalan yang rusak Akibat gempa bumi



### AYO PIKIRKAN

Indonesia dan Jepang merupakan dua negara yang rawan terhadap bencana gempa bumi karena berada pada jalur pertemuan lempeng tektonik. Coba pikirkan, bagaimana cara mengantisipasi gempa bumi? dan bagaimana cara untuk mengurangi dampak gempa bumi?



Sumber: Dokumen Kemdikbud  
**Gambar 11.2** Gunung Berapi Aktif



**AYO  
 TEBAK**

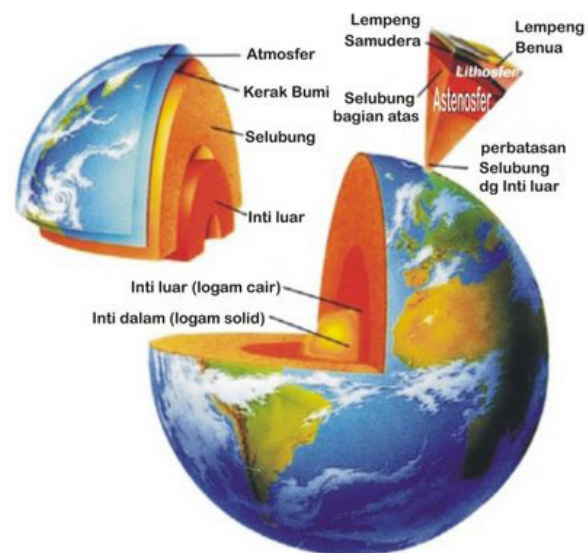
Bencana alam seperti gunung meletus bisa datang kapan dan dimana saja. Apa yang harus kita lakukan bila bencana alam menimpa kita? Coba pikirkan bagaimana cara mengantisipasinya?

## 1. Struktur Bumi

Bumi adalah planet ketiga dari delapan planet dalam sistem tata surya. Bumi penuh dengan makhluk hidup dan segala yang diperlukan, untuk membantu kehidupan, termasuk berbagai mineral. Coba pikirkan mengapa untuk mendapatkan bijih emas, perak, besi atau mineral-mineral lainnya harus menggali bumi sampai kedalaman tertentu? Bentuk bumi bulat seperti bola, namun bila di 'belah' tidak seperti bola yang tengahnya kosong.

Bumi tersusun atas beberapa lapisan. Berikut lapisan bumi dari dalam ke luar. *Lapisan terdalam* bumi membentuk inti Bumi. Inti bumi terbentuk dari materi yaitu bertekanan sangat tinggi yang tersusun dari mineral cair NiFe dengan suhu mendekati suhu permukaan matahari, yaitu sekitar 6000°C. Inti bumi terbagi menjadi dua,

yaitu inti luar bumi (*outer core*) yang berupa cairan dan inti dalam bumi (*inner core*) yang berupa material padat. Inti bumi mempunyai suhu yang tinggi, sehingga magma (*mantle*) berupa cairan panas yang akan mencari celah untuk keluar dari dalam bumi.



Sumber: Dokumen Kemdikbud  
**Gambar 11.3** Lapisan Bumi



Naiknya cairan panas disebabkan oleh adanya tekanan luar bumi ke dalam inti bumi atau *compressing*. Inti dalam bumi karena mengalami tekanan atau *compressing* mengakibatkan yang seharusnya berupa cairan atau bahkan gas menjadi benda padat.

Bagaimana berat jenis (BJ) masing-masing bahan penyusun setiap lapisan? Semakin dalam lapisan tanah mempunyai nilai BJ yang semakin meningkat. Demikian juga inti dalam bumi mempunyai nilai BJ yang paling tinggi karena mengalami tekanan.

*Lapisan kedua* dari dalam bumi adalah lapisan selimut atau selubung bumi atau mantel bumi. Suhu pada lapisan ini diperkirakan sekitar 3000°C. Lapisan ini terdiri atas 3 bagian, yaitu lithosfer, astenosfer, dan mesosfer

a. Lithosfer, merupakan lapisan selimut bumi yang paling atas dengan ketebalan 50-100 km, mengandung silisium dan aluminium berbentuk padat.

Lithosfer bersama kerak bumi sering dinamakan lempeng lithosfer. Di dalam lithosfer terdapat lebih dari 2000 mineral dan hanya 20 mineral yang terdapat dalam batuan. Mineral pembentuk batuan yang penting, yaitu Kuarsa ( $\text{SiO}_2$ ), Feldspar, Piroksen, Mika Putih (K-Al-Silikat), Biotit atau Mika Cokelat (K-Fe-Al-Silikat), Amphibol, Khlorit, Kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ), Dolomit ( $\text{CaMgCOT}_3$ ), Olivin (Mg, Fe), Bijih Besi Hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), Magnetik ( $\text{Fe}_3\text{O}_2$ ), dan Limonit ( $\text{Fe}_3\text{OH}_2\text{O}$ ).

Selain itu, lithosfer tersusun atas dua lapisan utama, yaitu lapisan SiAl (silisium dan aluminium) dan lapisan SiMa (silisium dan Magnesium). Lapisan SiAl tersusun oleh logam Silisium dan Aluminium. Senyawa dari kedua logam tersebut adalah  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Batuan yang terdapat dalam lapisan SiAl antara lain batuan sedimen, granit, andesit, dan metamorf. Lapisan SiMa adalah lapisan lithosfer yang tersusun atas logam Silisium dan Magnesium. Senyawa dari kedua logam tersebut adalah  $\text{SiO}_2$  dan MgO.

b. Astenosfer merupakan lapisan di bawah lithosfer dengan ketebalan 130-160 km. Lapisan ini berbentuk cairan kental, mengandung Silisium, Aluminium, dan Magnesium.

c. Mesosfer merupakan lapisan yang tebalnya 2400-2750 km, mengandung Silisium dan Magnesium.

*Lapisan ketiga* adalah kerak bumi. Lapisan ini mencapai 70 km, dan merupakan lapisan tanah dan bebatuan. Lapisan ini menjadi tempat tinggal seluruh makhluk hidup di bumi. Kerak bumi membentuk lempeng samudra dan lempeng benua. Lempeng samudra dengan ketebalan 5-10 km, sedangkan lempeng benua mencapai ketebalan 20-70 km. Suhu di bagian bawah kerak bumi mencapai 1.100°C. Unsur-unsur kimia utama pembentuk kerak bumi adalah oksigen (46,6%), silikon (27,7%), aluminium (8,1%), besi (5,0%), kalsium (3,6%), natrium (2,8%), kalium (2,6%), dan magnesium (2,1%). Unsur-unsur tersebut membentuk satu senyawa yang disebut batuan.

## Atmosfer

Telah dijelaskan bahwa pada lapisan bumi yang disebut kerak bumi, merupakan tempat makhluk hidup berada. Mengapa makhluk hidup tersebut dapat hidup? Masih ingatkah ciri-ciri makhluk hidup yang telah kalian pelajari pada kelas VII? Salah satu ciri makhluk hidup adalah memerlukan udara untuk bernapas. Berarti udara adalah salah satu faktor pendukung kehidupan. Planet bumi sebagai tempat tinggal makhluk hidup diselubungi oleh udara yang disebut atmosfer.

### Ayo Kita Pahami

Sampai saat ini, belum ada satupun ilmuwan yang dapat menembus dan mendapatkan sampel bumi pada kedalaman lebih dari 12 km. Temuan-temuan di atas merupakan prediksi dari para ilmuwan yang didapatkan melalui penelitian dengan menggunakan gelombang seismik. Maka tidak heran jika teori tentang lapisan bumi ini terus berkembang seiring dengan kemajuan teknologi.

Lapisan atmosfer merupakan campuran dari berbagai gas yang tidak tampak. Berdasarkan volumenya, terdapat empat gas yang terkandung di lapisan atmosfer. Keempat gas yang menempati hampir 100% lapisan atmosfer tersebut masing-masing nitrogen ( $N_2$ ) sebanyak 78,08%, oksigen ( $O_2$ ) sebanyak 20,95%, argon (Ar) sebanyak 0,93% dan karbondioksida ( $CO_2$ ) sebanyak 0,03%. Gas lain yang terkandung dalam lapisan atmosfer dengan volume yang sangat rendah antara lain neon (Ne), helium (He), krypton (Kr), hydrogen ( $H_2$ ), xenon (Xe), dan ozon ( $O_3$ ).

Lapisan atmosfer yang menyelimuti bumi mempunyai ketebalan yang sulit untuk ditetapkan secara pasti. Sebagian besar ahli ilmu iklim menyepakati bahwa ketebalan lapisan atmosfer lebih dari 650 km. Menurut perubahan suhu dan ketinggiannya, atmosfer dapat dikelompokkan menjadi empat lapisan, yakni troposfer, stratosfer, mesosfer, termosfer (ionosfer), dan eksosfer. Coba cari tahu pada lapisan apa terjadinya hujan? Pada lapisan apa pesawat terbang melintas?

#### **a. Troposfer**

Troposfer merupakan lapisan terbawah dari atmosfer, yang terletak pada ketinggian 0-18 km di atas permukaan bumi. Ketebalan lapisan troposfer di atas permukaan bumi tidak merata. Di daerah khatulistiwa atau daerah tropis, ketebalan troposfer sekitar 16 km dengan temperatur rata-rata  $80^\circ C$ , daerah sedang ketebalan lapisan troposfer sekitar 11 km dengan temperatur rata-rata  $54^\circ C$ , dan daerah kutub ketebalannya sekitar 8 km dengan temperatur rata-rata  $46^\circ C$ . Tebal lapisan troposfer rata-rata di permukaan bumi  $\pm 10$  km. Coba pikirkan, mengapa ketebalan lapisan troposfer berbeda?

#### **b. Stratosfer**

Stratosfer terletak pada ketinggian antara 18 - 49 km dari permukaan bumi. Suhu di lapisan stratosfer yang paling bawah relatif stabil dan sangat dingin, yaitu sekitar  $-57^\circ C$ . Tahukah kamu dimana pesawat terbang melintas? Nah, ternyata pada lapisan stratosfer inilah tempat terbangnya pesawat. Pada lapisan ini juga terdapat awan cirrus, namun tidak ada pola cuaca. Dari bagian tengah stratosfer ke atas, terdapat lapisan dengan konsentrasi ozon ( $O_3$ ). Lapisan ozon ini menyerap radiasi sinar ultra violet. Suhu pada lapisan ini dapat mencapai sekitar  $18^\circ C$  pada ketinggian sekitar 40 km.

#### **c. Mesosfer**

Mesosfer terletak pada ketinggian antara 49 - 82 km dari permukaan bumi. Lapisan ini merupakan lapisan pelindung bumi dari jatuhnya meteor atau benda-benda angkasa luar lainnya. Kebanyakan meteor yang sampai ke bumi biasanya terbakar di lapisan ini. Lapisan mesosfer ini ditandai dengan penurunan suhu (temperatur) udara, rata-rata  $0,4^\circ C$  per seratus meter. Temperatur terendah di mesosfer kurang dari  $-81^\circ C$ . Bahkan di puncak mesosfer yang disebut mesopause, yaitu lapisan batas antara mesosfer dengan lapisan termosfer temperaturnya diperkirakan mencapai sekitar  $-100^\circ C$ .

#### **d. Termosfer atau ionosfer**

Termosfer terletak pada ketinggian antara 82 - 800 km dari permukaan bumi. Lapisan termosfer ini disebut juga lapisan ionosfer. Disebut dengan termosfer karena terjadi kenaikan temperatur yang cukup tinggi pada lapisan ini yaitu sekitar  $1982^\circ C$ . Disebut ionosfer karena pada lapisan ini merupakan tempat terjadinya ionisasi partikel-partikel yang dapat memberikan efek pada perambatan gelombang radio, baik gelombang panjang maupun pendek.

#### **e. Eksosfer**

Eksosfer adalah lapisan udara kelima, eksosfer terletak pada ketinggian antara 800 - 1000 km dari permukaan bumi.

## Hidrosfer

Coba kamu perhatikan gambar bola bumi pada bagian awal bab ini. Pada bola bumi, samudera digambar dengan warna biru tua. Bandingkan warna biru dengan yang warna lain. Warna apa yang lebih luas atau dominan? Tentu kamu akan menjawab “yang berwarna biru”. Pada gambar bola bumi tersebut menggambarkan bahwa 70% muka bumi ditutupi dengan lapisan air yang disebut hidrosfer. Hidrosfer sangat penting bagi kehidupan di bumi. Tak ada makhluk hidup yang dapat hidup tanpa air.

### Ayo Kita Coba

Tabel 11.11 Struktur Lapisan Bumi

Lapisan Bumi		Ketebalan	Penyusun
Inti Bumi (Core)	Inti dalam	2700	Bola Nikel dan Besi (NiFe)
	Inti luar	2000	Besi cair
Selimut atau Selubung (mantle)	Litosfer	50-100	Silika ( $\text{SiO}_2$ ), Alumuniumoksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), dan Magnesium oksida (MgO)
	Astenosfer	100-400	Magma induk
	Mesosfer	2400-2700	Campuran batuan basa dan besi
Kerak Bumi (Crust)	Lempeng samudera	5-15	Silikon (Si), besi (Fe), dan magnesium (Mg)
	Lempeng Benua	30-80	Silikon (Si) dan alumunium(Al)

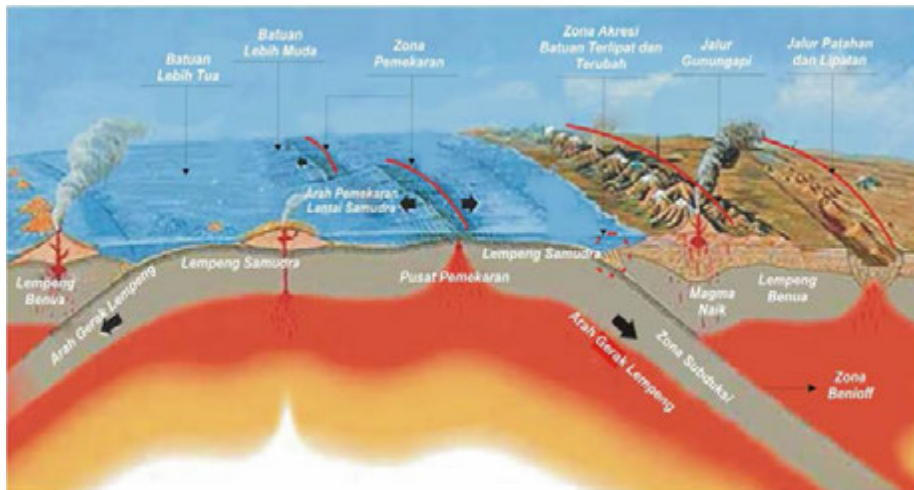
## 2. Fenomena Gempa Bumi

Gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi dari dalam bumi. Terjadinya perubahan energi panas yang menyebabkan pergolakan inti bumi menjadi energi kinetik sehingga mampu menekan dan menggerakkan lempeng-lempeng bumi. Energi kinetik yang dihasilkan tersebut dipancarkan ke segala arah berupa gelombang gempa bumi sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi.



✓ **Ayo Kita Diskusikan**

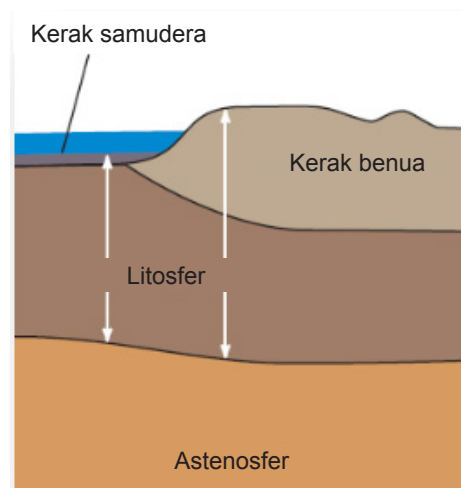
Perhatikan gambar di bawah ini!



Diskusikan dengan teman dan gurumu, bagaimana proses terjadinya gempa bumi yang disebabkan oleh pergerakan lempeng bumi seperti pada gambar di atas? Presentasikan hasil diskusimu di depan kelas!

Menurut teori lempeng tektonik, permukaan bumi terpecah menjadi beberapa lempeng tektonik besar. Lempeng tektonik atau lempeng lithosfer merupakan bagian dari kerak bumi yang keras dan mengapung di atas astenosfer yang cair dan panas. Hal tersebut mengakibatkan lempeng tektonik menjadi bebas bergerak dan saling berinteraksi satu sama lain. Daerah perbatasan lempeng-lempeng tektonik merupakan tempat-tempat yang memiliki kondisi tektonik yang aktif, yang menyebabkan gempa bumi, gunung berapi, dan pembentukan dataran tinggi.

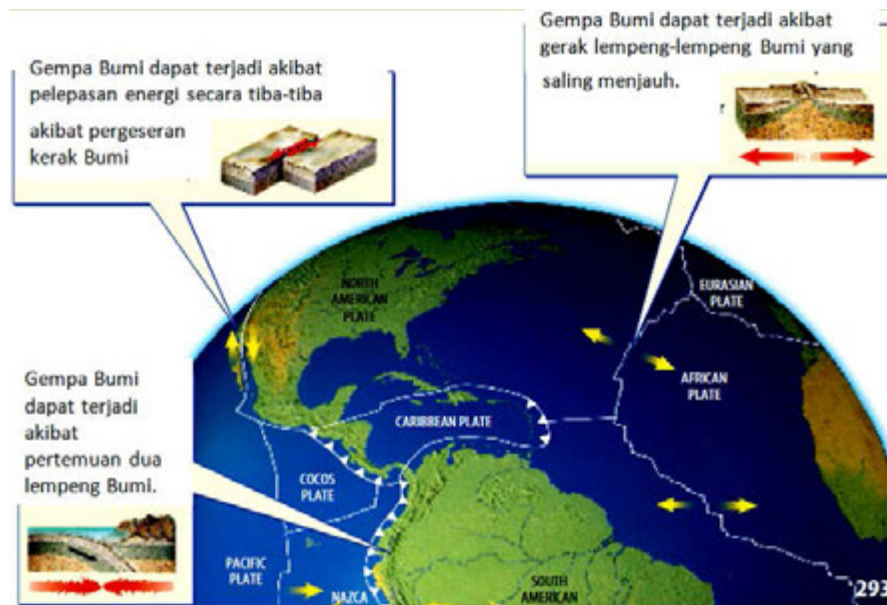
Lempeng-lempeng tektonik yang berdekatan saling berinteraksi dengan tiga kemungkinan pola gerakan yaitu apabila kedua lempeng saling menjauhi (*spreading*), saling mendekati (*collision*), dan saling geser (*transform*). Kadang-kadang, gerakan lempeng ini macet dan saling mengunci, sehingga terjadi pengumpulan energi yang berlangsung terus-menerus sampai pada suatu saat batuan pada lempeng tektonik tersebut tidak kuat menahan gerakan tersebut dan akhirnya terjadi pelepasan mendadak yang kita kenal sebagai gempa bumi.



