



■ Sukis Wariyono ■ Yani Muharomah

# Mari Belajar

# Ilmu Alam Sekitar

## Panduan Belajar IPA Terpadu

### Untuk Kelas IX SMP/MTs



3



**PUSAT PERBUKUAN**  
Departemen Pendidikan Nasional

Mari Belajar

**Ilmu Alam Sekitar**

3

Untuk Kelas IX SMP/MTs

■ Sukis Wariyono

■ Yani Muharomah

Sukis Wariyono

Yani Muharomah

Mari Belajar

# Ilmu Alam Sekitar

Panduan Belajar IPA Terpadu

Untuk Kelas IX SMP/MTs



**Pusat Perbukuan**  
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional  
Dilindungi Undang-undang

Hak Cipta Buku ini dibeli oleh Departemen Pendidikan Nasional  
dari Penerbit CV. Usaha Makmur

## MARI BELAJAR ILMU ALAM SEKITAR 3

Untuk SMP/MTs Kelas IX

Penulis : Sukis Wariyono  
Yani Muharomah  
Editor : Indratno  
Perancang Kulit : Risa Ardiyanto  
Ilustrasi, Tata Letak : Risa Ardiyanto  
Ukuran Buku : 17,6 x 25 cm

500.7  
WAR  
m

WARIYONO, Sukis

Mari belajar ilmu alam sekitar 3: panduan belajar IPA terpadu /  
untuk kelas IX SMP/MTs/ Sukis Wariyono, Yani Muharomah ;  
editor Indratno. — Jakarta : Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2008.  
vi, 260 hlm. : ilus. ; 25 Cm.

Bibliografi : hlm 255

Indeks: 259-260

ISBN 979-462-995-2

1. Sains-Studi dan Pengajaran I. Mari belajar ilmu alam sekitar 3 II. Muharomah, Yani  
III. Indratno

Diterbitkan oleh Pusat Perbukuan  
Departemen Pendidikan Nasional  
Tahun 2008

Diperbanyak oleh ...

# Kata Sambutan

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

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

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

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

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

Jakarta, Juli 2008  
Kepala Pusat Perbukuan

# Kata Pengantar

Buku berjudul “Mari Belajar Ilmu Alam Sekitar” bertujuan mengajakmu mempelajari keadaan alam di sekitarmu. Buku ini disusun secara sederhana, tetapi tanpa meninggalkan kebenaran materi yang harus kamu capai. Dengan kesederhanaan itulah diharapkan dapat membantumu dalam proses pembelajaran IPA secara terpadu.

Setiap awal bab di buku ini disajikan cover bab. Bagian ini berisi ilustrasi dan deskripsi singkat yang menarik berkaitan dengan materi serta tujuan pembelajaran bab yang bersangkutan. Selain itu, di bagian awal bab juga disajikan kata-kata kunci. Kata-kata tersebut menjadi inti pembahasan materi. Karena itu sebaiknya kamu membaca kata-kata kuncinya. Di dalam buku ini juga dilengkapi bahan-bahan untuk diskusi. Dengan diskusi tersebut diharapkan kamu dapat menambah wawasanmu. Di bagian akhir setiap babnya dilengkapi dengan soal-soal untuk menguji kompetensi yang sudah kamu capai setelah mempelajari satu bab.

Cara termudah belajar IPA adalah mengaitkan isi pembelajaran dengan kejadian-kejadian di sekitarmu. Dengan demikian kamu dapat belajar dengan perasaan senang. Belajar IPA juga jangan mudah berputus asa, ketika menjumpai kesulitan. Ingatlah, Thomas Alva Edison melakukan lebih dari seribu kegagalan sebelum berhasil menemukan sebuah lampu listrik.

Akhirnya, semoga buku ini dapat bermanfaat bagimu. Selamat belajar, semoga sukses.

Surakarta, ..... 2008

**Penulis**

# Ada Apa dengan Buku Ini

## ❖ Pretest ❖

Bagian ini berisi soal-soal untuk menguji kemampuanmu sebelum mempelajari suatu bab. Ada baiknya kamu membandingkan jawaban sebelum dan setelah mempelajari suatu bab.

## Peta Konsep

Bagian ini untuk memudahkan mengikuti alur pembelajaran suatu bab.

## Radar Sains

Bagian ini sebagai materi pengayaan yang sangat bermanfaat untuk menambah wawasanmu.

## Tugas

Tugas ada yang berupa Tugas Mandiri, Tugas Individu, Tugas Kelompok, dan Tugas Proyek. Tugas Mandiri atau Tugas Individu dapat dikerjakan sendiri, sedangkan Tugas Kelompok dikerjakan secara kelompok. Adapun Tugas Proyek pengerjaannya di luar jam sekolah.

## Latihan

Bagian ini berisi soal-soal yang berkaitan dengan suatu subbab. Jika masih kesulitan menjawab soal-soal itu, ada baiknya kamu mengulang pembelajaranmu sebelum melanjutkan ke subbab selanjutnya.

## Rangkuman

Bagian ini akan sangat membantumu untuk mengingat-ingat bagian-bagian penting dalam suatu bab.

## Refleksi

Bagian ini untuk mengetahui isi suatu bab yang benar-benar sudah kamu pahami dan yang belum kamu pahami

## Glosarium

Bagian ini berisi istilah-istilah penting dan artinya dalam suatu bab.

# Daftar Isi

Kata Sambutan .....	iii	<b>Bab 8 LISTRIK DINAMIS</b>	
Kata Pengantar .....	iv	A. Arus Listrik .....	129
Ada Apa dengan Buku Ini .....	v	B. Hukum Ohm .....	132
Daftar Isi .....	vi	C. Daya Hantar Listrik .....	135
		D. Hukum I Kirchoff .....	140
		E. Rangkaian Hambatan Listrik .....	142
		Uji Kompetensi .....	149
<b>Bab 1 SISTEM EKSKRESI PADA MANUSIA</b>		<b>Bab 9 SUMBER ARUS LISTRIK</b>	
A. Alat-alat Ekskresi pada Manusia .....	3	A. Gaya Gerak Listrik .....	155
B. Kelainan dan Penyakit Sistem Ekskresi .....	7	B. Sumber Arus Listrik .....	155
Uji Kompetensi .....	12	C. Pengukuran Tegangan Listrik .....	160
		Uji Kompetensi .....	165
<b>Bab 2 SISTEM REPRODUKSI PADA MANUSIA</b>		<b>Bab 10 ENERGI DAN DAYA LISTRIK</b>	
A. Organ Reproduksi pada Manusia .....	19	A. Energi Listrik .....	169
B. Kelainan dan Penyakit pada Sistem Reproduksi .....	22	B. Daya Listrik .....	173
Uji Kompetensi .....	25	C. Perubahan Energi Listrik .....	177
		D. Penghematan Energi Listrik .....	179
		Uji Kompetensi .....	182
<b>Bab 3 SISTEM KOORDINASI DAN ALAT INDRA PADA MANUSIA</b>		<b>Bab 11 KEMAGNETAN</b>	
A. Sistem Syaraf .....	29	A. Kemagnetan Bahan .....	187
B. Alat Indra .....	37	B. Kutub Magnet .....	190
Uji Kompetensi .....	48	C. Kemagnetan Bumi .....	192
		D. Medan Magnet di Sekitar Arus Listrik .....	194
		E. Elektromagnet .....	196
		F. Gaya Lorentz .....	199
		Uji Kompetensi .....	203
<b>Bab 4 KELANGSUNGAN HIDUP MAKHLUK HIDUP</b>		<b>Bab 12 INDUKSI ELEKTROMAGNETIK</b>	
A. Adaptasi Makhluk Hidup .....	53	A. GGL Induksi .....	209
B. Seleksi Alam .....	61	B. Penerapan Induksi Elektromagnetik .....	213
C. Perkembangbiakan Makhluk Hidup .....	63	C. Transformator .....	215
Uji Kompetensi .....	68	Uji Kompetensi .....	223
		<b>Bab 13 TATA SURYA</b>	
<b>Bab 5 PEWARISAN SIFAT</b>		A. Sistem Tata Surya .....	229
A. Materi Genetis .....	73	B. Matahari sebagai Bintang .....	232
B. Hereditas Menurut Mendel .....	77	C. Bumi sebagai Planet .....	235
Uji Kompetensi .....	89	D. Gejala Penampakan Alam .....	246
		E. Permasalahan Lingkungan .....	248
		Uji Kompetensi .....	253
<b>Bab 6 BIOTEKNOLOGI</b>		Daftar Pustaka .....	255
A. Pengertian Bioteknologi .....	95	Kunci Jawaban Soal-Soal Terpilih .....	256
B. Bioteknologi Konvensional dan Modern ....	95	Indeks .....	259
C. Dampak Penerapan Bioteknologi .....	106		
Uji Kompetensi .....	109		
<b>Bab 7 LISTRIK STATIS</b>			
A. Benda Bermuatan Listrik .....	113		
B. Membuat Benda Bermuatan Listrik .....	114		
C. Sifat-Sifat Muatan Listrik .....	117		
D. Hukum Coulomb .....	118		
E. Penerapan Listrik Statis .....	120		
Uji Kompetensi .....	124		