Sumber: Berwald dkk. 2007.

**Gambar 11.4** Lapisan bumi

## ✓ Ayo Kita Pahami

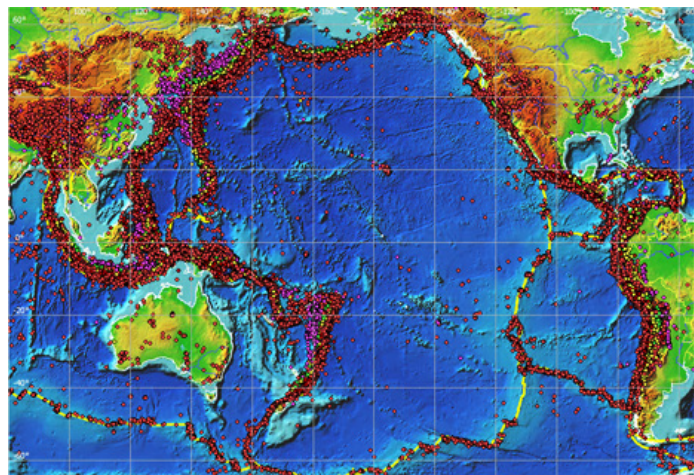


Sumber: Biggs, dkk. 2005.

**Gambar 11.5** Berbagai macam pergeseran lempeng bumi

Pergeseran lempeng bumi dapat mengakibatkan gempa bumi, karena dalam peristiwa tersebut disertai dengan pelepasan sejumlah energi yang besar. Selain pergeseran lempeng bumi, gerak lempeng bumi yang saling menjauhi satu sama lain juga dapat mengakibatkan gempa bumi. Hal tersebut dikarenakan saat dua lempeng bumi bergerak saling menjauh, akan terbentuk lempeng baru diantara keduanya. Lempeng baru yang terbentuk memiliki berat jenis yang jauh lebih kecil dari berat jenis lempeng yang lama. Lempeng yang baru terbentuk tersebut akan mendapatkan tekanan yang besar dari dua lempeng lama, sehingga akan bergerak ke bawah dan menimbulkan pelepasan energi yang juga sangat besar. Terakhir adalah gerak lempeng yang saling mendekat juga dapat mengakibatkan gempa bumi. Pergerakan dua lempeng yang saling mendekat juga berdampak pada terbentuknya gunung. Seperti yang terjadi pada gunung Everest yang terus tumbuh tinggi akibat gerak lempeng di bawahnya yang semakin mendekat dan saling bertumpuk.

Indonesia merupakan daerah rawan gempa bumi karena dilalui oleh jalur pertemuan 3 lempeng tektonik, yaitu Lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik (perhatikan Gambar 11.6). Lempeng Indo-Australia bergerak relatif ke arah utara dan menyusup ke dalam lempeng Eurasia, sementara lempeng Pasifik bergerak relatif ke arah barat. Jalur pertemuan lempeng berada di laut, sehingga apabila terjadi gempa bumi besar dengan kedalaman dangkal maka akan berpotensi menimbulkan tsunami sehingga Indonesia juga rawan mengalami bencana tsunami.



**Gambar 11.6** Titik Pertemuan Lempeng Tektonik

### 3. Fenomena Gunung Api

Salah satu kegiatan yang dapat dilakukan saat liburan adalah berlibur ke puncak gunung. Pemandangan yang sangat indah seperti pada Gambar 11.7, serta udara segar menjadi alasan sebagian orang memilih berlibur di puncak gunung. Namun, gunung yang masih aktif rawan bahaya. Gunung yang masih aktif memiliki potensi untuk meletus secara tiba-tiba. Beberapa gunung aktif di Indonesia dengan pemandangan indah antara lain Tangkuban Perahu, Bromo, Semeru, Merapi, dan Anak Krakatau. Tahukah kamu, apa yang membuat sebuah gunung menjadi aktif dan meletus? Bagaimana sebuah gunung berapi dapat terbentuk? Gunung yang masih aktif memiliki potensi untuk meletus secara tiba-tiba.



Sumber: Dokumen Kemdikbud  
**Gambar 11.7** Gunung berapi bromo

**✓ Ayo Kita Pahami**

Gunung Berapi terbentuk ketika lava dan debu vulkanik mendesak suatu daerah dipermukaan Bumi dari waktu ke waktu

Magma yang telah mengalir melalui pipa, keluar melalui celah yang ada di puncak gunung

Magma adalah materi panas yang tersusun dari mineral cair dan batuan panas lainnya

Kawah ini menjadi tempat lava bermuara sebelum mengalir ke lereng-lereng gunung

Melalui pipa magma ini lava mengalir secara vertical dengan memecah bebatuan yang menghalanginya

Magma yang dipaksa ke atas (dari lapisan astenosfer) terkumpul di bawah gunung berapi membentuk *magma chamber*

Sumber: Berwald, dkk. 2007.  
**Gambar 11. 8** Struktur gunung berapi

Gunung berapi terbentuk akibat pertemuan dua lempeng Bumi. Bagian lempeng yang tenggelam memasuki lapisan astenosfer akan mencair karena suhu bawah lempeng Bumi yang sangat tinggi. Bagian cair tersebut akan menambah magma dalam perut Bumi. Oleh



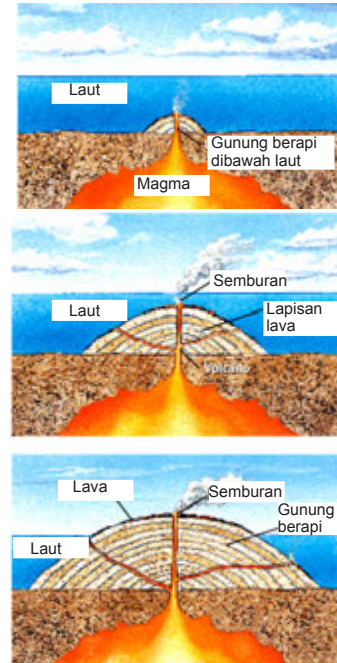
karena magma yang terbentuk tersebut memiliki berat jenis yang lebih kecil daripada berat jenis batuan di sekitarnya maka magma akan terdesak hingga naik ke permukaan bumi. Magma yang mencapai permukaan bumi disebut sebagai lava. Lava dan abu yang meledak dari waktu ke waktu akan menumpuk dan membentuk gunung berapi. Inilah yang memunculkan istilah bahwa gunung berapi dapat tumbuh dari waktu ke waktu. Agar lebih jelas, perhatikan Gambar 11.8.

Selain di darat, gunung berapi juga dapat terbentuk di lautan. Erupsi yang terjadi di bawah lautan dapat memunculkan gunung berapi. **Erupsi** adalah letusan yang mengakibatkan keluarnya material gunung api yang berupa gas, debu, aliran lava, dan fragmen batuan. Jika erupsi terjadi dalam waktu yang lama dan dengan jumlah lava yang sangat besar, maka sangat dimungkinkan gunung berapi akan muncul hingga ke permukaan air laut. Perhatikan ilustrasi terbentuknya gunung berapi bawah laut di bawah ini!

Gambar 11.9 mengilustrasikan terbentuknya gunung berapi di Hawaii. Puncak gunung tersebut muncul hingga ke atas permukaan samudera Pasifik. Gunung berapi tersebut berbeda dengan gunung berapi lainnya karena terbentuk langsung dari magma yang berasal dari inti dan selimut bumi.

Batuan panas yang terdorong ke atas melalui selimut bumi mencair membentuk area panas dalam kerak bumi. Dorongan dari dalam bumi tersebut akhirnya memunculkan serangkaian gunung berapi dan membentuk kepulauan Hawaii.

Magma yang berasal dari gunung subduksi tersebut jauh lebih dekat dengan permukaan bumi. Gunung berapi ini jauh lebih besar ukurannya dan memiliki banyak sisi yang landai.



Sumber: Berwald, dkk. 2007.  
**Gambar 11. 9** Ilustrasi terbentuknya gunung api di Hawaii.



**Gambar 11. 10** Erupsi gunung berapi

## ✓ Ayo Kita Pahami

Letusan gunung berapi dapat menimbulkan bencana yang mematikan bagi kehidupan di sekitarnya. Misalnya seperti saat meletusnya gunung Krakatau yang terletak di bawah lautan selat Sunda. Menurut kesaksian nenek moyang dan tulisan sejarah menyebutkan bahwa gemuruh erupsi Krakatau terdengar hingga Australia dan Sri Lanka. Setelah letusan besar terjadi, langit tampak gelap selama 2½ hari. Bulan tampak berwarna Biru, tsunami setinggi 40 meter menghantam pantai-pantai di sekitarnya, selama beberapa hari bumi tertutup debu vulkanik, dan tak terhitung jumlah korban jiwa yang jatuh pada saat itu. Bahkan karena kedahsyatannya, meletusnya gunung Krakatau disebut-sebut sebagai faktor yang menyebabkan berpisahnya pulau Jawa dan Sumatera.

Selain menimbulkan berbagai macam bencana, letusan gunung api juga menimbulkan banyak manfaat. Beberapa manfaat diantaranya adalah terbentuknya daratan baru (misalnya kepulauan Krakatau); ditemukannya mineral logam dan batu mulia dari hasil lava yang telah membeku seperti tembaga, intan, perak, dan emas; menghasilkan energi panas bumi; mata air panas belerang yang bermanfaat bagi kesehatan; pasir gunung api sebagai bahan bangunan; dan letusan gunung berapi juga menghasilkan tanah yang subur dan kaya unsur hara yang diperlukan untuk tanaman.

Setelah terjadinya letusan gunung berapi, dalam jangka pendek daerah yang dilalui oleh lava akan terkesan sangat gersang dan tidak ada kehidupan. Hal ini dikarenakan lava adalah benda cair panas yang memiliki temperatur hingga 1.200° C. Makhluk apapun yang dilalui oleh lava akan musnah, karena panasnya. Akan tetapi, pada jangka panjang daerah yang dilalui oleh lava akan menjadi daerah yang kaya mineral. Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa kandungan mineral yang terdapat pada tanah vulkanik antara lain, Aluminium (Al), Magnesium (Mg), Silika (Si), dan Besi (Fe). Sebagaimana yang telah disebutkan sebelumnya bahwa mineral-mineral tersebut merupakan komponen anorganik yang dibutuhkan oleh tanaman. Tidak heran jika banyak yang menyatakan bahwa tanah vulkanik itu adalah tanah yang subur. Setiap terjadi letusan gunung api akan menguntungkan tanah yang dijangkau oleh material letusan, karena akan terjadi "peremajaan dan pengayaan tanah secara alami".

Selain itu, abu vulkanik memiliki kadar keasaman (pH) sekitar 4 – 4,3. Dengan kadar keasamannya, tanah yang terkena abu vulkanik akan memiliki kadar keasaman (pH) tanah sebesar 5 – 5,5. Dengan turunnya kadar keasaman (Ph) tanah ini, dalam jangka pendek abu vulkanik dapat mengusir hama serangga atau gulma yang biasa menjadi musuh petani. Hal ini disebabkan makhluk hidup tersebut tidak dapat hidup dalam suasana terlalu asam, sehingga populasi makhluk tersebut akan menurun. Kondisi yang demikian tentunya sangat menguntungkan petani karena lahan sawah petani menjadi subur serta tanaman yang ditanam tidak terganggu oleh hama.

## ✓ Ayo Kita Coba

### Erupsi

#### Apa yang akan kalian coba?

Menjelaskan pola erupsi sebuah gunung berapi

#### Alat dan Bahan

1. Bubur kertas dan lem kayu atau tepung kanji
2. Triplek 50 cm x 50 cm

3. Baskom
4. Cuka makan ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )
5. Soda kue ( $\text{NaHCO}_3$ )
6. Detergen/ sabun cuci
7. Pewarna kuning atau merah
8. Cat air warna hijau, kuning, coklat



### Langkah Kerja

#### A. Membuat Gunung Berapi

1. Campurkan bubur kertas dengan lem kayu atau tepung kanji yang telah dilarutkan dengan air panas.
2. Bentuk adonan menyerupai gunung dan letakkan di atas triplek seperti pada gambar. Jangan lupa membuat rongga di tengah gunung (dari puncak sampai ke dasar) sebagai tempat magma.
3. Buat alur pada gunung untuk menambah efek aliran lava

#### B. Membuat Adonan Magma

Campurkan cuka makan, detergen, dan pewarna ke dalam baskom sehingga menjadi adonan magma.

#### C. Mendemostrasikan/percobaan erupsi gunung berapi

1. Masukkan soda kue ke dalam lubang "magma" yang ada di gunung buatan.
2. Masukkan adonan nomor 1 ke dalam lubang "magma".
3. Perhatikan reaksi yang terjadi pada gunung buatan. Efek letusan gunung berapi akan mulai tampak.

#### Apa yang dapat kamu simpulkan?

1. Pada demonstrasi atau percobaan yang telah dilakukan, apakah erupsi disertai dengan munculnya gelembung-gelembung? Bagaimana hal tersebut mempengaruhi tekanan di dalam model gunung berapi?
2. Jika cuka makan dianggap sebagai material yang lebih kental, bagaimana hal tersebut dapat mempengaruhi erupsi?

## 4. Tindakan untuk Mengurangi Bencana

Jepang adalah salah satu negara yang berada di atas lempeng vulkanik yang aktif. Akibatnya Jepang harus selalu siaga untuk mengantisipasi kemungkinan terjadinya bencana gempa Bumi atau gunung meletus. Tahukah kalian, upaya apa yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak dari bencana alam? Khususnya seperti gunung meletus dan gempa bumi baik seperti yang dilakukan di Jepang maupun di negara lainnya.



Banyak hal yang dilakukan pemerintah Jepang sebagai wujud pencegahan terhadap bencana. Pemerintah Jepang secara berkala selalu melakukan latihan tanggap bencana hampir di semua daerah. Jepang memiliki sistem peringatan dini bencana alam yang otomatis akan berbunyi saat terjadi bencana. Di semua tempat disediakan alat-alat sebagai perencanaan evakuasi seperti senter, sepatu, helm, dan obat-obatan. Selain itu, pemerintah Jepang juga memasukkan aktivitas tanggap darurat bencana dalam kurikulum di sekolah-sekolah. Hal tersebut dimaksudkan untuk memperkenalkan sedini mungkin cara mengurangi dampak bencana alam kepada siswa-siswa sekolah.

### ✓ Ayo Kita Lakukan

#### Tips yang dapat dilakukan saat terjadi gempa bumi



1. Bersembunyilah di kolong meja yang kuat, lindungi kepala dengan bantal.
2. Hindari dekat-dekat dengan kaca.
3. Berjalanlah dengan tenang saat akan keluar gedung, tunggu hingga gempa berhenti.
4. Jangan lupa selalu lindungi kepala dengan benda lunak, seperti tas.
5. Tetap berdoa pada Tuhan untuk memohon pertolongan-Nya.

Ada beberapa tindakan yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak dari terjadinya letusan gunung berapi dan gempa Bumi. Tindakan tersebut diantaranya:

- a. mencari tahu sistem pengamanan yang berlaku yang ada di daerah masing-masing,
- b. selalu mewaspadaai bahaya yang menyertai letusan gunung berapi seperti gempa Bumi, hujan abu, lahar, banjir bandang, longsor, dan tsunami,
- c. senantiasa melakukan perencanaan evakuasi, seperti selalu mempersiapkan baterai, senter, obat-obatan, makanan dan minuman untuk keadaan darurat, masker debu, dan kacamata untuk mengurangi dampak hujan debu,
- d. selalu menyimpan nomor-nomor telepon lembaga tanggap darurat.

Lebih mudahnya kamu dapat mencoba membaca kondisi alam yang ada. Misalnya, saat hewan-hewan gunung mulai turun, dapat diprediksikan bahwa akan terjadi bencana letusan gunung. Hewan memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap gelombang elektromagnetik yang ditimbulkan Bumi sebelum terjadi bencana alam. Misalnya Kodok di L'Aquila dan semut merah hutan yang dapat mendeteksi akan datangnya gempa Bumi beberapa hari sebelum bencana terjadi. Contoh lainnya hewan kijang yang turun gunung sebelumnya terjadinya letusan gunung berapi.