# Bab 1

# SISTEM EKSKRESI PADA MANUSIA



Sumber: *Jendela Iptek*, 2001

*Pernahkah kamu melihat mesin kendaraan, mobil, traktor, atau mesin-mesin yang lain? Mesin dapat hidup dan menghasilkan gerakan karena adanya proses pembakaran bahan bakar. Dari proses tersebut, dihasilkan zat sisa berupa asap yang dikeluarkan melalui alat pembuangan. Seperti mesin, tubuh kita memerlukan zat-zat tertentu dan mengeluarkan zat sisa yang tidak berguna. Pada saat tertentu, kita perlu makan dan minum, dan pada saat yang lain tubuh mengeluarkan keringat, urine, dan udara pernapasan.*

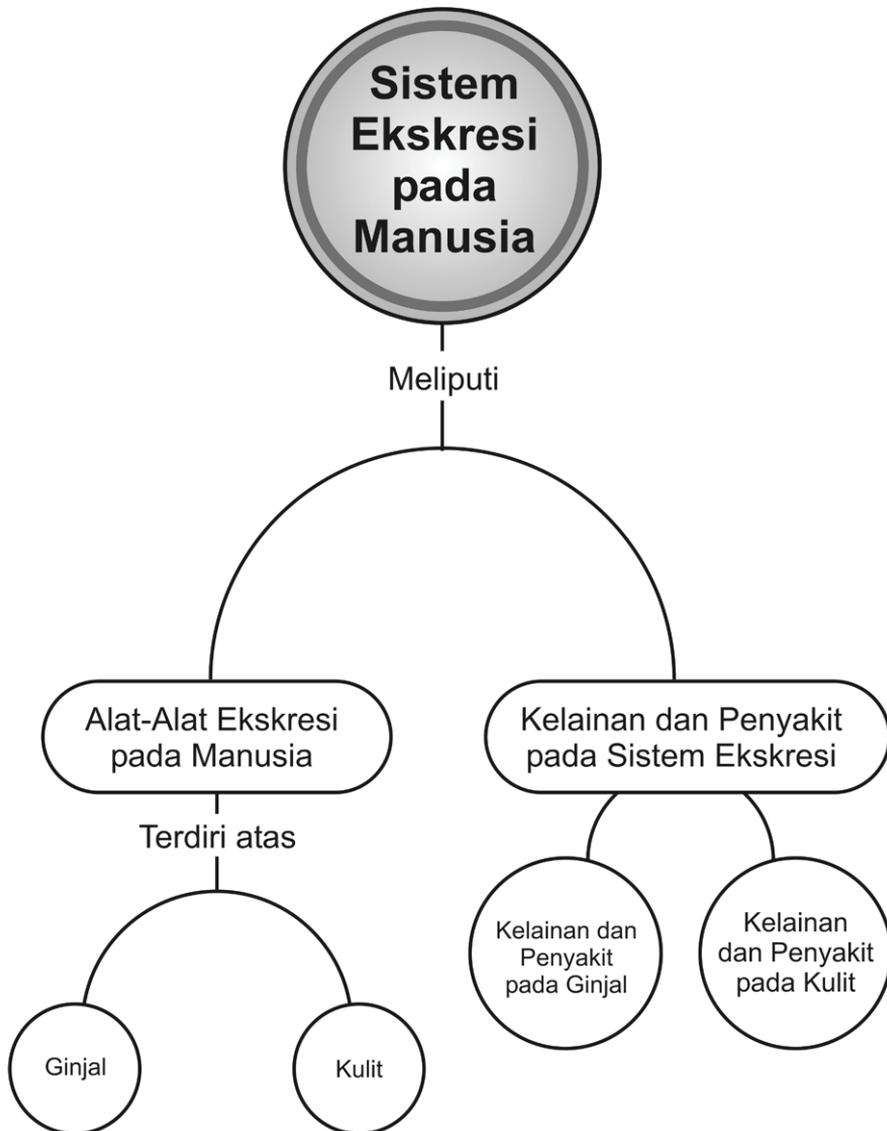
*Fenomena sistem pengeluaran atau ekskresi pada manusia akan kamu pelajari pada bab ini. Pada bab ini, kamu juga akan mempelajari tentang alat-alat ekskresi pada manusia serta kelainan dan hubungannya dengan kesehatan.*

## ❖ Pretest ❖

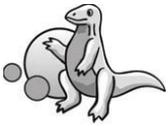
1. Sebutkan proses yang terjadi di dalam ginjal.
2. Sebutkan fungsi kulit manusia.
3. Apa yang dikeluarkan paru-paru sebagai organ pengeluaran?

## ❖ Kata-Kata Kunci ❖

- nefron
- kapsula blison
- malpighi
- hidronefrosis



Proses pengeluaran zat pada manusia dibedakan menjadi defekasi, sekresi, dan ekskresi. Defekasi adalah proses pengeluaran sisa-sisa pencernaan berupa tinja (*feces*) yang dikeluarkan melalui anus. Sekresi adalah proses pengeluaran getah oleh kelenjar yang berguna bagi tubuh. Getah tersebut umumnya mengandung enzim atau hormon. Ekskresi adalah proses pengeluaran sisa metabolisme yang sudah tidak berguna lagi bagi tubuh. Sisa metabolisme yang dikeluarkan melalui ekskresi disebut ekskret. Ekskret dapat berupa air beserta zat yang terlarut di dalamnya, garam-garam mineral, dan pigmen empedu. Ekskret dihasilkan oleh berbagai organ ekskresi yang terdapat di dalam tubuh dan dikeluarkan bersama urine dan keringat.

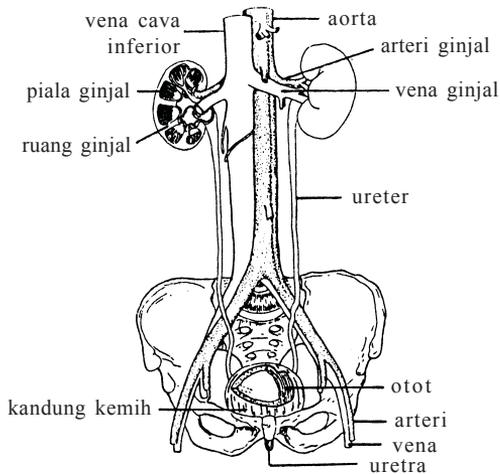


## A. ALAT-ALAT EKSKRESI PADA MANUSIA

Tahukah kamu alat-alat ekskresi pada manusia? Pada sistem ekskresi manusia, sisa-sisa metabolisme diserap dari darah, kemudian diproses, dan akhirnya dikeluarkan melalui alat-alat ekskresi. Alat-alat ekskresi manusia yang akan kamu pelajari berikut terdiri atas ginjal dan kulit.

### 1. Ginjal (*Ren*)

Ginjal merupakan alat ekskresi yang utama. Ginjal berbentuk menyerupai biji kacang buncis, berwarna merah coklat. Di dalam tubuh manusia terdapat sepasang ginjal yang terletak di dekat tulang-tulang pinggang. Perhatikan Gambar 1.1.



Sumber: *Biologi*, 1994

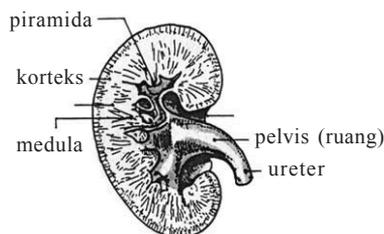
▲ Gambar 1.1 Ginjal dengan pembuluh-pembuluh darah dan urine

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:

- mendeskripsikan bentuk/bagian organ-organ penyusun sistem ekskresi pada manusia;
- mendeskripsikan fungsi sistem ekskresi.

Ginjal kiri biasanya berukuran lebih besar daripada ginjal kanan. Ginjal kanan lebih rendah letaknya daripada ginjal kiri karena terdesak oleh hepar (hati). Dari masing-masing ginjal dikeluarkan zat sisa penyaringan darah berupa urine (air seni) yang dialirkan melalui ureter menuju ke kandung kemih (*vesika urinaria*), kemudian melalui uretra dikeluarkan dari tubuh. Secara anatomis ginjal tersusun atas lapisan luar yang disebut kulit ginjal (*korteks*) dan lapisan sebelah dalam yang disebut sumsum ginjal (*medula*). Lapisan paling dalam berupa rongga ginjal yang disebut *pelvis renalis*. Bagian korteks mengandung jutaan alat penyaring yang disebut *nefron*. Perhatikan Gambar 1.2.



Sumber: *Biologi*, 1991

▲ Gambar 1.2 Penampang ginjal

Satu nefron terdiri atas badan malpighi dan tubula. Badan malpighi tersusun atas kapsula Bowman dan glomerulus yang berupa gulungan pembuluh darah.

Fungsi ginjal adalah menyaring darah. Dari proses penyaringan ini dikeluarkan zat sisa berupa urine. Proses di dalam ginjal meliputi penyaringan (*filtrasi*), penyerapan kembali zat-zat yang berguna (*reabsorpsi*), dan pengeluaran zat yang pada saat itu tidak diperlukan serta tidak dapat disimpan dalam tubuh (*augmentasi*).

Proses penyaringan berlangsung pada badan malpighi. Dalam hal ini glomerulus berperan sebagai alat penyaring. Darah yang mengalir menuju glomerulus mengalami penyaringan yang selanjutnya masuk ke kapsula Bowman. Sisa penyaringan berupa urine yang masih mengandung banyak zat yang diperlukan oleh tubuh, seperti glukosa, garam-garam, dan asam amino. Zat-zat yang masih diperlukan tubuh akan mengalami proses reabsorpsi atau penyerapan kembali di dalam kapsul Bowman.

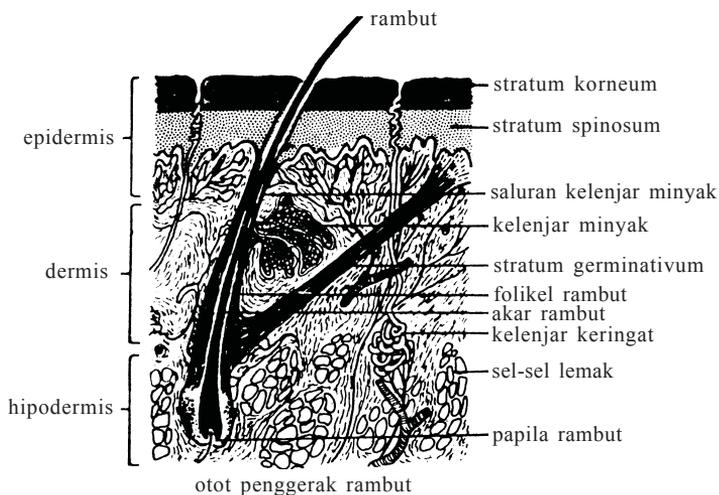
Urine yang telah terbentuk di ginjal selanjutnya diteruskan menuju kandung kemih melalui ureter. Untuk sementara, urine ditampung dalam kandung urine sampai jumlah tertentu (sekitar 300 cc). Dari kandung urine diteruskan keluar tubuh melalui uretra dan pengeluarannya diatur oleh otot sfinkter serta kegiatan susunan saraf, kecuali pada anak kecil atau pada orang yang telah lanjut usia.

Jumlah urine yang dikeluarkan tidak hanya dipengaruhi banyaknya cairan yang diminum dan pengaruh hormon antidiuretika, tetapi juga ditentukan jumlah garam yang harus dikeluarkan dari darah agar tekanan *osmosis* darah tetap. Tahukah kamu, faktor lain yang memengaruhi jumlah pengeluaran urine?

## 2. Kulit (*Integumen*)

Tahukah kamu, mengapa kulit termasuk salah satu alat pengeluaran? Apa yang terjadi pada kulit kita saat berolahraga? Berkeringat, bukan?

Kulit berfungsi untuk melindungi jaringan di bawahnya dari kerusakan-kerusakan fisik karena gesekan, penyinaran, kuman-kuman, dan zat kimia. Selain itu, kulit juga berfungsi untuk mengurangi kehilangan air, mengatur suhu tubuh, menerima rangsangan dari luar, dan sebagai alat ekskresi.



Sumber: *Biologi*, 1991

▲ Gambar 1.3 Penampang kulit manusia

Secara anatomi, kulit terdiri atas lapisan luar (*epidermis*), lapisan dalam (*dermis*), dan lapisan bawah dermis (*hipodermis*). Perhatikan Gambar 1.3. *Epidermis* tersusun atas lapisan-lapisan yang berupa sel-sel kulit dan lapisan malpigi. Pada bagian epidermis tidak terdapat pembuluh darah dan urat saraf. Pada bagian *dermis*, terdapat otot penggerak rambut, pembuluh darah dan limfa, indra, kelenjar minyak, dan kelenjar keringat. Di bawah dermis terdapat lapisan lemak yang bertugas menghalangi pengaruh perubahan suhu di luar tubuh.