**Gambar 11.11** Kodok L'Aquila dapat mendeteksi gempa



**Gambar 11.12** Semut merah hutan dapat mendeteksi

## B. Sistem Tata Surya

Sejak ribuan tahun sebelum Masehi, manusia sudah melakukan banyak penelitian tentang langit dan jagad raya. Sebelum ditemukan teleskop oleh Galileo Galilei (1564-1642), Ptolomeus mengajarkan bahwa bumi sebagai pusat alam semesta atau faham geosentris. Galileo Galilei dengan teleskopnya menemukan fakta bahwa perubahan bentuk penampakan Venus, seperti Venus sabit atau Venus purnama sebagai akibat perubahan posisi Venus terhadap matahari ketika beredar mengitari matahari. Fakta tersebut memperkuat teori heliosentris dari Nicolas Copernicus (1473-1543), yaitu matahari sebagai pusat alam semesta. Para ilmuwan juga menemukan fakta bahwa bintang terdekat dengan bumi adalah matahari. Sebagai bintang, matahari dikelilingi oleh planet-planet yang berada didekatnya membentuk suatu sistem bernama Tata Surya. **Tata surya** adalah kumpulan benda langit yang terdiri atas sebuah bintang yang disebut matahari dan semua objek yang mengelilinginya. Tata surya terletak di dalam satu galaksi. Galaksi yang kamu tempati adalah galaksi Bimasakti. Galaksi Bimasakti disebut juga Milky Way. Bumi tempat kamu berpijak adalah salah satu dari delapan planet yang ada di dalam tata surya. Selain delapan planet tersebut juga terdapat anggota tata surya yang lain, yaitu satelit, komet asteroid, dan meteorid.



### Ayo Kita Pelajari

1. Karakteristik komponen tata surya
2. Pengaruh radiasi matahari terhadap kehidupan di bumi
3. Gerak bumi dan bulan
4. Perubahan musim dan dampaknya bagi kehidupan di bumi



### Istilah Penting

- Rotasi
- Revolusi
- Radiasi
- Periode
- Orbit satelit
- Planet kerdil
- Benda langit



### Mengapa Penting?

Untuk mengetahui karakteristik benda langit dan pengaruhnya terhadap kehidupan di Bumi



### AYO PIKIRKAN

Pernahkah kamu memandangi langit malam yang dipenuhi bintang-bintang? Atau melihat bentukan 'pita susu bertaburan' seperti gambar di samping? Jika matahari adalah bintang terdekat dari bumi, dimanakah letak bintang-bintang yang kalian lihat itu? Seberapa jauh jaraknya dari bumi? Berapa banyak bintang dan planet yang ada di jagad raya ini? Seberapa luas jagad raya ini?



Gambar 11. 13 Galaksi Bima Sakti



Gambar 11. 14 Sistem tata surya



### AYO TEBAK

Tahukah kamu, apa saja komponen tata surya? Bagaimana karakteristik masing-masing komponen tersebut? Ayo kita lakukan kegiatan berikut agar kalian lebih memahami karakteristik komponen Tata Surya.



### Ayo Kita Coba

#### Orbit Planet

##### Apa yang akan kamu coba?

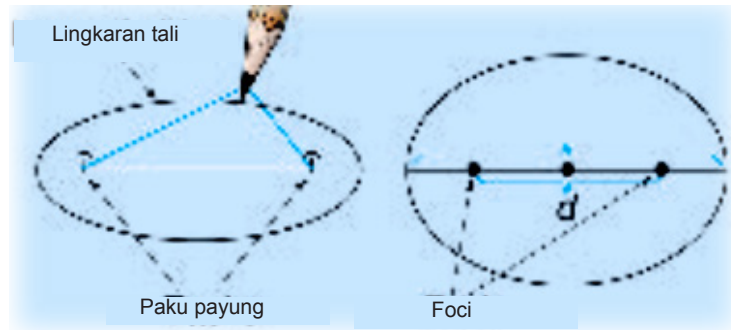
1. Memodelkan orbit planet
2. Menghitung eksentrisitas orbit (elips)

##### Apa yang harus kamu persiapkan?

1. Dua paku payung
2. Kertas tebal (23 cm x 30 cm)
3. Kertas (21.5 cm x 28 cm)
4. Penggaris 30 cm
5. Tali 25 cm
6. Pensil

##### Apa yang harus kalian lakukan?

1. Letakkan kertas di atas alas kertas tebal dan tancapkan kedua push pin dengan jarak 3 cm.
2. Bentuk tali menjadi lingkaran dengan diameter 15 – 20 cm. Pasangkan tali tersebut pada kedua *push pin*. Masukkan pensil ke dalam rangkaian alat tersebut seperti pada gambar di bawah ini!



3. Gerakkan pensil melingkari kertas hingga tampak sketsa elips, usahakan tali tetap dalam kondisi teregang.
4. Ulangi langkah 1, 2, dan 3 hingga 3 kali dengan variasi diameter tali. Buat tabel data hasil pengamatan.
5. Orbit planet biasanya dideskripsikan dengan menggunakan simbol  $e$  untuk eksentrisitas,  $d$  untuk jarak antar *push pin* (*foci*), dan  $l$  untuk garis tengah elips.
6. Hitung dan tulis data eksentrisitas elips yang kamu buat.
7. Carilah eksentrisitas orbit planet yang sebenarnya, bandingkan dengan eksentrisitas elips yang kamu buat!

Apa yang dapat kalian jawab?

1. Bagaimana efek yang ditimbulkan saat kamu merubah diameter tali?
2. Buat hipotesis tentang apa yang harus dilakukan pada tali atau letak foci agar besar eksentrisitas elips dapat diturunkan!
3. Deskripsikan bentuk orbit bumi! Dimana letak matahari?

### ✓ Ayo Kita Lakukan

**Tantangan!** Masih ingatkah kamu dengan gaya gravitasi? Tidak hanya bumi yang memiliki gaya gravitasi, tetapi semua benda langit mempunyai gaya gravitasi. Jelaskan peran gravitasi terhadap gerak planet-planet!

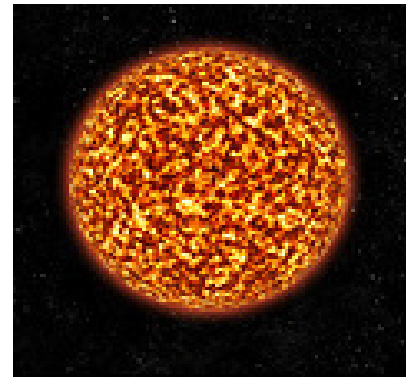
## 1. Karakteristik Komponen Tata Surya

Tata surya terdiri atas delapan planet yang mengelilingi matahari. Matahari merupakan pusat tata surya. Selain delapan planet tersebut juga terdapat anggota tata surya yang lain, yaitu satelit, komet, asteroid, dan meteorid. Pelajarilah komponen tata surya dan karakteristiknya dengan penuh semangat!

### a. Matahari

Matahari termasuk bintang karena dapat memancarkan cahaya sendiri. Matahari tersusun atas gas pijar yang suhunya sangat tinggi. Matahari mempunyai diameter 1,4 juta kilometer (1.400.000 km) atau 109 kali lebih besar daripada diameter bumi. Matahari memiliki gravitasi yang besar hingga menyebabkan anggota tata surya beredar mengelilingi matahari. Secara kimiawi, sekitar tiga perempat massa matahari terdiri atas hidrogen, sedangkan sisanya didominasi helium.

Matahari berupa bola gas yang sangat besar dan menyebabkan matahari menjadi sangat panas. Suhu di pusat matahari mencapai 15 juta (15.000.000) °C. Sementara itu, suhu di permukaan mencapai 6.000 °C. Energi sinar matahari ini membantu perkembangan kehidupan di bumi melalui fotosintesis dan mengubah iklim dan cuaca bumi. Dampak matahari terhadap bumi luar biasa dan sudah diamati sejak zaman prasejarah.



Sumber: <http://www.pixtastock.com/illustration/9497078>

**Gambar 11.15** Matahari

## b. Planet-Planet

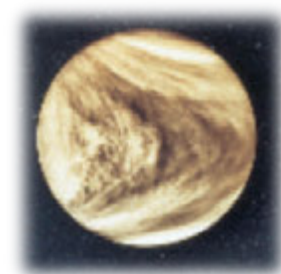
Planet, berasal dari bahasa Yunani yang berarti pengembara. Planet adalah benda angkasa yang tidak memancarkan cahaya sendiri, dan beredar mengelilingi matahari. Semula dalam sistem tata surya terdapat sembilan buah planet. Namun, pada Sidang Umum International Astronomical Union (IAU) ke-26, pada tanggal 25 Agustus 2006 di Praha, menetapkan hanya delapan buah planet yang masuk ke dalam sistem tata surya. Pluto dikeluarkan dalam anggota tata surya.

Planet-planet dalam tata surya dapat dikelompokkan berdasarkan massanya dan jaraknya ke matahari. Berdasarkan massanya, dikelompokkan menjadi planet bermassa besar (planet superior) dan planet bermassa kecil (inferior planet). Planet superior, yaitu Jupiter, Saturnus, Uranus, dan Neptunus, sedangkan planet inferior, yaitu Merkurius, Venus, Bumi, dan Mars.

Berdasarkan jaraknya ke matahari, planet dapat dibedakan atas dua kelompok planet, yaitu planet dalam (planet interior) dan planet luar (planet eksterior). Planet dalam, yaitu planet-planet yang jarak rata-ratanya ke matahari lebih pendek daripada jarak rata-rata planet bumi ke matahari. Kelompok planet dalam adalah Merkurius dan Venus. Planet luar, yaitu planet-planet yang jarak rata-ratanya ke matahari lebih panjang daripada jarak rata-rata planet bumi ke matahari. Adapun yang termasuk kelompok planet luar adalah Mars, Jupiter, Saturnus, Uranus, dan Neptunus. Untuk memahami lebih jauh pelajarilah karakteristik kedelapan planet tersebut.

**1) Merkurius**, planet yang ditemukan oleh Mariner (1975), merupakan planet terkecil kedua sekaligus planet paling dekat dengan Matahari. Jaraknya yang hanya 57.900.000 km atau 0,39 SA dari matahari membuat Merkurius memiliki suhu permukaan yang sangat tinggi, yaitu 467°C. Merkurius tidak memiliki atmosfer dan tidak memiliki satelit alami.

**2) Venus** memiliki ukuran, massa, komposisi, dan jarak ke matahari yang sama dengan bumi. Namun Venus tidak memiliki lautan dan hanya ditutupi atmosfer karbondioksida (CO<sub>2</sub>) yang tipis. Sifat gas karbondioksida sebagai pemicu efek rumah kaca mengakibatkan Venus memiliki suhu permukaan 450°C – 475°C, suhu yang mampu untuk melelehkan timbal. Selain itu, titik-titik asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) yang ada pada atmosfer membuat Venus tampak sebagai planet yang berwarna kuning. Venus dikenal dengan bintang pagi atau bintang timur atau bintang kejora.



Sumber: Feather, dkk. 2005.

**Gambar 11.16** Venus



3) **Bumi** adalah satu-satunya planet di tata surya yang dapat dihuni. Atmosfernya terdiri atas nitrogen (N) dan oksigen (O) mampu melindungi manusia dari bahaya radiasi sinar matahari dan membakar meteor yang jatuh ke bumi. Bumi berjarak 149.600.000 km atau 1 SA dari matahari. Bumi memiliki satu satelit yang bernama bulan.



Sumber: Feather, dkk. 2005.  
Gambar 11.17 Bumi



Sumber: Feather, dkk. 2005.  
Gambar 11.18 Mars

4) **Permukaan Mars** bersuhu  $-125^{\circ}\text{C}$   $-35^{\circ}\text{C}$  banyak mengandung besi oksida (FeO) membuat Mars tampak sebagai planet merah. Atmosfer Mars terdiri atas karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ), nitrogen ( $\text{N}_2$ ), dan argon (Ar). Mars memiliki dua satelit kecil yang bernama Phobos dan Deimos. Meskipun Mars dicurigai sebagai planet yang berpenghuni, namun belum ada bukti yang mampu menjelaskan kebenaran hipotesis tersebut.

5) **Yupiter** sebagai planet terbesar di tata surya memiliki jarak 778.300.000 km atau 5,20 SA dari matahari. Atmosfer Yupiter banyak mengandung hidrogen ( $\text{H}_2$ ) dan helium (He). Hampir setiap waktu di permukaan Yupiter selalu terjadi badai, terutama di titik besar yang tampak berwarna merah. Yupiter memiliki 4 satelit besar dan 63 satelit kecil. Io merupakan satelit Yupiter yang memiliki banyak gunung berapi aktif. Ganymede merupakan satelit terbesar Yupiter yang memiliki medan magnetiknya sendiri. Europa dan Calisto merupakan dua satelit Yupiter yang memiliki lautan es beku.



Sumber: Feather, dkk. 2005.  
Gambar 11.19 Yupiter



Sumber: Feather, dkk. 2005.  
Gambar 11.20 Io



Sumber: Feather, dkk. 2005.  
Gambar 11.21 Europa



Sumber: Feather, dkk. 2005.  
Gambar 11.22 Ganymede



Sumber: Feather, dkk. 2005.  
Gambar 11.23 Calisto



Sumber: Feather, dkk. 2005.  
Gambar 11.24 Saturnus

6) **Saturnus** merupakan planet terbesar kedua di tata surya yang terkenal karena keindahan cincin es yang melingkarinya. Cincin Saturnus tersusun atas es dan batuan yang sangat besar. Saturnus memiliki lebih dari 47 satelit alami. Salah satu yang terbesar (lebih besar daripada Merkurius) adalah Titan.

7) **Uranus dan Neptunus** adalah dua planet gas raksasa yang ditemukan melalui teleskop. Uranus merupakan planet gas yang berwarna biru kehijauan dengan awan tebal yang menutupinya. Periode revolusi Uranus terhadap matahari mencapai 84 tahun.

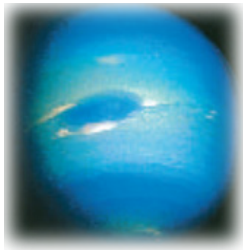


Uranus memiliki orbital yang tidak biasa. Planet yang memiliki 27 satelit alami ini, memiliki atmosfer yang banyak mengandung hidrogen (H), helium (He), dan metana (CH<sub>4</sub>).



Sumber: Feather, dkk. 2005.

**Gambar 11.25** Uranus



Sumber: Feather, dkk. 2005.

**Gambar 11.26** Neptunus

**8) Neptunus** merupakan planet gas raksasa yang berwarna biru karena atmosfernya banyak mengandung hidrogen (H<sub>2</sub>), helium (He), dan metana (CH<sub>4</sub>). Neptunus yang ditemukan pada tahun 1846 ini memiliki 13 satelit alami. Neptunus merupakan planet terjauh dari matahari. Jaraknya 4.497.000.000 km atau 30,06 SA

### c. Planet-Planet Kerdil

Sistem tata surya kita juga memiliki planet-planet kecil yang dipandang berbeda dengan planet-planet lain karena orbitalnya tidak jelas. Ceres adalah planet kecil yang letaknya di sabuk asteroid, sedangkan Pluto dan Eris terletak di sabuk kuiper.

#### 1) Ceres

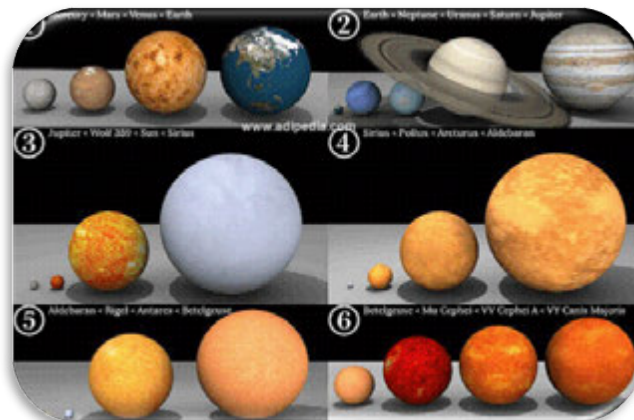
Ceres yang terletak pada jarak 2.7 SA dari matahari ini ditemukan pada tahun 1801. Diamater Ceres sekitar 940 km. Periode Ceres terhadap matahari adalah 4.6 tahun.

#### 2) Pluto

Pluto memiliki jarak 39,2 SA dari matahari dan periode revolusi selama 248 tahun. Pluto memiliki diamater sekitar 2300 km dan 3 satelit alami. Sejak ditemukan pada tahun 1930 hingga 2006, Pluto dianggap sebagai bagian dari planet yang ada di dalam Tahukah kamu mengapa Pluto dikeluarkan dari anggota planet dalam tata surya? tata surya.

#### 3) Eris

Eris ditemukan pada tahun 2005 oleh seorang astronom Institut Teknologi California. Eris memiliki diameter yang sedikit lebih besar daripada Pluto, yaitu sekitar 2400 km. Eris memiliki orbit eliptik sebesar 38 SA hingga 98 SA dari matahari dan memiliki periode revolusi selama 557 tahun. Eris memiliki satu buah satelit alami yang bernama Dysnomia.



**Gambar 11.27** Perbandingan besar benda-benda langit

**Ayo Kita Lakukan**

1. Carilah informasi sebanyak-banyaknya tentang planet-planet yang ada di Tata Surya, kemudian isilah tabel di bawah ini!

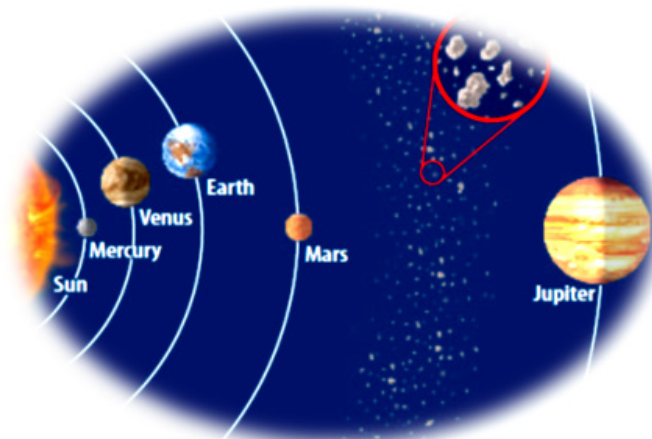
Tabel 11.2 Planet-Planet di Tata Surya

Nama Planet	Jari-Jari Planet (km)	Nama Satelit	Jarak Planet terhadap Matahari (km)	Periode Rotasi Planet	Periode Revolusi Planet
Merkurius					
Venus					
Bumi	6.400	Bulan	149.600.000	24 jam	356 1/4 hari
Mars					
Yupiter					
Saturnus					
Uranus					
Neptunus					

2. Urutkan planet-planet tersebut dari yang ukurannya terkecil hingga terbesar!
3. Apa yang menjadikan planet Merkurius, Venus, Bumi, dan Mars sebagai planet dalam, sedangkan Yupiter, Saturnus, Uranus, dan Neptunus sebagai planet luar?
4. Buat tulisan tentang ekspedisi yang pernah dilakukan ilmuwan (astronom) untuk meneliti benda-benda langit khususnya planet!