Kelenjar minyak menghasilkan minyak untuk mencegah kekeringan dan mengerutnya kulit rambut. Kelenjar keringat terdapat pada kulit, bentuknya seperti pembuluh panjang dari lapisan malpighi masuk ke bagian *dermis*. Pangkal kelenjar ini menggulung dan berhubungan dengan kapiler darah dan serabut saraf simpatik. Dari kapiler darah, kelenjar keringat akan menyerap air dengan larutan NaCl dan sedikit urea. Air beserta larutannya akan dikeluarkan menuju ke pori-pori kulit, yaitu tempat air diuapkan dan merupakan penyerapan panas tubuh. Pengeluaran keringat yang berlebihan menyebabkan kita cepat merasa haus dan sering lapar.

Tubuh yang ditimpa terik matahari akan banyak mengeluarkan keringat yang mengandung larutan garam. Kehilangan banyak garam-garam dari larutan darah dapat menimbulkan kekejangan dan pingsan.

Aktivitas kelenjar keringat berada di bawah pengaruh pusat pengatur suhu badan dan sistem saraf pusat. Pengeluaran keringat yang rutin tidak dipengaruhi oleh saraf. Akibat pengaruh rangsangan saraf maka keringat yang dihasilkan lebih banyak. Hal itu berhubungan dengan warna kulit yang semakin merah akibat pengembangan pembuluh darah di lapisan *dermis*. Apabila pengaliran darah lebih banyak, kemungkinan penyaringan oleh kelenjar keringat lebih banyak pula. Pengembangan pembuluh darah juga merupakan hasil pengaruh saraf simpatik pusat pengatur suhu di hipotalamus otak dengan enzim brandikinin. Sebaliknya, saraf simpatik tersebut juga dirangsang akibat emosi, misalnya karena ketakutan, sehingga pembuluh darah menyempit dan kulit menjadi pucat. Untuk lebih memahami perbandingan pengeluaran keringat pada berbagai bagian kulit, lakukan kegiatan berikut.



## Kegiatan 1.1

**Tujuan:** Membandingkan pengeluaran keringat pada berbagai bagian kulit tubuh.

### Alat dan Bahan

1. Kertas amilum
2. Yodium tingtur
3. Akuades
4. Kalium iodida
5. Selotip
6. Arloji

### Cara Kerja

1. Ambillah sepotong kertas amilum dengan ukuran  $(1 \times 2)$  cm. Teteskan yodium tingtur pada kedua ujung kertas. Tetesilah salah satu tetesan yodium tingtur dengan akuades. Bandingkan warna tetesan tersebut. Teteskan pula larutan kalium iodida ( $KI_3$ ) yang mengandung iodin pada tetesan yodium tingtur dan pada tetesan yodium tingtur yang telah ditetesi akuades.
2. Ambillah empat potong selotip, masing-masing sepanjang 3 cm dan lekatkan pada tiap-tiap selotip tersebut kertas amilum ukuran  $(1 \times 1)$  cm. Oleskan yodium tingtur pada kulit telapak tangan, punggung tangan, dahi, dan ketiak. Setelah yodium tingtur kering, lekatkan selotip yang berisi amilum di atasnya. Lakukan lari-lari di tempat selama satu menit. Ambillah keempat potong selotip dari tempat dilekatkannya. Bandingkan keempat warna kertas amilum yang melekat pada kertas selotip tersebut.

### Pertanyaan

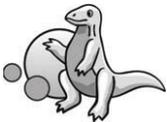
1. Apakah kesimpulan yang kamu peroleh dari cara kerja nomor 1?

2. Apakah yang terkandung pada keringat sehingga warna kertas amilum berubah?
3. Bagaimana urutan banyaknya keringat yang dikeluarkan kulit pada percobaan tersebut di atas? Mengapa urutannya demikian? Jelaskan.



## Latihan

1. Apakah perbedaan antara defekasi, sekresi, dan ekskresi?
2. Jelaskan susunan anatomi dari masing-masing alat ekskresi manusia.
3. Jelaskan fungsi dari masing-masing alat ekskresi manusia.



## B. KELAINAN DAN PENYAKIT PADA SISTEM EKSRESI

Alat-alat ekskresi dapat mengalami gangguan karena adanya kelainan dan penyakit. Kelainan dan penyakit tersebut di antaranya terjadi pada ginjal dan kulit. Tahukah kamu apa saja kelainan dari penyakit menyerang sistem ekskresi pada manusia?

### 1. Kelainan dan Penyakit pada Ginjal

Ginjal manusia dapat mengalami gangguan karena berbagai sebab. Beberapa jenis kelainan dan penyakit pada ginjal sebagai berikut.

#### a. Batu ginjal

Batu ginjal dapat terbentuk karena pengendapan garam kalsium di dalam rongga ginjal, saluran ginjal, atau kandung kemih. Batu ginjal berbentuk kristal yang tidak bisa larut dan mengandung kalsium oksalat, asam urat, dan kristal kalsium fosfat. Penyebabnya adalah karena terlalu banyak mengonsumsi garam mineral dan terlalu sedikit mengonsumsi air. Batu ginjal tersebut lebih lanjut dapat menimbulkan *hidronefrosis*. *Hidronefrosis* adalah membesarnya salah satu ginjal karena urine tidak dapat mengalir keluar. Hal itu akibat penyempitan aliran ginjal atau tersumbat oleh batu ginjal.

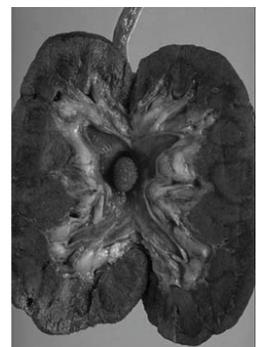
#### b. Nefritis

Nefritis adalah kerusakan bagian glomerulus ginjal akibat alergi racun kuman. Nefritis (perhatikan Gambar 1.5) biasanya disebabkan adanya bakteri *Streptococcus*.

### Tujuan Pembelajaran

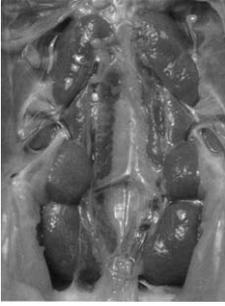
Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:

- mendata kelainan dan penyakit pada sistem ekskresi yang biasa dijumpai dalam kehidupan sehari-hari dan upaya mengatasinya;
- menyadari pentingnya organ sistem ekskresi.



Sumber: <http://google.com>

▲ Gambar 1.4 Batu ginjal



Sumber: <http://google.com>

▲ Gambar 1.5 Nefritis

### c. Glukosuria

Glukosuria adalah penyakit yang ditandai adanya glukosa dalam urine. Penyakit tersebut sering juga disebut penyakit gula atau kencing manis (*diabetes mellitus*). Kadar glukosa dalam darah meningkat karena kekurangan hormon insulin. Nefron tidak mampu menyerap kembali kelebihan glukosa, sehingga kelebihan glukosa dibuang bersama urine.

Untuk membuktikan adanya glukosa atau protein di dalam urine seseorang, lakukan kegiatan berikut secara berkelompok. Sebelumnya bentuklah kelompok yang terdiri atas 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.



## Kegiatan 1.2

**Tujuan:** menguji adanya glukosa atau protein di dalam urine seseorang.

### Alat dan Bahan

1. Tabung reaksi
2. Penjepit tabung reaksi
3. Lampu spiritus
4. Larutan Benedict atau Fehling A dan B
5. Larutan NaOH 10%
6. Larutan  $\text{CuSO}_4$  1%
7. Urine

### Cara Kerja

#### A. Uji glukosa

1. Isilah tabung reaksi dengan 2 ml urine.
2. Tambahkan lima tetes larutan Benedict atau larutan Fehling A dan B.
3. Panaskan dengan lampu spiritus, catatlah apa yang terjadi.

#### B. Uji protein

1. Masukkan 2 ml urine ke dalam tabung reaksi.
2. Tambahkan kira-kira lima tetes larutan NaOH 10% dan lima tetes larutan  $\text{CuSO}_4$  1%, biarkan sampai 5 menit.
3. Amati dan catatlah hasilnya pada buku kerjamu.

### Pertanyaan

1. Apa fungsi larutan benedict atau Fehling A dan B dalam kegiatan di atas?
2. Apa warna akhir dari uji glukosa pada urine? Jelaskan.
3. Apa warna akhir dari uji protein pada urine? Jelaskan.

### d. Albuminuria

Albuminuria adalah penyakit yang ditunjukkan oleh adanya molekul albumin dan protein lain dalam urine. Penyebabnya karena adanya kerusakan pada alat filtrasi.

### e. Hematuria

Hematuria adalah penyakit yang ditandai adanya sel darah merah dalam urine. Penyakit tersebut disebabkan adanya peradangan pada organ urinaria atau karena iritasi akibat gesekan batu ginjal.

## 2. Kelainan dan Penyakit pada Kulit

Kulit manusia dapat mengalami gangguan karena berbagai sebab. Beberapa kelainan dan penyakit pada kulit, sebagai berikut.

### a. Skabies

Skabies disebut pula “*seven-year itch*”. Penyakit tersebut disebabkan oleh parasit insekta yang sangat kecil (*Sarvoptes scabies*) dan dapat menular pada orang lain.

### b. Eksim

Eksim merupakan penyakit kulit yang akut atau kronis. Penyakit tersebut menyebabkan kulit menjadi kering, kemerah-merah, gatal-gatal, dan bersisik.

### c. Jerawat

Jerawat merupakan gangguan umum yang bersifat kronis pada kelenjar minyak. Penyakit tersebut umumnya dialami anak-anak masa remaja. Jerawat biasanya menyerang bagian wajah, dada atas, dan punggung. Bekas jerawat dapat menimbulkan bopeng.

Pemijitan jerawat secara tidak benar perlu kamu hindari, sebab hal tersebut dapat menyebabkan infeksi. Cara pencegahan timbulnya jerawat yang paling mudah yaitu makan makanan yang seimbang, cukup tidur dan olah raga, serta rajin menjaga kebersihan kulit.

### d. Biang keringat

Biang keringat dapat mengenai siapa saja; baik anak-anak, remaja, atau 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. Daki, debu, dan kosmetik juga dapat menyebabkan biang keringat.

Orang yang tinggal di daerah tropis yang kelembapannya tidak terlalu tinggi, akan lebih mudah terkena biang keringat. Biasanya, anggota badan yang terkena biang keringat yaitu kaki, leher, punggung, dan dada.

Agar kamu tidak terkena biang keringat, aturlah ventilasi ruangan dengan baik. Selain itu, jangan berpakaian yang terlalu tebal dan ketat. Namun, jika kamu sudah terlanjur terserang biang keringat, taburkan bedak di sekitar biang keringat. Apabila bintik-bintik biang keringat sudah mengeluarkan nanah, sebaiknya segera periksakan ke dokter.



Sumber: <http://google.com>

▲ Gambar 1.6 Skabies



## Tugas Kelompok

### (Rasa Ingin Tahu dan Kecakapan Sosial)

Bentuklah kelompok yang terdiri atas 3–5 siswa untuk mengerjakan tugas berikut.

Lakukan studi tentang penyakit kencing manis dengan membaca buku referensi, kemudian catatlah hasilnya dengan format sebagai berikut.

- a. Penyebab
- b. Gejala yang timbul
- c. Cara menanggulangi
- d. Cara mencegah
- e. Kesimpulan



## Latihan

1. Tuliskan tiga contoh penyakit atau kelainan pada sistem urinaria dan jelaskan cara mengatasinya.
2. Tuliskan tiga contoh penyakit atau kelainan pada kulit dan jelaskan cara mengatasinya.



## Rangkuman

1. Setiap makhluk hidup menghasilkan sisa-sisa metabolisme yang harus dibuang. Ekskresi berarti pengeluaran sisa-sisa metabolisme yang sudah tidak dipakai lagi oleh darah. Zat-zat yang dikeluarkan disebut ekskret. Ekskret dapat berupa cairan dan zat terlarut yang dikeluarkan sebagai urine, keringat, dan karbon dioksida.
2. Alat-alat ekskresi pada manusia, yaitu ginjal dan kulit. Tugas alat-alat ekskresi adalah mengatur mekanisme homeostasis tubuh.
3. Ginjal merupakan alat ekskresi yang utama. Secara anatomis ginjal tersusun atas lapisan luar yang disebut kulit ginjal (*korteks*) dan lapisan sebelah dalam yang disebut sumsum ginjal (*medula*). Lapisan paling dalam berupa rongga ginjal yang disebut *pelvis renalis*.
4. Fungsi ginjal untuk menghasilkan urine. Proses di dalam ginjal meliputi penyaringan (*filtrasi*), penyerapan kembali zat-zat yang berguna (*reabsorpsi*), dan pengeluaran zat yang pada saat itu tidak diperlukan serta tidak dapat disimpan dalam tubuh (*augmentasi*).

5. Kulit merupakan lapisan terluar dari tubuh. Secara anatomi, kulit terdiri atas lapisan luar (*epidermis*), lapisan dalam (*dermis*), dan lapisan bawah dermis (*hipodermis*).
6. Kulit berfungsi untuk melindungi jaringan di bawahnya dari kerusakan-kerusakan fisik karena gesekan, penyinaran, kuman-kuman, dan zat kimia. Selain itu, kulit juga berfungsi untuk mengurangi kehilangan air, mengatur suhu tubuh, menerima rangsangan dari luar, dan sebagai alat ekskresi yang berupa keringat.
7. Kelainan dan penyakit pada ginjal, antara lain batu ginjal, nefritis, glukosuria, albuminuria, hematuria, dan diabetes insipidus. Kelainan dan penyakit pada kulit, antara lain skabies, pruritus kutanea, gangren, eksim, dan jerawat.



## Tugas Proyek

### (Kecakapan Personal)

Kunjungi suatu pusat kesehatan (klinik/puskesmas/rumah sakit). Carilah informasi tentang kelainan dan penyakit sistem ekskresi pada manusia dan cara mengatasinya. Presentasikan laporan kunjunganmu tersebut di depan kelas.



## Refleksi

Setelah mempelajari mengenai Sistem Ekskresi pada Manusia, tentunya kamu sudah memahami dan dapat menjelaskan kembali hal-hal tentang:

1. Alat-alat ekskresi pada manusia.
2. Kelainan dan penyakit pada sistem ekskresi.

Apabila kamu belum sepenuhnya memahami, cobalah pelajari kembali materi di atas secara cermat. Untuk lebih memantapkan pemahamanmu carilah tambahan materi melalui buku-buku referensi, majalah, maupun internet.



## Glosarium

- glomerulus* : anyaman pembuluh-pembuluh darah kapiler di bagian kulit ginjal.
- kapsula Bowman*: bagian berbentuk mangkuk yang mengelilingi glomerulus.
- metabolisme* : pertukaran zat di dalam tubuh yang meliputi proses pembentukan dan pembongkaran senyawa organik.
- pigmen* : zat pembawa warna pada kulit.
- tubulus* : beberapa variasi struktur menyerupai tabung kecil.
- ureter* : saluran yang membawa urine dari ginjal menuju ke kandung kemih.
- uretra* : saluran yang membawa urine dari kandung kemih menuju ke luar tubuh.
- urine* : cairan sisa metabolisme yang dikeluarkan melalui ginjal yang mengandung urea, amonia, dan garam-garam terutama garam dapur.