**d. Asteroid**

Asteroid merupakan batuan yang berukuran lebih kecil dari planet. Asteroid-asteroid membentuk sabuk yang melingkar diantara planet Mars dan Yupiter. Sabuk Asteroid inilah yang kemudian membagi planet-planet dalam sistem tata surya menjadi kelompok planet dalam dan planet luar. Orbitalnya yang tidak jelas sering membuat asteroid jatuh ke bumi atau ke planet lainnya.



Sumber: Berwald, dkk. 2007.

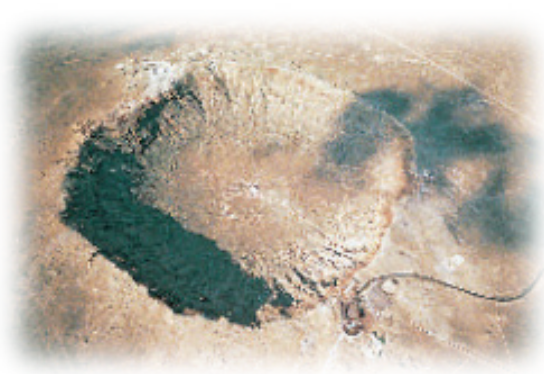
**Gambar 11.28** Letak asteroid di tata surya

### e. Komet

Komet merupakan benda langit yang terbentuk dari gumpalan es dan berevolusi terhadap matahari dengan lintasan yang sangat lonjong. Badan komet terdiri dari inti, koma, ekor debu, dan ekor ion. Semakin mendekati matahari, ekor komet akan semakin memanjang. Komet yang jaraknya dekat dengan bumi akan secara periodik tampak saat melintas. Misalnya komet Halley yang terlihat setiap 76 tahun sekali.



Sumber: Berwald, dkk. 2007.  
Gambar 11.29 Komet



Sumber: Berwald, dkk. 2007.  
Gambar 11.30 Kawah Barringer di Arizona

Meteor tersebut mampu mencapai permukaan bumi sebagai meteorit dan menimbulkan ledakan yang cukup besar. Dampak terbesar meteorit yang pernah jatuh ke Bumi adalah terbentuknya kawah Barringer di Arizona sekitar 50.000 tahun yang lalu. Meteorit yang ditemukan di bumi kebanyakan merupakan batuan yang mirip seperti batuan penyusun mantel bumi. Pada zaman dahulu, orang Indonesia sering memanfaatkan meteorit untuk bahan membuat keris.

### f. Meteoroid – Meteor – Meteorit

Pernahkah kamu melihat bintang jatuh di malam hari? Sebenarnya, bintang yang jatuh itu adalah meteoroid. Meteoroid adalah benda langit yang bergerak melintasi atmosfer bumi. Jika meteoroid tersebut masuk dan terbakar habis di atmosfer bumi disebut meteor. Namun jika meteoroid tersebut masuk ke atmosfer hingga sampai ke permukaan bumi disebut meteorit.

Meteor yang ukurannya sangat besar tidak akan habis terbakar di atmosfer.

## 2. Gerak Planet-planet

Gerak benda langit yang berputar pada sumbunya disebut rotasi. Gerak benda langit mengelilingi benda langit yang lainnya disebut revolusi. Periode rotasi bumi atau waktu yang diperlukan bumi untuk berputar satu kali pada porosnya adalah 23 jam 56 menit 4 detik (24 jam). Periode revolusi bumi atau waktu yang diperlukan bumi untuk mengelilingi matahari satu kali adalah 365  $\frac{1}{4}$  hari atau 1 tahun. Periode revolusi bulan terhadap bumi adalah 29  $\frac{1}{2}$  hari atau 1 bulan. Periode rotasi dan revolusi planet-planet dengan kecepatan yang berbeda-beda seperti terlihat Tabel 11.1 berikut.



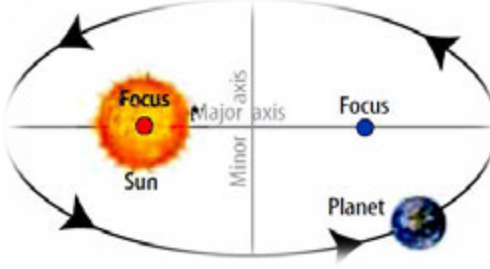
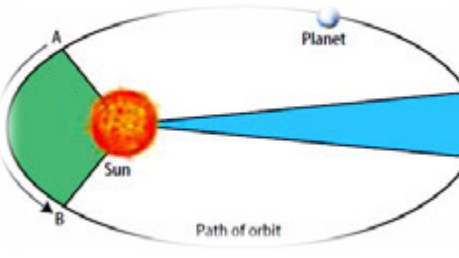
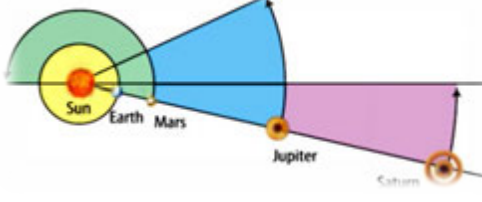
Gambar 11.31 Bumi berotasi pada sumbunya dengan kemiringan 23°

Tabel pada 11.1 Periode Rotasi dan Revolusi Planet-Planet

Nama Planet	Jarak ke Matahari (juta km)	Periode Rotasi	Periode Revolusi
Merkurius	57,9	59 hari	88 hari
Venus	108,2	243 hari	225 hari
Bumi	149,6	23 jam 56 menit	365,5 hari
Mars	227,9	24 jam 37 menit	687 hari
Yupiter	778,3	9 jam 50 menit	11,86 tahun
Saturnus	1.427	10 jam 02 menit	29,46 tahun
Uranus	2.870	17 jam	84 tahun
Neptunus	4.497	18 jam 26 menit	165 tahun

**Ayo Kita Pahami**

Pergerakan planet-planet dalam sistem tata surya lebih lanjut dijelaskan oleh Johannes Kepler (1600 M) melalui ketiga Hukum Kepler berikut.

<p>Hukum Kepler I</p> <p>Planet-planet mengorbit matahari dalam lintasan Elips</p>	
<p>Hukum Kepler II</p> <p>Garis hubung matahari dan planet dalam waktu yang sama menyapu luasan yang sama</p>	
<p>Hukum Kepler III</p> <p>Periode revolusi planet bertambah besar seiring dengan pertambahan jaraknya atau</p> $\frac{r^3}{T^2} = \text{konstan}$	

## ✓ Ayo Kita Lakukan

### Model Perbandingan Jarak Komponen Tata Surya

Jarak antara matahari dan planet-planet pada sistem tata surya sangat jauh. Agar lebih mudah memahami perbandingan jarak antarkomponen tata surya, coba kamu mendesain dan membuat model yang dapat mempresentasikan jarak pada sistem tata surya!

#### Apa yang kamu lakukan?

Membuat model jarak komponen tata surya dengan skala yang sebenarnya.

#### Apa yang harus kamu persiapkan?

1. *Meter stik* (alat ukur panjang)
2. Gunting
3. Pensil
4. Benang
5. Kertas catatan



#### Apa yang harus kamu lakukan?

1. Menuliskan langkah kerja untuk membuat model perbandingan jarak komponen tata surya.
2. Menuliskan alat dan bahan yang dibutuhkan untuk melengkapi model perbandingan jarak komponen tata surya.
3. Mendeskripsikan perhitungan jarak yang akan digunakan sebagai skala perbandingan model perbandingan jarak komponen tata surya.
4. Membuat tabel skala perbandingan model perbandingan jarak komponen tata surya.
5. Menuliskan sebuah deskripsi cara pembuatan model perbandingan jarak komponen tata surya.
6. Menjelaskan cara kerja model perbandingan jarak komponen tata surya.

#### Uji coba karya

1. Membandingkan skala jarak yang dibuat oleh teman-temanmu. Mendiskusikan jika terjadi perbedaan skala perbandingan untuk model perbandingan jarak komponen tata surya.
2. Mengkonsultasikan kepada gurumu sebelum mulai merangkai model perbandingan jarak komponen tata surya.

#### Apa yang dapat kalian diskusikan?

1. Jelaskan cara menentukan skala perbandingan jarak antar komponen tata surya!
2. Adakah kemungkinan skala yang kamu buat itu salah? Jelaskan!
3. Berapa panjang benang yang kamu butuhkan jika membuat model perbandingan jarak komponen tata surya dengan skala  $1 \text{ SA} = 2 \text{ m}$ ?
4. Jika jarak bintang terdekat dengan matahari, Proxima Centauri, sekitar 270 000 SA dari matahari, tentukan letak bintang pada model perbandingan jarak komponen tata surya!



### 3. Gerak Bumi dan Bulan

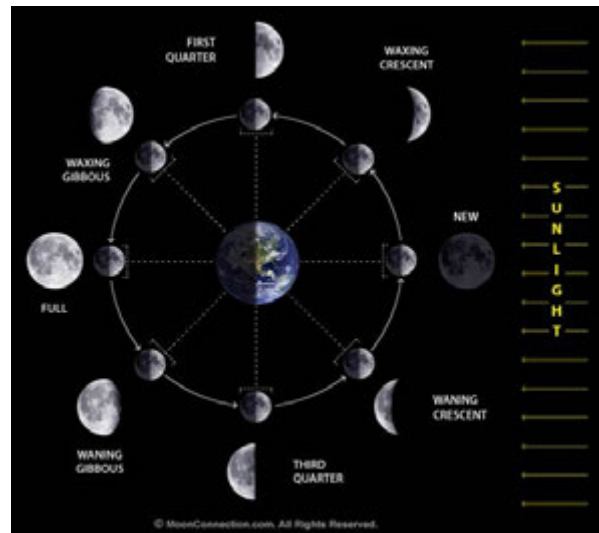
Pernahkah kamu mengamati pergerakan bulan di malam hari? Mengapa wajah bulan selalu berubah dari hari ke hari? Apakah gerak bulan sama seperti gerak matahari? Bagaimana pengaruh gerak bulan dan matahari terhadap bumi?

#### a. Gerhana Bulan dan Gerhana Matahari

Sama seperti bumi, bulan tidak memiliki cahaya. Bulan tampak bersinar terang karena memantulkan cahaya dari matahari. Namun, bagaimana jika cahaya matahari yang akan menuju bulan terhalang oleh bumi?

#### b. Fase Bulan

Gaya gravitasi bulan terhadap bumi mengakibatkan terjadinya pasang surut air laut. Air laut akan pasang saat permukaan bulan atau matahari menghadap langsung ke bumi. Gaya gravitasi bumi terhadap bulan yang lebih besar daripada gaya gravitasi bulan terhadap bumi menyebabkan bulan berevolusi terhadap bumi. Rata-rata waktu yang diperlukan bulan untuk berevolusi terhadap bumi sama dengan rata-rata waktu yang diperlukan bulan untuk berotasi pada sumbunya, yaitu 29 hari hingga 30 hari. Periode revolusi dan periode rotasi yang sama ini mengakibatkan wajah bulan yang menghadap bumi selalu sama.



Gambar 11.32 Fase bulan

Sementara bulan berevolusi terhadap bumi, bumi dan bulan juga bersama-sama berevolusi terhadap matahari. Hal tersebut mengakibatkan perubahan fase bulan setiap harinya. Agar kamu lebih memahami fase-fase bulan, amati Gambar 11.32 dan diskusikan dengan temanmu! Carilah informasi dari berbagai sumber untuk mengisi tabel berikut!

#### Ayo Kita Lakukan

Tabel Hasil Pengamatan Fase Bulan

Fase	Terjadi pada Tanggal	Keterangan
Bulan baru ( <i>New Moon</i> )		Pada fase ini bulan bersinar paling terang karena seluruh permukaan bulan yang menghadap ke bumi mendapat cahaya matahari.
Bulan Sabit Pertama ( <i>Waxing Crescent</i> )		
Kuartir Pertama ( <i>First Quarter</i> )		
Bulan Purnama ( <i>Full Moon</i> )		
Kuartir Ketiga ( <i>Third Quarter</i> )		



Para ahli astronomi mengakui adanya dua jenis bulan, yaitu:

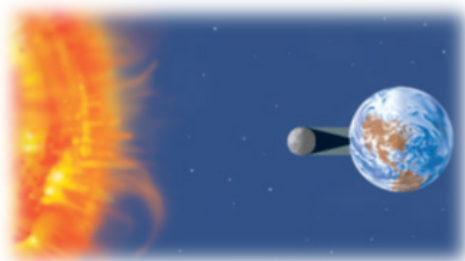
1. Bulan Sinodis, yaitu fase orbit bulan selama 29,5 hari.
2. Bulan Sideris, yaitu fase orbit bulan selama 27,5 hari.

Selain mengakibatkan perubahan fase bulan, revolusi bumi dan bulan terhadap matahari juga mengakibatkan beberapa kejadian langka yang sangat menarik, di antaranya adalah gerhana bulan dan gerhana matahari. Gerhana bulan terjadi ketika bulan, bumi, dan matahari terletak pada garis lurus. Cahaya matahari yang menuju bulan terhalang oleh bumi, sehingga bulan tampak gelap. Gerhana matahari terjadi ketika bumi, bulan, dan matahari terletak pada garis lurus. Cahaya matahari yang menuju bumi terhalang bulan, sehingga bayangan bulan mengakibatkan bagian bumi yang tertutup tersebut menjadi gelap.

## INFO IPA

**Info penting!** Mata dapat menjadi buta jika kamu mengamati peristiwa gerhana Matahari secara langsung dengan menggunakan mata telanjang.

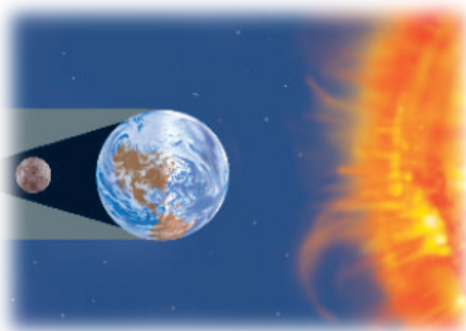
### Ayo Kita Pahami



Gerhana Matahari



Matahari saat terjadi gerhana



Gerhana Bulan



Bulan saat terjadi gerhana

Sumber: Feather, dkk. 2005.

**Gambar 11.33** Gerhana matahari dan gerhana bulan

## 4. Rotasi, Revolusi Bumi, dan Peristiwanya

Bumi merupakan salah satu planet dalam sistem tata surya. Seperti planet-planet yang lain, bumi juga bergerak baik bergerak pada porosnya maupun bergerak mengelilingi matahari. Coba ingat kembali, istilah rotasi dan revolusi. Berapa kala rotasi dan revolusi bumi? Peristiwa apa saja yang diakibatkan oleh rotasi dan revolusi?

Kala revolusi bumi dalam satu kali mengelilingi matahari adalah  $365\frac{1}{4}$  hari. Bumi berevolusi tidak tegak lurus terhadap bidang ekliptika melainkan miring dengan arah yang sama membentuk sudut  $23,5^\circ$  terhadap matahari. Sudut ini diukur dari garis imajiner yang menghubungkan kutub utara dan kutub selatan yang disebut sumbu rotasi. Selain peredaran bumi mengelilingi matahari, bumi juga berputar pada porosnya yang disebut rotasi bumi. Gerak bumi pada porosnya, yaitu dari arah barat ke timur. Waktu yang diperlukan bumi untuk melakukan satu kali rotasi dengan menempuh  $360^\circ$  bujur adalah 24 jam atau persisnya 23 jam 56 menit 4 detik. Selang waktu yang diperlukan satu kali rotasi bumi disebut satu hari bumi. Coba cari informasi berapa hari 'bumi' yang diperlukan Jupiter untuk berotasi? Ada beberapa peristiwa yang diakibatkan oleh rotasi dan revolusi bumi diantaranya yaitu, a) gerak semu harian matahari, b) pergantian siang dan malam, c) perbedaan waktu berbagai tempat di muka bumi, d) perbedaan percepatan gravitasi di permukaan bumi, serta e) fotoperiode.

### a. Gerak Semu Harian Matahari

Bagaimanakah gerakan matahari jika dilihat dari bumi? Matahari selalu terbit di sebelah timur dan tenggelam di sebelah barat. Seperti halnya ketika kamu naik kendaraan baik mobil maupun kereta api, seolah-olah benda-benda di tepi jalan yang bergerak. Padahal yang bergerak adalah kendaraan yang kamu naiki. Hal, seperti itulah gambaran gerak semu benda-benda langit. Maksudnya, gerakan itu bukan disebabkan oleh gerak matahari, tetapi disebabkan oleh rotasi bumi. Gerak yang tidak sebenarnya ini dinamakan gerak semu harian matahari. Mengapa disebut gerak semu harian? Karena kamu dapat mengamatinya setiap hari atau setiap saat. Gerak semu harian matahari ini disebabkan oleh rotasi bumi terhadap sumbunya.

### b. Pergantian Siang dan Malam

Coba kamu pikirkan, mengapa saudara-saudaramu di wilayah Merauke mengalami siang lebih dulu dibandingkan dengan saudaramu yang berada di Sabang? Akibat rotasi, bumi mengalami pergantian siang dan malam. Bagian bumi yang menghadap ke arah matahari ketika berputar pada porosnya akan mengalami siang. Sebaliknya, bagian bumi yang membelakangi matahari akan mengalami malam. Peristiwa ini terjadi secara bergantian, inilah peristiwa siang dan malam. Kamu telah memahami bahwa kala rotasi bumi 24 jam. Coba pikirkan berapa rata-rata panjang siang atau malam berlangsung? Panjang periode siang atau malam hari di khatulistiwa hampir sama sepanjang tahun, yaitu 12 jam. Namun, kadang-kadang ada sedikit perbedaan yaitu panjang siang tidak sama dengan panjang malam. Bila suatu waktu panjang siang lebih panjang dari 12 jam, maka panjang malam hari kurang dari 12 jam. Perbedaan waktu siang dan malam akan menjadi lebih besar pada tempat-tempat yang jauh dari khatulistiwa.

### c. Perbedaan Waktu Berbagai Tempat di Muka Bumi

Kala rotasi bumi memerlukan waktu 24 jam. Satu kali rotasi semua tempat di permukaan bumi putarannya  $360^\circ$  bujur. Berarti setiap derajat bujur ditempuh dalam waktu  $\frac{24 \times 60 \text{ menit}}{360^\circ} = 4 \text{ menit}$ . Hal ini berarti bahwa setiap wilayah yang memiliki perbedaan bujur  $15^\circ$  akan mengalami perbedaan waktu sekitar 1 jam. Jika jaraknya  $30^\circ$ , maka perbedaan waktunya dua jam, dan seterusnya. Angka ini berasal dari pembagian sudut tempuh dengan waktu tempuh ( $360^\circ : 24 = 15^\circ$ ).

Garis bujur  $0^\circ$  melalui kota Greenwich, sehingga waktu pangkal ditetapkan di Greenwich. Jika waktu standar di sebelah barat bujur  $0^\circ$  waktunya dikurangi, sebaliknya di sebelah timur  $0^\circ$  waktunya ditambah. Bujur  $180^\circ$  telah ditetapkan sebagai batas penanggalan internasional (*International Date Line*). Wilayah bumi bagian timur, dari  $0^\circ$  sampai  $180^\circ$  BT, 1 hari lebih awal daripada tanggal di belahan bumi bagian barat, dari  $0^\circ$  sampai  $180^\circ$  BB. Letak batas penanggalan internasional berada di Samudera Pasifik.

Mengapa di Indonesia dikenal ada waktu Indonesia Timur (WIT), Waktu Indonesia Tengah (WITA) dan Waktu Indonesia Barat (WIB)? Waktu Indonesia bagian Barat (WIB) meliputi Sumatera, Jawa, Madura, Kalimantan Barat, dan Kalimantan Tengah; Waktu Indonesia bagian Tengah (WITA) meliputi Sulawesi, Bali, Kalimantan Timur, Kalimantan Selatan, Nusa Tenggara Barat, dan Nusa Tenggara Timur; serta Waktu Indonesia bagian Timur (WIT) yang meliputi kepulauan Maluku dan Papua.

Indonesia terletak di antara  $95^\circ$  BT dan  $141^\circ$  BT. Artinya, panjang wilayah Indonesia adalah  $46^\circ$ . Jika setiap jarak  $15^\circ$  selisih waktunya satu jam, maka Indonesia memiliki tiga daerah waktu. Tiga daerah waktu tersebut, yaitu Waktu Indonesia Barat (WIB), WITA (Waktu Indonesia Tengah), dan WIT (Waktu Indonesia Timur).

Orang-orang yang berada di sebelah timur akan mengalami matahari terbit dan terbenam lebih dahulu. Hal ini dikarenakan bumi berputar dari arah barat ke timur. Daerah yang berada pada sudut  $15$  derajat lebih ke timur akan melihat matahari terbit 1 jam lebih awal. Dengan demikian, jika kamu berada di Nusa Tenggara Barat matahari telah terbit, maka teman kamu yang berada di Jakarta baru melihat matahari terbit satu jam kemudian. Jelasnya, bila di Nusa Tenggara Barat pukul 06.00 WITA, maka di Jakarta baru pukul 05.00 WIB.



Gambar 11.34 Pembagian waktu di wilayah Indonesia

### INFO IPA

Tahukah kamu!

Selain mengakibatkan perbedaan waktu dan gerak semu harian Matahari, rotasi Bumi juga mengakibatkan bentuk bumi pepat pada kutub-kutubnya dan mengembung pada bagian khatulistiwa.

### d. Perbedaan Percepatan Gravitasi di Permukaan Bumi

Rotasi bumi menyebabkan bumi berbentuk tidak bulat sempurna. Bumi pepat di bagian kutubnya. Bentuk ini mengakibatkan jari-jari bumi di daerah kutub dan khatulistiwa berbeda. Perbedaan jari-jari Bumi menimbulkan perbedaan percepatan gravitasi di permukaan bumi. Perbedaan tersebut terutama di daerah khatulistiwa dengan kutub.

### e. Perubahan Musim dan Dampaknya bagi Kehidupan di Bumi

Mengapa musim panas di belahan bumi utara tidak bersamaan dengan musim panas di belahan bumi selatan? Apa yang dimaksud dengan musim? Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi perbedaan musim di berbagai belahan bumi? Bagaimana dampak perubahan musim bagi kehidupan yang ada di bumi?



Gambar 11.35 Gerak semu tahunan matahari

Musim merupakan akibat kemiringan tetap sumbu bumi yang menyebabkan kutub berganti-ganti menghadap matahari. Jika ditinjau dari bumi, perbedaan musim diberbagai belahan bumi terjadi akibat efek dari gerak semu tahunan matahari. Belahan bumi utara dan selatan mengalami empat musim. Empat musim itu adalah musim semi, musim panas, musim gugur, dan musim dingin. Perhatikan Gambar 11.37.



Gambar 11.36 Pemandangan musim gugur

Pada saat matahari tepat berada di atas suatu daerah, maka daerah tersebut akan mengalami musim panas. Namun, jika matahari berada jauh dari suatu daerah, maka daerah tersebut akan mengalami musim dingin. Letak matahari pada tanggal 21 Maret sampai 21 Juni bergerak menuju belahan Bumi Bagian Utara (BBU). Hal ini mengakibatkan belahan bumi utara mengalami musim semi dan siang hari yang lebih lama. Belahan bumi selatan mengalami musim gugur dan siang hari yang lebih pendek daripada malam hari. Pada tanggal 23 September sampai 22 Desember, Matahari bergerak menuju belahan bumi bagian selatan (BBS). Belahan bumi utara mengalami musim gugur dan siang hari lebih pendek daripada malam hari. Belahan bumi selatan mengalami musim semi dan siang hari lebih lama. Tanggal 22 Desember sampai 21 Maret belahan bumi bagian utara mengalami musim dingin, sedangkan belahan bumi bagian selatan mengalami musim panas. Bagian bumi yang terletak antara  $23,5^\circ$  lintang utara dan  $23,5^\circ$  lintang selatan (daerah tropis) tidak mengalami pergantian musim. Daerah tropis, seperti Indonesia, mendapatkan cahaya matahari di sepanjang tahun.



Gambar 11.37 Pemandangan musim panas dan musim salju

## ✓ Ayo Kita Lakukan

Bacalah teks perubahan musim dan dampaknya bagi kehidupan di bumi. Kemudian selesaikan tabel di bawah ini.

BBU		BBS	
Musim	Waktu	Musim	Waktu
Musim semi	21 Maret–21 Juni	Musim semi	23 September–22 Desember
Musim panas	.....	Musim panas	.....
Musim gugur	.....	Musim gugur	.....
Musim Dingin	.....	Musim Dingin	.....

### Pertanyaan

1. Identifikasi negara-negara yang ada di belahan bumi utara (BBU), dan negara-negara yang ada di belahan bumi selatan (BBS).
2. Bila negara-negara bagian di Australia mengalami musim gugur, bagaimanakah Negara-negara bagian di Amerika Serikat?
3. Indonesia berada di belahan bumi sebelah mana? Berapa musim yang terjadi di Indonesia? Beri alasan!

## f. Fotoperiode

Periodisitas radiasi Matahari merupakan lamanya matahari memancarkan sinarnya ke permukaan bumi dalam kurun waktu 24 jam. Adanya rotasi dan revolusi bumi akan mempengaruhi lamanya periode siang dan malam di berbagai tempat di bumi. Panjang hari dapat berbeda pada setiap tempat menurut garis lintang. Daerah di dekat equator, panjang hari antara siang dan malam sekitar 12 jam per harinya. Namun, untuk daerah yang semakin jauh dari equator panjang hari dapat lebih atau kurang dari 12 jam sesuai dengan pergerakan matahari.

Salah satu dampak perbedaan panjang siang dan malam dalam kehidupan sehari-hari dapat kamu lihat pada tumbuhan di sekitarmu. Apakah kamu setiap saat sepanjang tahun dapat menikmati buah kesukaan? Tidak semua buah dan bunga dapat kamu temukan sepanjang tahun, bukan? Hal tersebut dapat terjadi karena lamanya periode penyinaran matahari (**fotoperiode**) dapat mempengaruhi lamanya fase-fase suatu perkembangan tanaman tertentu.

Di Indonesia, panjang hari tidak banyak berbeda dari bulan ke bulan selama satu tahun, perbedaan hari terpanjang dan terpendek hanya 50 menit. Semakin jauh dari equator perbedaan panjang hari akan semakin besar. Dengan demikian pengaruh panjang hari terhadap tanaman juga jarang ditemui di daerah tropis.

Fase-fase perkembangan yang dapat dipengaruhi oleh fotoperiode diantaranya adalah perkecambahan, pertumbuhan vegetatif, dan fase perbungaan. Respon fisiologis tanaman terhadap panjang siang relatif dan panjang malam relatif disebut *fotoperiodisme*. Berdasarkan fenomena tersebut, beberapa tanaman membutuhkan lama penyinaran yang berbeda untuk mendorong fase-fase perkembangannya. Berdasarkan respon tumbuhan terhadap fotoperiode tersebut, tumbuhan dibagi menjadi tiga golongan, yaitu sebagai berikut.



### 1) Tumbuhan Hari Panjang

Tumbuhan ini merupakan tumbuhan yang menunjukkan respon berbunga lebih cepat, apabila siang hari lebih panjang. Batas waktu kritis penyinaran tumbuhan harinya panjang adalah sekitar 12-14 jam. Contoh, bayam berbunga jika siang hari berlangsung selama 14 jam atau lebih. Lobak, selada, dan kebanyakan tumbuhan sereal merupakan contoh tumbuhan hari panjang.

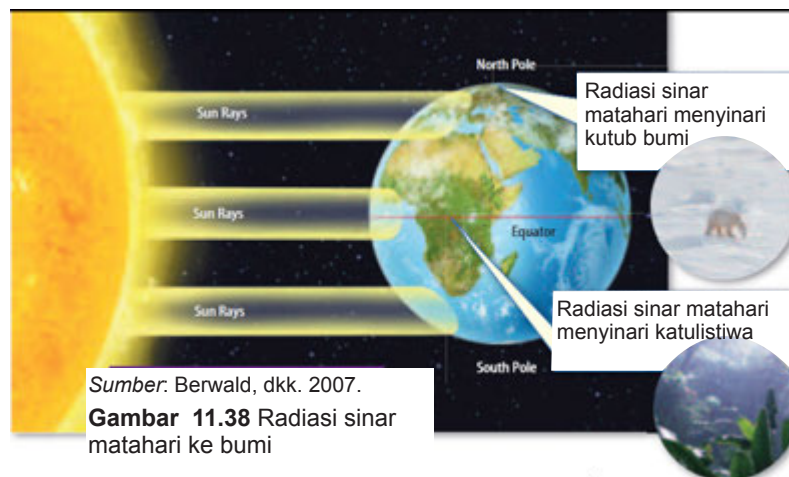
### 2) Tumbuhan Hari Pendek

Tumbuhan ini merupakan tumbuhan yang menunjukkan respon berbunga lebih cepat, apabila siang hari lebih pendek. Batas waktu kritis penyinaran tumbuhanhari pendek sekitar 11-15 jam. Contoh tumbuhan hari pendek antara lain krisantemum, dan beberapa varietas kedelai.

### 3) Tumbuhan Hari Netral

Tumbuhan ini merupakan tumbuhan yang respon berbunganya tidak dipengaruhi oleh panjang hari. Tanaman-tanaman yang ada di daerah tropis yang mengalami 12 jam siang dan 12 jam malam dapat berbunga terus-menerus sepanjang tahun. Misalnya, tomat, padi, dan delion tidak terpengaruh oleh adanya fotoperiode dan berbunga ketika tanaman mencapai tahap kematangan tertentu, dan tidak peduli seberapa panjang siang harinya tersebut.

## 5. Pengaruh Radiasi Matahari terhadap Kehidupan di Bumi



Bentuk bumi yang bulat mengakibatkan tidak meratanya cahaya matahari yang diterima di berbagai belahan bumi. Perhatikan Gambar 11.38. Cahaya matahari yang diterima di belahan bumi utara dan selatan lebih sedikit dibandingkan dengan bagian equator. Hal tersebut mempengaruhi adaptasi makhluk hidup pada masing-masing belahan bumi. Di kutub, hewan yang hidup memiliki ciri berbulu tebal. Bulu tebal tersebut membantu hewan untuk mempertahankan diri di cuaca dingin. Di daerah equator, hewan yang hidup memiliki ciri berambut tipis. Bulu tipis ini berguna untuk mempermudah penguapan cairan tubuh hewan akibat cuaca panas.

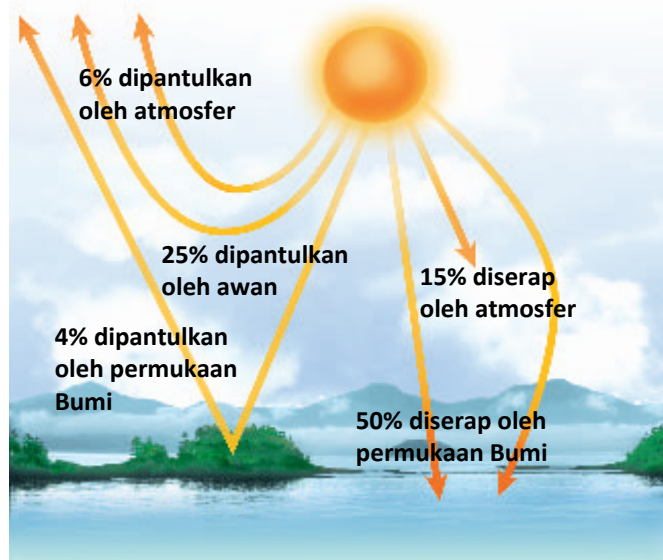


## ✓ Ayo Kita Pahami

Mengapa kehidupan hanya dapat berkembang di Bumi? Mengapa tidak ada kehidupan di Mars atau Venus?

Atmosfer bumi memiliki karakteristik yang unik. Tidak semua cahaya matahari yang diradiasikan ke bumi diserap. Perhatikan Gambar 11.39. Sebagian radiasi tersebut tampak dipantulkan kembali ke luar angkasa. Hal inilah yang menjaga suhu bumi tetap stabil dan ramah bagi kehidupan yang ada di bumi.

Salah satu alasan mengapa tidak ada kehidupan di Mars karena atmosfer Mars yang terlalu tipis untuk menahan radiasi sinar matahari. Suhu di permukaan Mars berkisar antara 35-170°C. Sementara itu, di Venus tidak ada kehidupan karena faktor efek rumah kaca atmosfer Venus. Venus memiliki suhu permukaan yang sangat tinggi akibat kandungan CO<sub>2</sub> pada atmosfernya. Tidak heran apabila pada suhu 470°C tersebut, kehidupan di Venus akan terbakar.



Gambar 11.39 Radiasi sinar matahari ke bumi

Setelah mempelajari bab sistem tata surya dan kehidupan di bumi, patut kiranya kamu mengagumi dan mensyukuri betapa indah serta sangat beragam ciptaan Tuhan. Selain itu, Tuhan juga telah mengatur sedemikian rupa seluruh sistem yang ada di alam semesta, sehingga terdapat keseimbangan kehidupan. Bayangkan jika bumi tidak berputar pada porosnya, bagaimana kehidupan di permukaan bumi yang menghadap matahari atau mengalami siang hari selamanya? Atau sebaliknya yang terjadi pada permukaan bumi yang membelakangi matahari atau mengalami malam hari selamanya?

### Refleksi

Materi mengenai tata surya dan kehidupan di bumi telah mengajak kamu untuk sedikit menjelajahi alam semesta yang kita di huni saat ini. Kamu telah mengetahui berbagai jenis bintang yang dapat planet yang tidak pernah bertukar antara satu planet dengan planet lainnya, bulan dan satelit-satelit lainnya yang teratur mengelilingi planet-planet, dan benda-benda langit lainnya yang terus bertambah jenisnya sejalan dengan berkembangnya teknologi penjelajahan luar angkasa. Betapa luas dan luar biasanya sistem tata surya, bukan? Hanya Tuhan yang mampu menciptakan keajaiban yang luar biasa ini dan mengatur segala sesuatunya berjalan sesuai ketentuan-Nya.

Salah satu anugerah Tuhan yang sangat indah adalah bumi yang di huni manusia. Bumi memiliki daratan, lautan, lapisan ozon, dan oksigen yang menjadikan bumi dapat dihuni oleh manusia dan berbagai jenis organisme hidup lainnya. Sampai saat ini belum ditemukan planet lain yang memiliki fasilitas bagi kehidupan makhluk hidup sebaik planet bumi. Sebagai manusia yang diberi kesempatan untuk menghuni planet bumi, sudah seharusnya kita mensyukuri nikmat Tuhan ini dengan menjaga alam sekitar dengan baik. Sudahkah kamu berpartisipasi dalam upaya pelestarian alam? Bagaimanakah cara kamu menjaga kelestarian alam?