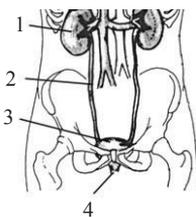


## Uji Kompetensi

### Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu.

#### A. Pilihlah salah satu jawaban soal berikut dengan tepat.

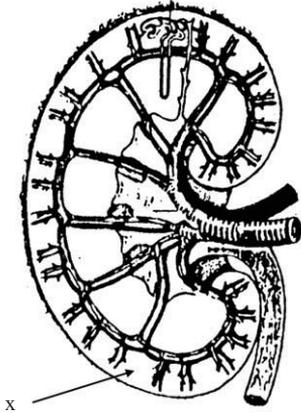
1. Perhatikan gambar berikut.



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

- a. 1                      c. 3  
b. 2                      d. 4
2. Urine dari kantong urine dikeluarkan melalui saluran yang disebut ....  
a. uretra                      c. ureter  
b. pelvis                      d. medula
3. Ginjal manusia terletak di dalam rongga perut, tepatnya di ....  
a. kanan dan kiri tulang pinggang  
b. kanan dan kiri tulang ekor  
c. kanan dan kiri tulang kelangkang  
d. kanan dan kiri tulang punggung
4. Kapsula Bowman merupakan bagian yang melindungi ....  
a. glomerulus                      c. badan malpighi  
b. pelvis                      d. ureter
5. Saluran urine yang keluar dari ginjal disebut .....  
a. medula                      c. ureter  
b. uretra                      d. pelvis

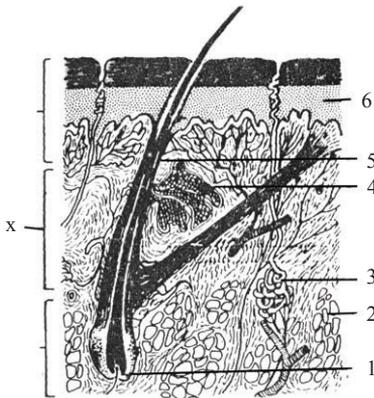
6. Perhatikan gambar irisan ginjal berikut.



Bagian yang bertanda x adalah ....

- a. korteks                      c. pelvis  
b. medula                      d. sumsum ginjal
7. Tahap filtrasi pembentukan urine terjadi pada ginjal adalah ....
- a. medula                      c. badan malpighi  
b. pelvis renalis              d. ureter

**Untuk soal nomor 8–9 perhatikan gambar penampang kulit berikut.**



8. Kelenjar keringat dan kelenjar minyak ditunjukkan oleh nomor ....
- a. 1 dan 2                      c. 4 dan 5  
b. 3 dan 4                      d. 5 dan 6

9. Bagian yang bertanda x pada gambar di atas disebut ....
- a. epidermis                      c. dermis  
b. hipodermis                      d. dermatitis
10. Pernyataan berikut berhubungan dengan sistem pengeluaran manusia, *kecuali* ....
- a. kulit menghasilkan keringat  
b. ginjal menghasilkan urine  
c. bagian kulit yang berperan sebagai alat ekskresi adalah kelenjar keringat  
d. pankreas menghasilkan enzim amilase
11. Penyakit gula atau kencing manis disebut juga ....
- a. albuminuria  
b. diabetes mellitus  
c. diabetes insipidus  
d. nefritis
12. 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. karbon dioksida dan uap air
13. Selain sebagai alat pengeluaran, kulit manusia juga mempunyai fungsi sebagai berikut, *kecuali* ....
- a. mengatur kadar gula dalam darah  
b. membentuk vitamin D  
c. sebagai indra peraba  
d. mengatur suhu tubuh
14. Sisa penyaringan pada proses filtrasi menghasilkan urine yang masih mengandung zat yang berguna bagi tubuh, *kecuali* ....
- a. glukosa  
b. sel darah merah  
c. garam-garam mineral  
d. asam amino

15. Jumlah urine yang dikeluarkan dari tubuh dipengaruhi oleh ....
  - a. banyaknya makanan yang dimakan
  - b. faktor emosional
  - c. banyaknya cairan yang diminum
  - d. jumlah glukosa yang harus dikeluarkan dari darah
16. Agar suhu tetap, tubuh akan mengeluarkan ....
  - a. keringat
  - b. urine
  - c. air ludah
  - d. karbondioksida
17. Infeksi kuman pada nefritis menyebabkan kerusakan ginjal bagian ....
  - a. glomerulus
  - b. kapsul Bowmen
  - c. medula
  - d. pelvis renalis
18. Diabetes mellitus dapat terjadi karena ....
  - a. nefron gagal menyerap kelebihan glukosa
  - b. pankreas menghasilkan insulin
  - c. kelebihan kadar garam dalam darah
  - d. adanya infeksi kuman pada glomerulus
19. 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
20. Adanya batu ginjal di dalam rongga ginjal dapat menimbulkan ....
  - a. diabetes insipidus
  - b. hematuria
  - c. nefritis
  - d. hidronefrosis

**B. Jawablah soal-soal berikut dengan singkat dan tepat.**

1. Sebutkan macam-macam alat ekskresi pada manusia dan sebutkan ekskret yang dihasilkannya.
2. Proses pembentukan urine pada manusia berlangsung melalui tiga tahap utama. Jelaskan mengenai tempat dan hasil dari ketiga tahap tersebut.
3. Faktor-faktor apakah yang memengaruhi banyak sedikitnya produksi urine manusia?
4. Jelaskan istilah-istilah di bawah ini.
  - a. hidronefrosis
  - b. glukosuria
  - c. albuminuria
  - d. hematuria
5. Sebut dan jelaskan secara singkat tiga macam kelainan pada ginjal yang kamu ketahui.

## Bab 2

# SISTEM REPRODUKSI PADA MANUSIA



Sumber: Dok. Penerbit

Secara umum cara perkembangbiakan makhluk hidup dapat digolongkan menjadi reproduksi aseksual (perkembangbiakan vegetatif) dan reproduksi seksual (perkembangbiakan generatif). Reproduksi merupakan proses terbentuknya individu baru. Manusia tergolong makhluk hidup yang melakukan reproduksi seksual. Oleh karena itu, dalam melakukan perkembangbiakan melibatkan dua induk (orang tua) yang masing-masing mempunyai alat reproduksi yang mendukung proses perkembangbiakan tersebut.