## Info Ilmuwan

Tahukah kalian, Al-Kindi (804-874 M) adalah seorang filsuf yang memberikan sumbangan tidak ternilai terhadap perkembangan matematika, astrologi, astronomi, fisika, optik, musik, pengobatan, farmasi, filsafat, dan logika. Al-Kindi sangat berjasa dalam bidang pengamatan posisi bintang, planet, letak, dan dampaknya terhadap bumi. Salah satu penemuannya yang sangat menakjubkan adalah hipotesisnya tentang pasang dan surut air. Di bidang fisika, Al-Kindi adalah orang yang pertama kali membuat tesis bahwa warna biru langit bukanlah warna langit itu sendiri, melainkan warna dari pantulan cahaya lain yang berasal dari penguapan air dan butir-butir debu yang bergantung di udara. Ilmuwan lain, Al-Battani (850-922 M), ahli astronom, telah mengetahui jarak bumi hingga matahari, membuat alat ukur gaya gravitasi, alat ukur garis lintang dan busur bumi pada globe dengan ketelitian sampai 3 desimal, menerangkan bahwa bumi berputar pada porosnya, mengukur keliling bumi, tabel astronomi, orbit planet-planet. Beliau juga yang menentukan tahun matahari sebagai 365 hari, 5 jam, 46 menit, dan 24 detik. Al-Zarqali (1028-1087 M), seorang pakar astronomi, ahli membuat alat untuk penggunaan astronomi, dan membangun sebuah jam air yang mampu menentukan jam siang. Al-Idrisi (1099-1166 M) adalah seorang pakar sains yang membuat peta bola perak dengan membagi dunia menjadi tujuh kontinen, lajur perdagangan, teluk, tasik, sungai, bandar-bandar besar, bukit dan lembah serta gunung-gunung. Beliau mencatat jarak dan ketinggian sesuatu tempat dengan tepat dan menggunakan garis lintang dan garis bujur yang diperkenalkan pada peta sebelumnya. Hasil kerjanya digunakan oleh ilmuwan Eropa termasuk Christopher Columbus. Barulah kemudian, Nicolaus Copernicus (1473-1543 M) menggambarkan bumi berbentuk bulat dan bersama-sama dengan planet lain mengorbit pada matahari dengan bentuk orbit lingkaran (teori heliosentris). Copernicus berdasarkan atas hasil karya Ibnu Qatir yang mempelajari gerak melingkar planet Merkurius mengelilingi matahari. Johannes Kepler (1571-1630 M) menggambarkan bumi berbentuk bulat, dan bumi bersama planet lain mengorbit pada matahari, dan bentuk orbitnya elips di mana matahari berada di salah satu titik pusat elips tersebut.

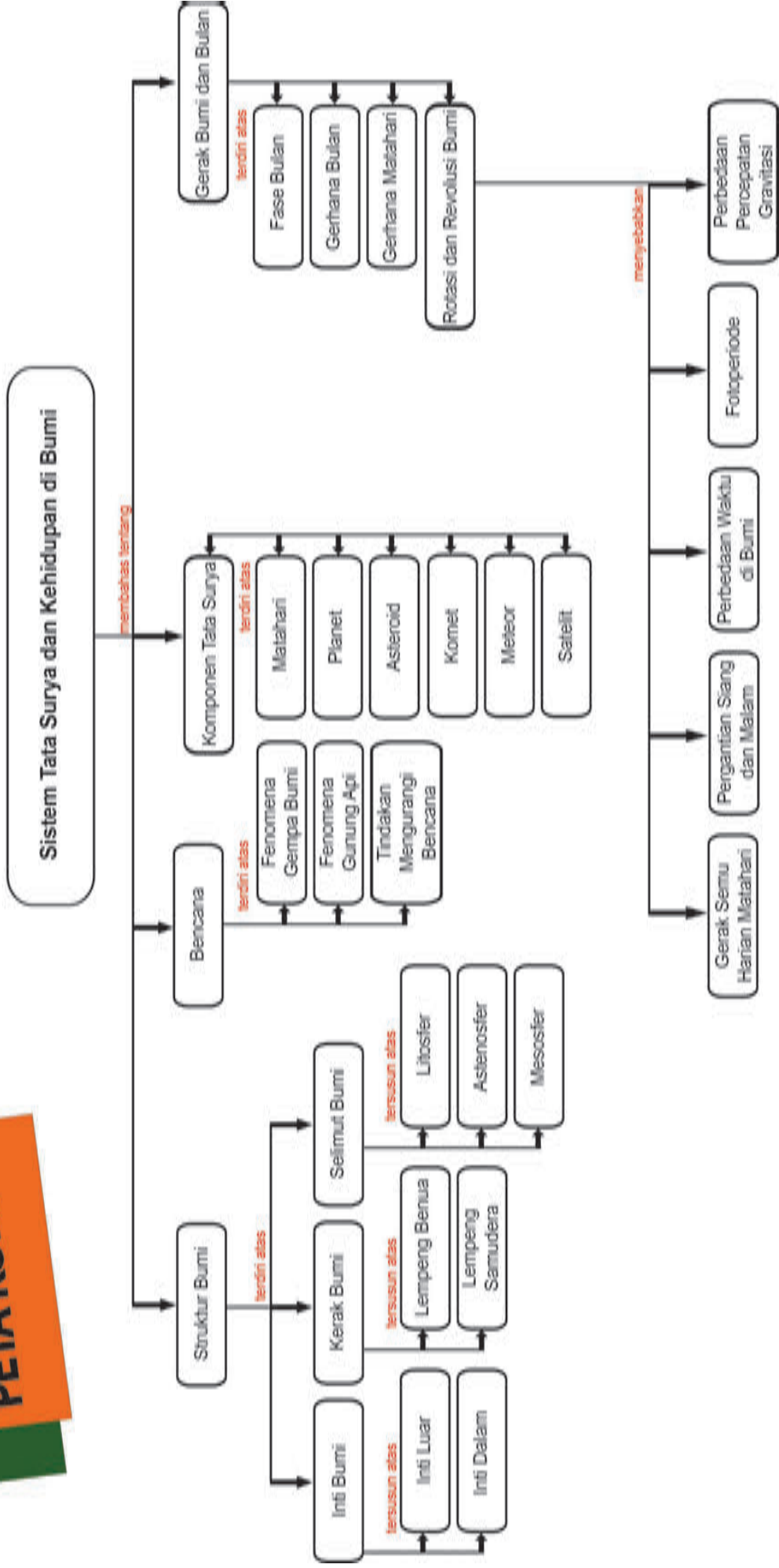


## Rangkuman

1. Lapisan bumi terdiri atas inti, selimut, dan kerak.
2. Gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi dari dalam bumi. Terjadinya perubahan energi panas yang menyebabkan pergolakan inti bumi menjadi energi kinetik yang mampu menekan dan menggerakkan lempeng-lempeng bumi.
3. Erupsi adalah letusan yang mengakibatkan keluarnya material gunung api yang berupa gas, debu, aliran lava, dan fragmen batuan.
4. Tindakan yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak dari terjadinya letusan gunung berapi dan gempa Bumi adalah  
1) mencari tahu sistem pengamanan yang berlaku, 2) mewaspadaai bahaya yang menyertai letusan gunung berapi, 3) melakukan perencanaan evakuasi, serta 4) selalu menyimpan nomor-nomor telepon lembaga tanggap darurat.
5. Komponen tata surya terdiri atas matahari, Merkurius, Venus, bumi, Mars, Yupiter, Saturnus, Uranus, Neptunus, komet, asteroid, satelit, dan planet-planet kerdil.

6. Kemiringan sudut bumi saat berotasi dan paparan radiasi matahari mengakibatkan terjadinya variasi musim di berbagai belahan bumi.
7. Ada beberapa peristiwa yang diakibatkan rotasi dan revolusi bumi diantaranya a) gerak semu harian matahari, b) pergantian siang dan malam, c) perbedaan waktu berbagai tempat di muka bumi, d) perbedaan percepatan gravitasi di permukaan bumi, e) fotoperiode.
8. Salah satu dampak perbedaan panjang siang dan malam dalam kehidupan sehari-hari dapat dilihat pada tumbuhan di sekitarmu. Tidak semua buah dan bunga dapat kamu temukan sepanjang tahun karena lamanya periode penyinaran matahari (fotoperiode) dapat mempengaruhi lamanya fase-fase suatu perkembangan tanaman tertentu. Berdasarkan respon tumbuhan terhadap fotoperiode tersebut, tumbuhan dibagi menjadi tiga golongan, yaitu tumbuhan hari panjang, tumbuhan hari pendek, dan tumbuhan hari netral.
9. Tumbuhan hari panjang adalah tumbuhan yang menunjukkan respon berbunga lebih cepat bila siang hari lebih panjang.
10. Tumbuhan hari pendek adalah tumbuhan yang menunjukkan respon berbunga lebih cepat bila siang hari lebih pendek.
11. Tumbuhan hari netral adalah tumbuhan yang respon berbunganya tidak dipengaruhi oleh panjang hari.

# PETA KONSEP





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

1. Matahari sebagai pusat tata surya, memiliki karakteristik...
  - a. memiliki medan gravitasi yang paling besar
  - b. memiliki lapisan inti, selimut, dan kerak
  - c. dikelilingi sabuk asteroid
  - d. memantulkan cahaya dari bintang
2. Lapisan Bumi tersusun atas....
  - a. inti, koma, ekor debu, dan ekor ion
  - b. inti, selimut, dan kerak
  - c. tanah, air, api, dan batuan
  - d. inti, fotosfer, korona, dan kromosfer
3. Permukaan Bulan yang selalu menghadap Bumi selalu sama. Hal tersebut disebabkan karena....
  - a. bulan dan bumi sama-sama mengelilingi matahari
  - b. periode rotasi dan revolusi bulan terhadap bumi sama
  - c. bulan adalah satu-satunya satelit yang dimiliki oleh bumi
  - d. jarak bulan yang dekat dengan bumi
4. Planet dalam tata surya yang memiliki jumlah satelit terbanyak adalah...
  - a. neptunus
  - b. saturnus
  - c. uranus
  - d. yupiter
5. Asteroid adalah benda langit yang letaknya diantara planet..... dan ....
  - a. Bumi – Mars
  - b. Mars – Yupiter
  - c. Yupiter – Saturnus
  - d. Saturnus – Uranus
6. Matahari meradiasikan berbagai jenis sinar dengan panjang gelombang yang bervariasi. Salah satu jenis sinar yang dimanfaatkan tumbuhan untuk melakukan fotosintesis adalah...
  - a. Ultraviolet
  - b. Infrared
  - c. Cahaya tampak
  - d. Sinar x
7. Pernyataan berikut yang bukan merupakan akibat dari revolusi Bumi terhadap Matahari adalah...
  - a. perbedaan lamanya waktu siang dan malam
  - b. perubahan rasi bintang
  - c. perubahan musim
  - d. terjadinya siang dan malam
8. Periode revolusi Bulan terhadap Matahari adalah....
  - a. 24 jam
  - b. 29.5 hari
  - c. 365.25 hari
  - d. tidak dapat ditentukan
9. Dampak buruk yang dapat terjadi apabila kamu melihat peristiwa gerhana Matahari secara langsung adalah...
  - a. kulit terbakar



- b. membutakan mata
  - c. badan menjadi demam
  - d. terserang virus berbahaya
10. Pernyataan berikut ini yang menggambarkan dampak perubahan musim yang terjadi di daerah tropis adalah....
- a. bunga tulip yang mekar pada musim kemarau
  - b. daun jati yang meranggas pada musim kemarau
  - c. bawang putih tumbuh subur di pesisir pantai Jawa
  - d. tanaman teh hanya dapat tumbuh di dataran rendah

**B. Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan tepat !**

1. Uraikan berbagai fakta yang mendukung ketidakmungkinan berlangsungnya kehidupan di planet Merkurius, Venus, Mars, Yupiter, Saturnus, Uranus, dan Neptunus!
2. Jelaskan isi dari hukum Kepler 1, 2, dan 3!
3. Salah satu sinar yang diradiasikan oleh matahari adalah sinar ultraviolet. Jelaskan dampak sinar ultraviolet bagi kehidupan di bumi, khususnya manusia!
4. Gambarkan sketsa terjadinya gerhana matahari dan gerhana bulan!
5. Mengapa jarang ada tanaman yang tumbuh di daerah kutub?
6. Kota A di Indonesia berada pada 1050 BT dan kota B berada pada 1350BT. Bila di kota A menunjukkan pukul 05.30, pukul berapakah di kota B? Berada di daerah waktu Indonesia manakah kota B?
7. Jelaskan karakteristik anggota tata surya berikut: matahari, bumi, bulan, dalam hal:
  - a. Ukuran
  - b. Struktur
  - c. Gaya gravitasi
  - d. Orbit
  - e. Gerakan
8. Bagaimana pengaruh radiasi matahari terhadap kehidupan di bumi? Jelaskan jawaban kalian.
9. Jelaskan dengan bahasamu sendiri, bagaimana terjadinya perubahan siang dan malam!
10. Apakah perubahan musim menimbulkan dampak bagi kehidupan di bumi? Jelaskan jawaban kalian!



**Tugas Proyek**

**Bagaimana Karakteristik Komponen Tata Surya**

Kamu telah mempelajari materi tentang sistem tata surya dan kehidupan di bumi. Bersama kelompokmu, lakukan penelusuran informasi tentang karakteristik komponen tata surya. Kumpulkan gambar dan hasil-hasil informasi yang kamu peroleh dari berbagai sumber informasi. Lakukan pengamatan terhadap hasil-hasil yang kamu peroleh, dan buatlah kliping. Sajikan hasil kerjamu di depan kelas dan bandingkan dengan kelompok lain teman-temanmu.

## GLOSARIUM

### A

**absorpsi** proses penyerapan.

**adhesi** gaya tarik-menarik antar molekul yang sama.

**akar** organ tumbuhan vaskuler yang berperan menyerap air dan mineral dari dalam tanah.

**alveolus, alveoli** struktur anatomi yang memiliki bentuk berongga; yang terdapat pada parenkim paru-paru, yang merupakan ujung dari saluran pernapasan, dan merupakan tempat pertukaran udara.

**amplitudo** simpangan maksimum.

**anatomi** struktur suatu organisme, ilmu yang mempelajari struktur organisme.

**arteri** pembuluh yang membawa darah keluar dari jantung ke organ-organ di seluruh tubuh.

**arteri renal** pembuluh darah yang mengalirkan darah dari ginjal.

**astenosfer** lapisan yang terletak di bawah litosfer.

**asteroid** benda langit yang lintasannya berada di antara planet.

**atmosfer** lapisan bumi.

### B

**batang** organ tumbuhan vaskuler yang terdiri atas sistem nodus dan internodus yang silih berganti.

**batuan basalt** batuan beku ekstrusif, terbentuk dari solidifikasi magma yang terjadi di permukaan bumi.

**batuan granit** jenis batuan intrusif yang digunakan sebagai batuan konstruksi.

**batuan peridotit** batuan beku ultra basa plutonik.

**bayangan maya** bayangan yang tidak dapat ditangkap oleh layar.

**bayang-bayang** daerah gelap yang terbentuk pada saat benda menghalangi cahaya yang mengenai suatu permukaan.

**bernapas** pertukaran udara pada paru-paru melalui mekanisme inhalasi dan ekshalasi.

**bronkiolus** percabangan dari bronkus pada batang tenggorok manusia.

**bronkus (jamak, bronki)** satu dari sepasang saluran pernapasan yang bercabang dari trakea menuju ke dalam paru-paru.

**buta warna** kelainan pada mata yang tidak dapat mengidentifikasi perbedaan warna.

### C

**cermin** kaca bening yang salah satu mukanya dapat memperlihatkan bayangan benda.

### D

**darah** cairan yang terdapat pada semua makhluk hidup (kecuali tumbuhan dan makhluk hidup uniseluler) yang berfungsi mengirimkan zat-zat dan oksigen yang dibutuhkan oleh jaringan tubuh, mengangkut bahan-bahan kimia hasil metabolisme, dan juga sebagai pertahanan tubuh terhadap virus atau bakteri.

**daun** organ fotosintetik utama dari tumbuhan vaskuler.

**defekasi** proses pengeluaran sisa pencernaan.

**denyut jantung** detak jantung, debaran yang dikeluarkan oleh jantung dan akibat aliran darah melalui jantung.

**diafragma** lapisan otot yang membentuk dinding bawah dari rongga dada mamalia.

**diastol** tahapan siklus jantung ketika sebuah ruang jantung berelaksasi dan terisi oleh darah.

**difusi** pergerakan spontan zat mengikuti gradien konsentrasinya, dari daerah yang konsentrasinya lebih tinggi ke daerah yang konsentrasinya lebih rendah.  
**dikotil** tumbuhan berbunga yang memiliki dua daun lembaga, dan dua kotiledon.

## E

**ekolokasi** sonar yang digunakan oleh beberapa jenis binatang sebagai alat navigasi dan berburu.

**ekskresi** pengeluaran sisa metabolisme.

**empedu** zat yang dihasilkan oleh organ hati yang membantu proses pencernaan dan penyerapan lemak.

**emulsi** kondisi lemak yang larut dalam air.

**endotelim** lapisan sel pipih sederhana yang melapisi lumen pembuluh darah.

**energi** kemampuan untuk melakukan kerja.

**enzim** molekul protein kompleks yang berperan mempercepat reaksi dalam tubuh.

**epidermis** sistem jaringan dermis tumbuhan tak berkayu, biasanya terdiri atas selapis tunggal sel-sel yang tersusun rapat.

**eritrosit** sel darah yang mengandung hemoglobin, yang mengangkut oksigen, disebut juga sel darah merah.

**erupsi** letusan yang mengakibatkan keluarnya material gunung api yang berupa gas, debu, aliran lava, dan fragmen batuan.

## F

**fibrin** bentuk teraktivasi dari protein penggumpalan darah, fibrinogen. fibrin beragregasi menjadi benang-benang yang membentuk gumpalan darah.