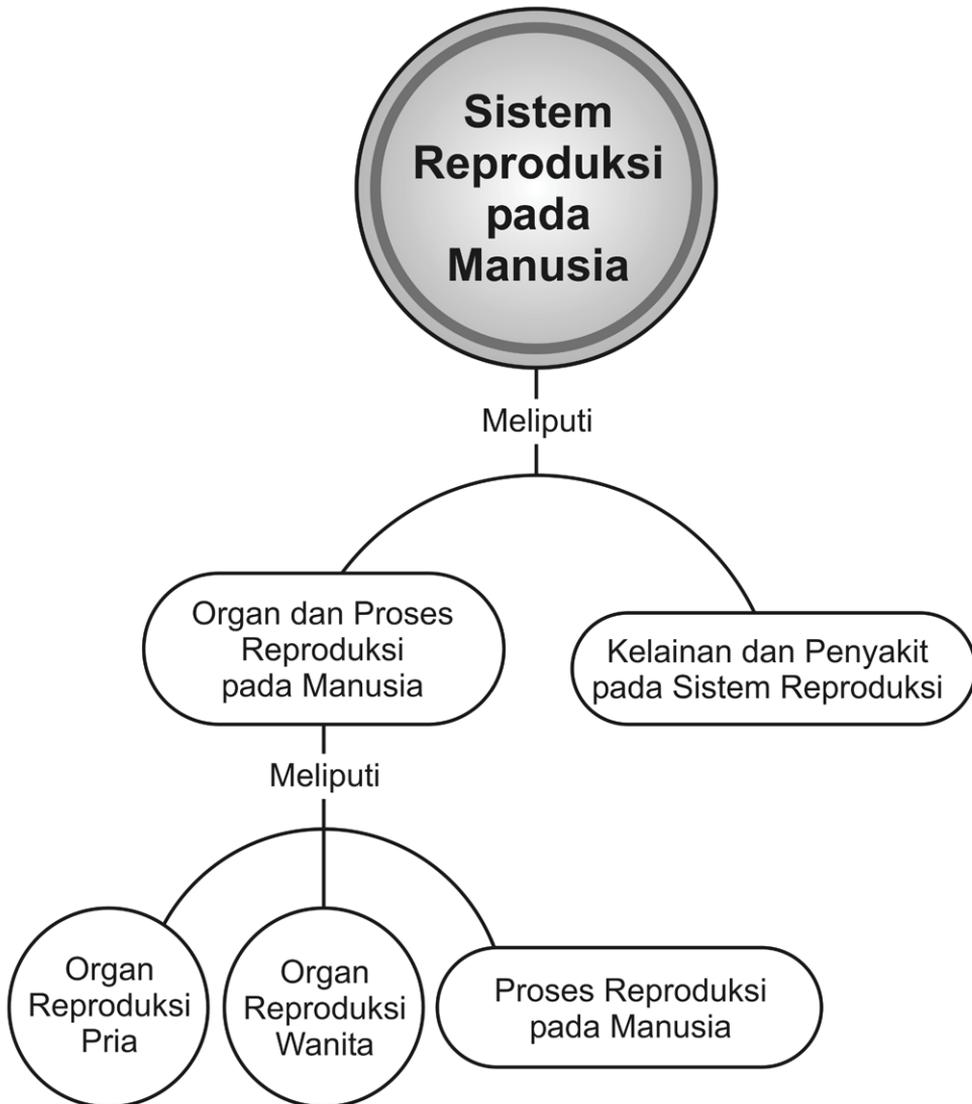
Fenomena reproduksi manusia akan kamu pelajari pada bab ini. Pada bab ini kamu akan mempelajari tentang organ reproduksi pada manusia serta kelainan dan penyakit pada sistem reproduksi.

### ❖ Pretest ❖

1. Sebutkan organ reproduksi bagian luar pada pria dan wanita.
2. Apa yang dimaksud ovulasi?
3. Sebutkan cara penularan AIDS.

### ❖ Kata-Kata Kunci ❖

- fertilisasi
- ovulasi
- menstruasi
- menopause
- zigot
- AIDS
- antibiotik



Reproduksi merupakan proses terbentuknya individu baru. Reproduksi bertujuan untuk melestarikan spesies agar tidak punah. Reproduksi pada manusia tergolong reproduksi seksual. Sistem reproduksi manusia melibatkan induk jantan dan induk betina. Dalam sistem reproduksi manusia, tiap-tiap induk mempunyai organ reproduksi.



## A. ORGAN REPRODUKSI PADA MANUSIA

Berdasarkan cara perkembangbiakannya manusia tergolong *vivipar* dengan *fertilisasi internal*. Ditinjau dari jenis kelaminnya, manusia dapat dibedakan menjadi pria dan wanita. Pria dan wanita mempunyai organ reproduksi yang berbeda.

### 1. Organ Reproduksi Pria

Organ reproduksi pria mempunyai dua fungsi reproduksi, yaitu produksi sel kelamin dan pelepasan sel-sel ke saluran sel kelamin wanita. Organ reproduksi pria terdiri atas empat bagian utama, yaitu testis, *vas defferens*, kantong sperma, dan penis.

#### a. Testis

Testis berjumlah sepasang dan berbentuk bulat telur. Testis tersimpan dalam suatu kantong yang disebut *skrotum* atau kantong buah zakar. Testis berfungsi sebagai tempat pembentukan sel sperma dan hormon kelamin (testosteron).

#### b. Vas defferens

*Vas defferens* merupakan saluran yang menghubungkan testis dan kantong sperma. *Vas defferens* berjumlah sepasang. Bagian ujungnya terletak di dalam kelenjar prostat.

#### c. Kantong sperma

Kantong sperma berjumlah sepasang dan berfungsi untuk menampung sperma sebelum dikeluarkan dari tubuh seorang pria.

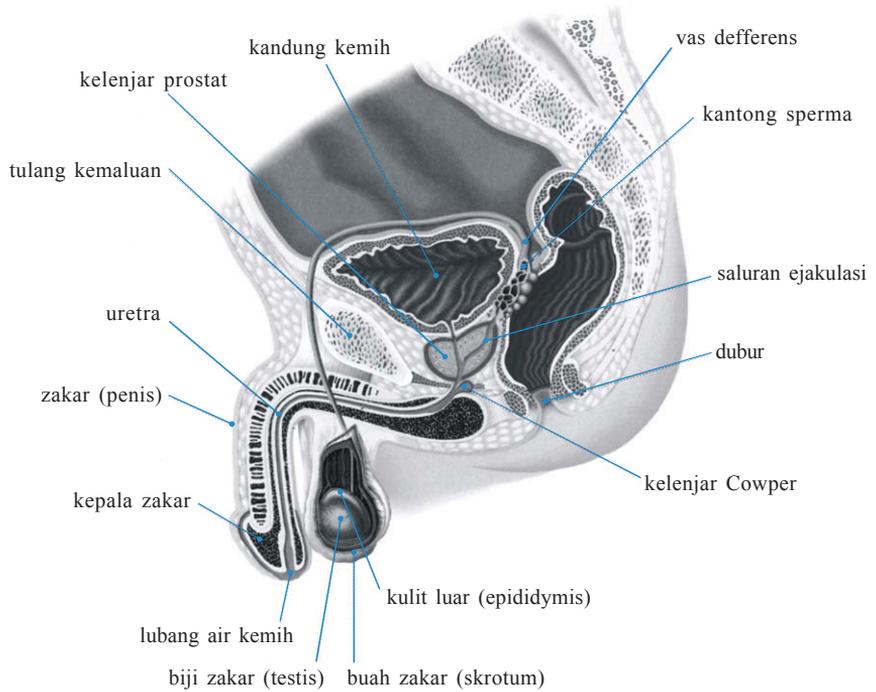
#### d. Penis

Di dalam penis terdapat uretra yang berfungsi sebagai saluran urine dan saluran sperma.

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:

- ☛ menyebutkan macam organ penyusun sistem reproduksi pada manusia;
- ☛ mendeskripsikan fungsi sistem reproduksi.



Sumber: *Kamus Visual*, 2004

▲ Gambar 2.1 Organ kelamin pria

## 2. Organ reproduksi wanita

Organ reproduksi seorang wanita terdiri atas ovarium (indung telur), oviduk/*tuba fallopi* (saluran telur), dan vagina.

### a. Ovarium

Ovarium berjumlah sepasang dan berfungsi menghasilkan sel telur (ovum). Ovarium terletak di rongga perut tepatnya di daerah pinggang kiri dan kanan. Ovarium diselubungi oleh kapsul pelindung dan mengandung beberapa folikel. Setiap folikel mengandung satu sel telur. Folikel merupakan struktur, seperti bulatan-bulatan yang mengelilingi oosit dan berfungsi menyediakan makanan dan melindungi perkembangan sel telur.