**filtrasi** penyaringan air dan zat-zat terlarut.

**filtrat** cairan bebas sel yang dikeluarkan oleh sistem ekskresi.

**fisiologi** salah satu dari cabang biologi yang mempelajari berlangsungnya sistem kehidupan.

**floem** jaringan tumbuhan vaskuler yang terdiri atas sel-sel hidup yang tersusun menjadi saluran-saluran memanjang yang mengangkut gula dan nutrien organik lain ke seluruh bagian tumbuhan.

**fotosintesis** proses kimia yang menggunakan cahaya matahari, karbondioksida, dan air untuk menghasilkan glukosa dan oksigen.

**frekuensi** banyaknya getaran atau gelombang per satuan waktu.

## G

**gaung** bunyi pantul yang hanya sebagian terdengar bersama-sama dengan bunyi asli sehingga bunyi asli terdengar tidak jelas/ mengganggu.

**gelombang** getaran yang merambat.

**gelombang longitudinal** gelombang yang arah rambatnya tegak lurus dengan arah getarnya.

**gelombang transversal** gelombang yang arah rambatnya sejajar dengan arah getarnya.

**gema** bunyi pantul yang terdengar setelah bunyi asli.

**getaran** gerak bolak-balik benda secara teratur melalui titik kesetimbangan.

**gps (*global positioning system*)** bentuk perangkat yang menginformasikan letak, kecepatan, arah, dan waktu secara akurat.

## H

**hemofilia** kelainan genetik pada darah yang disebabkan adanya kekurangan faktor pembekuan darah; ditandai terjadinya perdarahan yang berlebihan pada bagian tubuh yang terluka.

**hemoglobin** protein yang mengandung besi dalam sel darah merah yang berikatan dengan oksigen.

**hipermetropi** kelainan pada mata yang ditandai dengan tidak dapat melihat benda yang berada pada jarak dekat karena bayangan terbentuk di belakang retina dapat ditolong dengan lensa cembung.

**hormon adh** adh (*antidiuretic hormone*) hormon yang sering dikenal dengan vasopresin yang dihasilkan oleh hipotalamus yang mendorong penyerapan air pada ginjal.

**hukum pascal** prinsip tekanan pada zat cair yang dikenal yang menyatakan bahwa tekanan yang diberikan pada zat cair di dalam ruangan tertutup diteruskan ke segala arah dan sama besar.

## I

**inkus** tulang landasan; tulang kedua dari tiga tulang pada telinga tengah.

**iris** bagian mata yang mengelilingi pupil; terletak di belakang kornea.

## J

**jaringan** kelompok sel yang terintegrasi dengan kesamaan fungsi, struktur, atau keduanya.

**jaringan adiposa** jaringan ikat yang membungkus tubuh dan berperan sebagai cadangan bahan bakar, mengandung sel-sel penyimpan lemak yang disebut sel-sel adiposa.

**jaringan vaskuler** jaringan tumbuhan yang terdiri atas sel-sel yang bergabung membentuk saluran yang mengangkut air dan nutrien ke seluruh bagian tumbuhan.

**jendela oval** celah yang tertutup membran pada tulang tengkorak tempat gelombang suara yang diteruskan dari telinga tengah ke telinga dalam.

## K

**kandung empedu** organ tubuh yang menyimpan cairan empedu.

**kandung kemih** kantong tempat penyimpanan urin.

**kanker** penyakit yang terjadi karena pembelahan sel yang tidak terkendali.

**kapiler** pembuluh darah mikroskopik yang menembus jaringan-jaringan dan terdiri dari selapis sel endotelium yang memungkinkan terjadinya pertukaran antara darah dan cairan interstisial.

**kelenjar** jaringan khusus dalam tubuh atau pada permukaan, berfungsi sebagai pembentuk zat atau cairan tertentu, disalurkan ke dalam jaringan lain atau dikeluarkan dari tubuh; contoh: kelenjar empedu, kelenjar keringat.

**keringat** sisa ekskresi yang dikeluarkan melalui kulit.

**kerongkongan** bagian tubuh berupa saluran dari mulut ke perut.

**kohesi** gaya tarik-menarik antar molekul yang sama.

**koklea** organ pendengaran yang mengandung organ korti.

**kolesterol** molekul lemak yang ditemukan pada membran sel dan disirkulasikan dalam plasma darah.

**komet** benda langit yang terbentuk dari gumpalan es dan berevolusi terhadap matahari dengan lintasan lonjong.

**kornea** bagian mata yang transparan pada sklera, yang memungkinkan cahaya masuk ke mata manusia.

## L

**lapisan koroid** lapisan tengah mata yang membentuk iris.

**lapisan sklera** lapisan luar mata yang membentuk kornea.

**lava** cairan larutan magma pijar yang mengalir keluar dari dalam bumi melalui kawah gunung berapi.

**litosfer** lapisan terluar planet.

**lup** alat optik untuk melihat benda yang berukuran kecil.

## M

**magma** batu-batuan cair yang terletak di dalam kamar magma di bawah permukaan bumi.

**maleus** tulang martil; tulang pertama dari ketiga tulang pada telinga tengah.

**mata majemuk** mata serangga yang terdiri atas beberapa omatidia.

**mesosfer** lapisan udara ketiga, dimana suhu atmosfer akan berkurang dengan pertambahan ketinggian hingga ke lapisan keempat, yaitu termosfer.

**metabolisme** keseluruhan reaksi kimia suatu organisme, terdiri atas jalur katabolik dan jalur anabolik yang mengatur material dan sumber energi sel.

**meteorit** benda langit yang bergerak melintasi atmosfer bumi.

**mikroskop** alat optik untuk melihat benda yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang/ benda ukuran mikroskopis.

**miopi** gangguan pada mata yang menyebabkan mata; tidak dapat melihat benda yang berada pada jarak jauh karena bayangan terbentuk di depan retina; dapat ditolong dengan lensa cekung.

## N

**nada** bunyi yang memiliki frekuensi getaran teratur.

**nefron** saluran ekskresi yang berbentuk tabung pada vertebrata.

**nutrisi** proses pemberian makan atau mendapat makanan yaitu makanan yang mengandung gizi.

## O

**organ korti** organ pendengaran aktual telinga, terletak di dasar saluran koklea pada telinga dalam, mengandung sel-sel reseptor telinga.

**organ** pusat terspesialisasi dari fungsi tubuh yang tersusun atas beberapa jenis jaringan berbeda.

**osmosis** perpindahan air (zat pelarut) yang melalui membran yang permeabel selektif dari konsentrasi rendah ke konsentrasi tinggi

**otak** organ sistem syaraf pusat tempat informasi diolah dan diintegrasikan.

## P

**pelvis renalis** ruang berbentuk corong yang menerima filtrat hasil olahan dari saluran pengumpul ginjal vertebrata dan mengalirkan isinya ke ureter.

**pemantulan baur** peristiwa terjadinya pemantulan cahaya dengan keadaan sinar datang dipantulkan oleh permukaan dengan arah yang tidak teratur dan disebabkan oleh permukaan yang kasar dan tidak rata.

**pemantulan teratur** peristiwa terjadinya pemantulan cahaya dengan keadaan sinar datang dipantulkan dengan arah yang teratur dan terjadi karena permukaan benda halus dan licin.

**pembiasan cahaya** peristiwa pembelokan atau perubahan arah rambat cahaya karena melauai batas dua medium yang berbeda kerapatannya.

**periode** waktu yang diperlukan dalam satu getaran atau gelombang.



**pertukaran gas** pengambilan molekul oksigen dari lingkungan dan pelepasan karbondioksida ke lingkungan.

**planet** benda langit yang bergerak mengitari bintang dan memiliki orbital tertentu.

**pupil** bukaan iris yang melewatkan cahaya ke bagian dalam mata. otot di iris meregulasi ukuran pupil.

## R

**rambut akar** penjuruan kecil sel epidermis akar, tumbuh tepat di belakang tudung akar dan meningkatkan luas permukaan untuk penyerapan air dan mineral.

**reabsorpsi** penyerapan kembali zat terlarut.

**resonansi** peristiwa ikut bergetarnya suatu benda akibat bergetarnya benda lain.

**retina** lapisan terdalam dari mata yang mengandung sel-sel fotoreseptor (sel batang dan sel kerucut) dan neuron.

**revolusi** gerak planet mengelilingi planet lainnya.

**rodopsin** pigmen penglihatan yang tersusun atas retina dan opsin.

**rotasi** gerak benda terhadap sumbu putarnya.

## S

**saliva** air liur.

**saluran pengumpul** bagian ginjal tempat penampungan sementara urin.

**sel** bagian terkecil dari makhluk hidup.

**sel kerucut** sel pada retina mata berbentuk kerucut dan sensitif terhadap warna.

**sistem kardiovaskuler** sistem sirkulasi tertutup dengan sebuah jantung dan jejaring bercabang-cabang yang terdiri atas arteri, kapiler, dan vena.

**sistem sonar** *sound navigation and ranging*; metode penggunaan gelombang ultrasonik untuk menaksir ukuran, bentuk, dan kedalaman benda-benda.

**sistol** tahap siklus jantung ketika ruang jantung berkontraksi dan memompa darah.

**sitoplasma** bagian sel yang terbungkus membran sel.

**sklera** lapisan luar pada mata yang berwarna putih dan keras, terbuat dari jaringan ikat yang membentuk bola di sekeliling mata.

**sphygmomanometer** alat untuk mengukur tekanan darah.

**suhu** ukuran kuantitatif terhadap temperatur.

## T

**tekanan turgor** tekanan yang disebabkan oleh masuknya air ke dalam sel.

**teleskop** alat optik untuk melihat benda jauh.

**termometer** alat pengukur suhu.

**tubulus distal** bagian nefron yang menyaring filtrat dan menyalurkannya ke dalam saluran pengumpul.

**tubulus proksimal** bagian nefron yang terletak di bawah kapsula bowman yang mengangkut dan membantu menyaring kembali filtrat.

**ultrasonik** bunyi dengan frekuensi lebih dari 20.000 hz.

**urea** zat buangan mengandung nitrogen yang larut dalam air, dihasilkan dalam hati oleh siklus metabolik yang mengombinasikan amoniak dan karbondioksida.

**ureter** saluran dari ginjal ke kandung kemih.

**uretra** saluran yang melepas urin dari tubuh mamalia, berperan sebagai saluran keluar untuk urin dari kandung kemih.

**urine** sisa ekskresi yang dikeluarkan melalui ginjal.

## **V**

**vena renal** pembuluh darah yang mengangkut darah meninggalkan ginjal.

**vertex** titik pada permukaancermin

**vulkanik** bentang alam yang pembentukannya dikontrol oleh proses keluarnya magma dari dalam bumi.

## **W**

**warna bunyi** gabungan gelombang bunyi antara nada dasar dan nada atas yang menyertainya.

## **X**

**xilem** jaringan tumbuhan vaskular yang terdiri dari sel-sel mati berbentuk tabung yang mengantarkan sebagian besar air dan mineral dari akar ke seluruh bagian tumbuhan.

## INDEKS

### A

Absorpsi , 160, 166  
ADH , 45, 162, 166  
Adhesi , 4, 160, 166  
Akar , 2-4, 31-32, 160, 164-166, 172  
Alat optik , iv, 86-87, 103, 112, 115, 120, 163-164, 166  
Albuminaria , 44, 166  
Alveolus (jamak, alveoli) , 166  
Amplitudo , 59-60, 62, 68, 71, 83-84, 160, 166  
Arteri , 10-11, 16-17, 20, 35, 37, 45, 160, 164, 166  
Astenosfer , 127, 130, 160, 166  
Asteroid , 137, 139, 142-143, 158, 160, 166  
Atmosfer , 40, 127-128, 140-142, 144, 154, 160, 163, 166  
Audiosonik , 67, 78, 166  
Augmentasi , 38, 47, 166

### B

Batang, 2-4, 18-19, 26, 66, 89, 107, 114, 160, 164, 166  
Batuan basalt, 160, 166  
Batu ginjal, 44, 47, 50, 166  
Bayangan maya, 102, 114, 120, 160, 166  
Belerang, 166  
Bernapas, 18, 21-23, 25-26, 35, 40, 52, 76, 82, 127, 160, 166  
Bilirubin, 41, 50, 166  
Biliverdin, 41, 166  
Bronkiolus, 18-20, 26, 29, 160, 166  
Bronkus (jamak, bronki), 160, 167

Bulan Sideris, 148, 167

Bulan Sinodis, 148, 167

Bunyi, 56-57, 61, 63-73, 75-78, 82-85, 90-91, 161, 163-165, 167

Buta warna, 29, 109-110, 160, 167

## **C**

Cahaya, 50, 61-63, 86-93, 99-101, 103-109, 111, 113-115, 119-121, 139-140, 147-148, 151, 153-154, 158, 160-164, 167, 172

Cairan serumen, 167

Cepat rambat gelombang, 63-64, 84, 167

Cermin, 76, 89, 92-100, 115, 120-123, 160, 167

## **D**

Darah, 5-12, 16-18, 20, 24, 26, 28-29, 31, 33, 35-41, 44-45, 47, 52, 77, 160-162, 164-165, 167

Daun, 2-4, 28, 66, 74-75, 82, 159-161, 167

Daya lenting, 167

Denyut, 1, 11, 77, 160, 167

Dermis, 38-39, 161, 167

Diafragma, 22, 30, 114, 160, 167

Diastol, 160, 167

Difusi, 3, 5, 20-21, 24, 45, 161, 167

Diuretik, 167

## **E**

Ekolokasi, 67, 75-77, 85, 161, 167

Ekskresi, iv, 33, 35, 38-42, 44, 46-47, 49-51, 53, 161-164, 167

Empedu, 5, 34, 38, 41-42, 45, 47, 49-50, 161-162, 167, 170

Emulsi, 161, 167

Endotelium, 162, 168

Enzim, 7, 49, 161, 168

Epidermis, 3, 28, 38, 161, 164, 168

Eritrosit, 5, 161, 168

Erupsi, 133-135, 161, 168

Esofagus, 168

## **F**

Faring, 18-19, 26, 29, 74, 168

Fibrin, 7, 28, 161, 168

Filtrasi, 37, 44, 47, 50, 161, 168

Filtrat, 37, 161, 163-164, 168

Fisiologi, 161, 168

Floem, 2, 4, 26, 28, 161, 168

Fotosintesis, 2-4, 28, 140, 158, 161, 168

Frekuensi, 60, 62-64, 67-71, 74-77, 83-85, 161, 163-164, 168

## **G**

Gaung, 73, 83, 161, 168

Gelombang, 55-57, 60-68, 71, 74-75, 77-78, 82-85, 91-92, 103, 109, 128-129, 137, 158, 161-165, 167-168

Gelombang Longitudinal, 61-63, 65-66, 83, 161, 168

Gelombang Mekanik, 61, 66, 168

Gelombang Transversal, 61-63, 83, 168

Gema, 73, 75, 77-78, 83, 161, 168

Gerhanabulan, 168

Gerhana Matahari, 147-148, 158-159, 168

Getah Lambung, 168

Getaran, 55, 58-62, 66-67, 69, 71, 74, 82-83, 161, 163, 168

Ginjal, 33, 35-39, 41-42, 44-47, 49-52, 160, 162-166, 169, 178, 181

Glomerulus, 44, 169

Gps, 161, 169

## **H**

Hati, 5, 35, 41-42, 46-47, 49-51, 161, 164, 169

Hcl, 169

Hemofilia, 161, 169

Hemoglobin, 5, 31, 41, 161-162, 169

Hidrogen, 139, 141-142, 169

Hipermetropi, 108, 110, 162, 169

Hukum Pascal, 15-16, 26, 162, 169

## **I**

Indera Penglihatan, Iv, 86, 108, 169

Infrasonik, 67, 169

Inkus, 162, 169

Iris, 104-106, 119, 162, 164, 169

## **J**

Jantung, 1, 3, 9-12, 16-17, 20, 26, 29, 31, 77, 160, 164, 169, 173

Jaringan, 2-3, 5, 17, 19-20, 24, 28, 38, 40, 76, 104, 160-165, 169

Jaringan Adiposa, 162, 169

Jaringan Otot, 169

Jaringan Palisade, 169

Jaringan Pengangkut, 2, 169

Jendela Oval, 74, 162, 169

## **K**

Kandung Empedu, 162, 170

Kandung Kemih, 38, 50, 162, 164, 170

Kanker, 24, 26, 30, 162, 170

Kapiler, 3-4, 10, 18, 20, 36-40, 162, 164, 170

Kapsula Bowman, 36-37, 164, 170



Kelenjar, 38-39, 45, 50, 162, 170  
Keringat, 34, 38-39, 42, 45-47, 49-51, 162, 170  
Koheesi, 4, 162, 170  
Koklea, 74, 82, 162-163, 170  
Kolesterol, 17, 41, 162, 170  
Komet, 137, 139, 144, 162, 170  
Kornea, 104-105, 108, 119, 121, 162, 170  
Korteks, 3, 28, 36, 170  
Kulit, 35-36, 38-39, 42, 45-47, 49-50, 158, 162, 170

## **L**

Lambung, 112, 168, 170  
Lapisan Koroid, 104, 162, 170  
Lapisan Sklera, 104, 162, 170  
Lava, 133, 135, 161, 163, 170  
Lempeng Tektonik, 125, 130-131, 170  
Lensa, 99-102, 104, 106-112, 114-115, 119-121, 162-163, 170  
Litosfer, 127, 160, 163, 170  
Lup, 99, 114, 120, 163, 170

## **M**

Magma, 126, 132-133, 135, 160, 163, 165, 170  
Maleus, 56, 163, 170  
Mata, lili, 45, 58, 67, 90, 92-93, 103-112, 114-115, 119-121, 159-160, 162-164, 170-171  
Mata Majemuk, 110-112, 163, 171  
Medula, 36, 171  
Mesosfer, 127-128, 163, 171  
Metabolisme, 2, 4, 8, 26, 29, 34-35, 38, 41-42, 44-47, 50, 160-161, 163, 171  
Meteor, 128, 141, 144, 171  
Meteorit, 144, 163, 171

Meteoroid, 171

Mikroskop, 19, 114, 120, 163, 171

Miopi, 109-110, 119, 163, 171

Mitokondria (Tunggal, Mitrokondrion), 171

Morfologi, 171

Mulut, 8, 82, 162, 171

## **N**

Nada, 68-70, 163, 165, 171

Nefritis, 44, 47, 50, 171

Nefron, 36, 44, 163-164, 171

Nutrisi, 2, 4, 16-17, 26, 29, 163, 171

## **O**

Oksigen, 2, 4-5, 8, 10, 16-18, 20, 23-24, 26, 31, 40, 127-128, 141, 160-162, 164, 171

Omatidia, 111, 163, 171

Organ, 2, 8-9, 16, 18, 20, 26, 33, 35, 38, 40-42, 46-47, 51, 56, 71, 74, 104, 160-163, 171

Organ Korti, 74, 162-163, 171

Osmosis, 3, 30, 37, 163, 171

Otak, 17, 39, 56-57, 60, 74, 77, 107-108, 163, 171

## **P**

Paru-Paru, 5, 10-11, 18-22, 24, 26, 29-30, 35, 40, 42, 46-47, 50, 160, 172

Pelvis Renalis, 36, 163, 172

Pemantulan Baur, 89, 163, 172

Pemantulan Teratur, 89, 163, 172

Pembiasan Cahaya, 99, 101, 121, 163, 172

Periode, 60, 62-63, 83-84, 141-142, 144-145, 147, 149, 152, 158, 163, 172

Pertukaran Gas, 24, 40, 164, 172

Planet, 126-127, 137-143, 149, 158-160, 163-164, 172

Planet Kerdil, 172

Pospor, 172

Potasium, 172

Pupil, 105-106, 109, 119, 162, 164, 172

## **R**

Rambut Akar, 164, 172

Reabsorpsi, 38, 164, 172

Reseptor, 50, 56, 65, 74, 111, 163, 172

Resonansi, 70-72, 84, 164, 172

Retina, 104-105, 107-109, 114, 119, 121, 162-164, 172

Revolusi, 141-142, 144-145, 147-149, 152, 158, 164, 172

Rodopsin, 107, 164, 172

Rotasi, 144-145, 147, 149-150, 152, 158, 164, 172

## **S**

Saluran Eustachius, 82, 172

Saluran Pengumpul, 38, 163-164, 172

Satelit, 137, 139-142, 158, 172

Sel, 3, 5-7, 20, 35, 37-38, 41-42, 47, 107, 109-111, 161-164, 172-173

Sel Kerucut, 107, 109-110, 164, 173

Serangan Jantung, 17, 26, 29, 173

Sistem Kardiovaskuler, 164, 173

Sistem Pencernaan, 41, 173

Sistol, 164, 173

Sitoplasma, 6, 164, 173

Sklera, 104-105, 162, 164, 170, 173

Sonar, 14, 54, 74, 76-78, 85, 161, 164, 173

Sphygmomanometer, 164, 173

Stroke, 17, 26, 29, 173

Suhu, 18, 29, 38-39, 51, 66-67, 126-128, 132, 140, 154, 163-164, 173

## **T**

Tar, 173

Teh, 159, 173

Tekanan Turgor, 164, 173

Teleskop, 115, 120, 137, 141, 164, 173

Termometer, 42, 164, 173

Tubulus Distal, 36, 164, 173

Tubulus Proksimal, 36, 164, 173

Tulang, 19, 22, 35, 39, 41, 56, 74, 77, 82, 162-163, 173

## **U**

Ultrasonik, 67, 74-75, 77-78, 85, 164, 173

Urea, 8, 34, 37-39, 41-42, 44, 47, 50, 164, 173

Ureter, 36, 38, 163-164, 173

Uretra, 38, 164, 173

Urin, 34, 36-39, 41-44, 46-47, 49-51, 162, 164, 173-174

Urin Primer, 37, 49, 173

Urin Sekunder, 38, 174

## **V**

Vena, 10-11, 20, 35, 164-165, 174

Vertex, 94-95, 123, 165, 174

Vulkanik, 135, 165, 174

## **X**

Xilem, 2-4, 26, 28, 165, 174

## DAFTAR PUSTAKA

Berwald, Juli. dkk. 2007. *Focus on Life Science Grade 7*. Ohio : McGraw-Hill Companies  
CCSSO

Cellobello.com/ Diunduh pada tanggal 23 Pebruari 2014

Corey, B. J., dan David, R.B. (editors). 2005. *Clinical Adult Neurology Third Edition*. New York: Demos Medical Publishing.

Cullen, J. Tanpa tahun. *Student Laboratory Notebook 2nd Edition Junior Certificate Science Solutions*.

Dingrando, L. dkk. 2007. *Focus on Physical Science*. New York: McGraw–Hill Companies

Eddleman, S. 2007. *CPO Focus on Life Science*. New Hampshire: Delta Education LLC.

Ezrallson, C. dkk. 2005. *Waves, Sound, and Light*. New York : McGraw-Hill Companies.

Feather, R. M., dan Zike, D. 2005. *Astronomy*. Ohio : McGraw-Hill Companies.

Feather, R. M., Zike, D. 2005. *Astronomy*. Ohio : McGraw-Hill Companies

Graphis Diagram

Harter, Penny. dkk. 1996. *Life Science*. La Alameda Press

<http://blog.uad.ac.id/maykomarawati/author/maykomarawati/page/3/> 2011. Diunduh pada tanggal 19 November 2013.

<http://es.dreamstime.com>. Diunduh tanggal 25 Oktober 2013

<http://health.kompas.com/read/2013/02/05/09530479/Suplemen.Vitamin.C.Memicu.Batu.Ginjal>. Diunduh pada tanggal 5 September 2013.

<http://health.liputan6.com/read/653529/tinnitus-ketika-telinga-terus-berdengung>. Diunduh pada tanggal 18 November 2013.

<http://kesehatan.kompasiana.com/medis/2012/02/24/efek-abu-vulkanik-bagi-kesehatan-manusia-441697.html>. Diunduh pada tanggal 18 November 2013.

<http://klikbrc.klik-brc.com/2011>. Diunduh pada tanggal 19 November 2013.

<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/1951/1/bedah-iskandar%20japardi21.pdf>.  
Diunduh pada tanggal 1 November 2013.

<http://techno.okezone.com/read/2013/01/03/56/740761/pemanasan-global-rangsang-letusan-gunung-api>. Diunduh pada tanggal 18 November 2013.

<http://users.rcn.com/jkimball.ma.ultranet/BiologyPages/C/CompoundEye.html>. Diunduh pada tanggal 19 November 2013

<http://www.darryltanod.com/2008/04/mekanisme-proses-dasar-ginjal-darryl.html>. Diunduh pada tanggal 1 November 2013.

<http://www.freedigitalphotos.net/> Diunduh pada tanggal 14 Januari 2014

<http://www.hasbihtc.com/cara-sederhana-menjaga-kesehatan-ginjal.html>. Diunduh pada tanggal 1 November 2013.

<http://www.pixtastock.com/photo/4925183> Diunduh pada tanggal 17 Januari 2014

<http://www.tipspengetahuan.com/10-tips-menjaga-kesehatan-hati-kesehatan-164.html>.  
Diunduh pada tanggal 19 November 2013.

<http://www.youtube.com/watch?v=tDKqzinkTrw>. Diunduh pada tanggal 1 November 2013.

Kimball. 1990. *Biologi Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.

learnzoology. com dan evolution.berkeley.edu Diunduh pada tanggal 23 Pebruari 2014

Lee, B. H. 2013. *Real Science Odyssey Biology 2 Teacher Guide*. Pandia Press.

Longhurst, M. L. Tanpa tahun. *The Search for Water Cycle Teacher's Edition*.

Nelson, P. C. 2002. *Biological Physics: Energy, Information, Life*. [www.physics.upenn.edu/~pcn/](http://www.physics.upenn.edu/~pcn/)

Parravano. dkk. 2006. *BSCS Biology A Molecular Approach*. Ohio: McGraw-Hill Companies

Posner, J. B, dkk. 2007. *Plum's And Posner's Diagnosis of Stupor and Coma Fourth Edition*. New York: Oxford University Press.

Pradhan, B. dkk. 2012. *Teacher's Manual Class VI*. Bhutan: Department of Curriculum Research and Development, Ministry of Education.



Reece, J. B. dkk. 1999. *Biology 5th Edition*. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings.

Reece, Jane B. dkk. 2012. *Biology 7th Edition*. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings

Russell, A. 2004. *Primary Science for the Caribbean*. Cheltenham: Nelson Thornes Ltd.

Saxena, M. S. dkk. 2012. *Science Class 10*. Bhopal: Madhya Pradesh Rajya Shiksha Kendra.

Shier, D. dkk. 2010. *Hole's Human Anatomy & Physiology 12th Edition*. New York: McGraw-Hill Companies.

Simmons, N. 2004. *Science Success: Teacher Guide Supporting Student Science Fair projects*. Bay Area Science and Engineering Fair (BASEF).

Singh, V. P. dkk. tanpa tahun. *Learning by Doing Science Activity Book Class VIII*. Delhi: Central Board of Secondary Education.

Spice, J. E. dkk. 1972. *Physical Science Teachers' Guide The Basic Course Sections 1 to 7*. Harmondsworth: Penguin Books.

Tharp, B. Z. dkk. 2009. *The Science of the Heart and Circulation*. Texas: Baylor College of Medicine Houston.

Tim Penulis. 2003. *Andrew Lost Science Resource Kit*. Random House Children's Books.

Tim Penulis. 2003. *BSCS Biology A Human Approach Second Edition*. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company.

Tim Penulis. Tanpa tahun. *Life Science*. Houston: Arte Publico Press.

Tim Penulis. Tanpa tahun. *Reading Essentials for Biology an Interactive Student Textbook*. Ohio: McGraw-Hill Companies.

Tim Penulis. Tanpa tahun. *Science Notebook Life Science*. Ohio: McGraw-Hill Companies.

Tim Penulis. Tanpa tahun. *Young Scientist Activity Book Class VIII Sample Pages*. EduHeal Foundation Learning for Life.

Vihar, P. 2009. *Class VIII Learning by Doing*. Delhi: Central Board Of Secondary Education

[www.hngn.com/](http://www.hngn.com/) Diunduh pada tanggal 23 Pebruari 2014

[www.hubblesite.org](http://www.hubblesite.org) Diunduh pada tanggal 23 Pebruari 2014

[www.medicinenet.com](http://www.medicinenet.com). Diunduh pada tanggal 19 November 2013.

[www.meritnation.com](http://www.meritnation.com) Diunduh pada tanggal 23 Pebruari 2014

[www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=4962&page=1](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=4962&page=1); National Governors Association Center for Best Practices (NGA Center) and the Council of Chief State School Officers (CCSSO) [www.corestandards.org/the-standards](http://www.corestandards.org/the-standards). Diunduh pada tanggal 1 September 2013

Berwald, Juli. dkk. 2007. *Focus on Life Science Grade 7*. Ohio : McGraw-Hill Companies

CCSSO

[Cellobello.com/](http://Cellobello.com/) Diunduh pada tanggal 23 Pebruari 2014

Corey, B. J., dan David, R.B. (editors). 2005. *Clinical Adult Neurology Third Edition*. New York: Demos Medical Publishing.

Cullen, J. Tanpa tahun. *Student Laboratory Notebook 2nd Edition Junior Certificate Science Solutions*.

Dingrando, L. dkk. 2007. *Focus on Physical Science*. New York: McGraw–Hill Companies

Eddleman, S. 2007. *CPO Focus on Life Science*. New Hampshire: Delta Education LLC.

Ezrallson, C. dkk. 2005. *Waves, Sound, and Light*. New York : McGraw-Hill Companies.

Feather, R. M., dan Zike, D. 2005. *Astronomy*. Ohio : McGraw-Hill Companies.

Feather, R. M., Zike, D. 2005. *Astronomy*. Ohio : McGraw-Hill Companies

Graphis Diagram

Harter, Penny. dkk. 1996. *Life Science*. La Alameda Press

<http://blog.uad.ac.id/maykomarawati/author/maykomarawati/page/3/> 2011. Diunduh pada tanggal 19 November 2013.

<http://es.dreamstime.com>. Diunduh tanggal 25 Oktober 2013

<http://health.kompas.com/read/2013/02/05/09530479/Suplemen.Vitamin.C.Memicu.Batu.Ginjal>. Diunduh pada tanggal 5 September 2013.

<http://health.liputan6.com/read/653529/tinnitus-ketika-telinga-terus-berdengung>. Diunduh pada tanggal 18 November 2013.

<http://kesehatan.kompasiana.com/medis/2012/02/24/efek-abu-vulkanik-bagi-kesehatan-manusia-441697.html>. Diunduh pada tanggal 18 November 2013.

<http://klikbrc.klik-brc.com/2011>. Diunduh pada tanggal 19 November 2013.

<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/1951/1/bedah-iskandar%20japardi21.pdf>. Diunduh pada tanggal 1 November 2013.

<http://techno.okezone.com/read/2013/01/03/56/740761/pemanasan-global-rangsang-letusan-gunung-api>. Diunduh pada tanggal 18 November 2013.

<http://users.rcn.com/jkimball.ma.ultranet/BiologyPages/C/CompoundEye.html>. Diunduh pada tanggal 19 November 2013

<http://www.darryltanod.com/2008/04/mekanisme-proses-dasar-ginjal-darryl.html>. Diunduh pada tanggal 1 November 2013.

<http://www.freedigitalphotos.net/> Diunduh pada tanggal 14 Januari 2014

<http://www.hasbihtc.com/cara-sederhana-menjaga-kesehatan-ginjal.html>. Diunduh pada tanggal 1 November 2013.

<http://www.pixtastock.com/photo/4925183> Diunduh pada tanggal 17 Januari 2014

<http://www.tipspengetahuan.com/10-tips-menjaga-kesehatan-hati-kesehatan-164.html>. Diunduh pada tanggal 19 November 2013.

<http://www.youtube.com/watch?v=tDKqzinkTrw>. Diunduh pada tanggal 1 November 2013.

Kimball. 1990. *Biologi Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.

[learnzoology.com](http://learnzoology.com) dan [evolution.berkeley.edu](http://evolution.berkeley.edu) Diunduh pada tanggal 23 Pebruari 2014

Lee, B. H. 2013. *Real Science Odyssey Biology 2 Teacher Guide*. Pandia Press.

Longhurst, M. L. Tanpa tahun. *The Search for Water Cycle Teacher's Edition*.

- Nelson, P. C. 2002. *Biological Physics: Energy, Information, Life*. www.physics.upenn.edu/~pcn/
- Parravano, dkk. 2006. *BSCS Biology A Molecular Approach*. Ohio: McGraw-Hill Companies
- Posner, J. B, dkk. 2007. *Plum's And Posner's Diagnosis of Stupor and Coma Fourth Edition*. New York: Oxford University Press.
- Pradhan, B. dkk. 2012. *Teacher's Manual Class VI*. Bhutan: Department of Curriculum Research and Development, Ministry of Education.
- Reece, J. B. dkk. 1999. *Biology 5th Edition*. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings.
- Reece, Jane B. dkk. 2012. *Biology 7th Edition*. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings
- Russell, A. 2004. *Primary Science for the Caribbean*. Cheltenham: Nelson Thornes Ltd.
- Saxena, M. S. dkk. 2012. *Science Class 10*. Bhopal: Madhya Pradesh Rajya Shiksha Kendra.
- Shier, D. dkk. 2010. *Hole's Human Anatomy & Physiology 12th Edition*. New York: McGraw–Hill Companies.
- Simmons, N. 2004. *Science Success: Teacher Guide Supporting Student Science Fair projects*. Bay Area Science and Engineering Fair (BASEF).
- Singh, V. P. dkk. tanpa tahun. *Learning by Doing Science Activity Book Class VIII*. Delhi: Central Board of Secondary Education.
- Spice, J. E. dkk. 1972. *Physical Science Teachers' Guide The Basic Course Sections 1 to 7*. Harmondsworth: Penguin Books.
- Tharp, B. Z. dkk. 2009. *The Science of the Heart and Circulation*. Texas: Baylor College of Medicine Houston.
- Tim Penulis. 2003. *Andrew Lost Science Resource Kit*. Random House Children's Books.
- Tim Penulis. 2003. *BSCS Biology A Human Approach Second Edition*. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company.

Tim Penulis. Tanpa tahun. *Life Science*. Houston: Arte Publico Press.

Tim Penulis. Tanpa tahun. *Reading Essentials for Biology an Interactive Student Textbook*. Ohio: McGraw-Hill Companies.

Tim Penulis. Tanpa tahun. *Science Notebook Life Science*. Ohio: McGraw-Hill Companies.

Tim Penulis. Tanpa tahun. *Young Scientist Activity Book Class VIII Sample Pages*. EduHeal Foundation Learning for Life.

Vihar, P. 2009. *Class VIII Learning by Doing*. Delhi: Central Board Of Secondary Education

[www.hngn.com/](http://www.hngn.com/) Diunduh pada tanggal 23 Pebruari 2014

[www.hubblesite.org](http://www.hubblesite.org) Diunduh pada tanggal 23 Pebruari 2014

[www.medicinenet.com](http://www.medicinenet.com). Diunduh pada tanggal 19 November 2013.

[www.meritnation.com](http://www.meritnation.com) Diunduh pada tanggal 23 Pebruari 2014

[www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=4962&page=1](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=4962&page=1); National Governors Association Center for Best Practices (NGA Center) and the Council of Chief State School Officers (CCSSO) [www.corestandards.org/the-standards](http://www.corestandards.org/the-standards). Diunduh pada tanggal 1 September 2013