Sel telur yang telah masak akan lepas dari ovarium. Peristiwa itu disebut *ovulasi*. Selain menghasilkan sel telur, ovarium juga berfungsi menghasilkan hormon *estrogen* dan *progesteron*.

### b. Oviduk

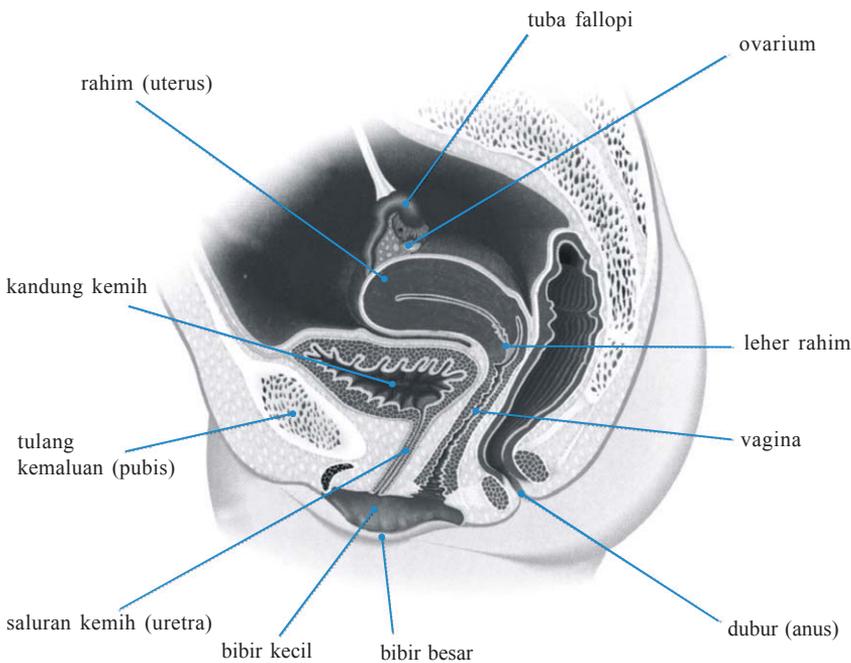
Oviduk berjumlah sepasang dan berfungsi menggerakkan ovum ke arah rahim dengan gerakan peristaltik. Ujungnya berbentuk corong berjumbai-jumbai (*fimbrae*). Fimbriae berfungsi untuk menangkap ovum yang dilepaskan oleh ovarium. Pembuahan sel telur oleh sperma terjadi pada oviduk, selanjutnya ovum yang telah dibuahi bergerak ke rahim (uterus).

Rahim merupakan tempat pertumbuhan dan perkembangan embrio hingga dilahirkan. Rahim manusia bertipe simpleks, artinya hanya mempunyai satu ruangan. Pada wanita yang belum pernah melahirkan, biasanya rahim berukuran panjang 7 cm dan lebar 4 cm. Rahim bagian bawah mengecil dan dinamakan *serviks uteri*, sedangkan bagian yang besar disebut *corpus uteri* (badan rahim). Dinding rahim terdiri atas tiga lapisan, yaitu *perimetrium*, *miometrium*, dan *endometrium*.

Endometrium menghasilkan banyak lendir dan mengandung banyak pembuluh darah. Lapisan inilah yang mengalami penebalan dan akan mengelupas setiap bulannya, jika tidak ada zigot yang menempel, yaitu saat terjadi menstruasi.

### c. Vagina

Vagina berfungsi sebagai organ persetubuhan dan untuk melahirkan bayi. Organ tersebut mempunyai banyak lipatan sehingga pada saat melahirkan dapat mengembang. Dalam vagina terdapat lendir yang dihasilkan oleh dinding vagina dan oleh suatu kelenjar, yaitu kelenjar *bartholini*.



▲ Gambar 2.2 Organ kelamin wanita

Sumber: *Kamus Visual*, 2004

## 3. Proses Reproduksi pada Manusia

Seperti organisme lainnya, manusia berkembangbiak secara seksual dan pada saat tertentu akan membentuk sel-sel kelamin (gamet). Sel-sel kelamin yang dibentuk seorang pria disebut sel mani (spermatozoa). Seorang pria dewasa menghasilkan lebih dari

seratus juta sel sperma setiap hari. Adapun sel-sel kelamin yang dibentuk oleh seorang wanita disebut sel telur (ovum). Proses pembentukan spermatozoa disebut *spermatogenesis*, sedangkan proses pembentukan ovum disebut *oogenesis*. Kedua proses mengawali terjadinya perkembangbiakan pada manusia.

Seorang wanita mampu memproduksi sel telur (ovum) setelah masa puber (remaja awal) sampai dewasa, yaitu sekitar umur 12 sampai 50 tahun. Setelah usia sekitar 50 tahun seorang wanita tidak produktif lagi yang ditandai dengan tidak mengalami menstruasi. Masa tersebut dinamakan *menopause*.

Setelah sel telur di dalam ovarium masak, dinding rahim menebal dan banyak mengandung pembuluh darah. Pembuahan didahului oleh peristiwa *ovulasi*, yaitu lepasnya sel telur yang masak dari ovarium. Jika sperma bertemu dengan ovum akan terjadi pembuahan. Pembuahan terjadi di oviduk. Sel telur yang telah dibuahi akan membentuk zigot. Zigot yang terbentuk segera diselubungi oleh selaput, kemudian menuju ke rahim. Di dalam rahim zigot menanamkan diri pada dinding rahim yang telah menebal.

Zigot yang telah berada di rahim akan terus tumbuh dan berkembang menjadi embrio sampai dilahirkan. Masa embrio/masa kehamilan manusia sekitar 9 bulan 10 hari. Di dalam rahim embrio mendapat makanan dari tubuh induk melalui plasenta (ari-ari). Embrio di dalam rahim dilindungi selaput pembungkus berikut.



Sumber: *Ilmu Pengetahuan Populer*, 2003

▲ Gambar 2.3 Embrio manusia

- a. *Amnion*, merupakan selaput yang membatasi ruangan tempat terdapatnya embrio. Dinding amnion mengeluarkan getah berupa air ketuban yang berguna untuk menjaga embrio agar tetap basah dan menahan guncangan.
- b. *Korion*, merupakan suatu selaput yang berada di sebelah luar amnion. Korion dan alantois akan tumbuh membentuk jonjot pembuluh darah yang berhubungan dengan peredaran darah induknya melalui plasenta.
- c. *Sakus vitellinus (kantong kuning telur)* terletak di antara amnion dan plasenta. *Sakus vitelinus* merupakan pemunculan sel-sel dan pembuluh darah yang pertama.
- d. *Alantois* terletak di dalam tali pusat. Alantois berfungsi untuk respirasi, saluran makanan, dan ekskresi. Waktu embrio berkembang, jaringan epitelnya menghilang dan tinggal pembuluh darah yang berfungsi sebagai penghubung embrio dan plasenta.

Jika setelah ovulasi sel telur tidak dibuahi sel sperma, jaringan dinding rahim yang telah menebal dan mengandung pembuluh darah akan rusak dan luruh disebut *haid (menstruasi)*. Peristiwa tersebut terjadi pada wanita setiap  $\pm 28$  hari sekali. Luruhnya dinding rahim tersebut ditandai dengan keluarnya darah melalui *vagina*.

Pola perkembangan embrio manusia berdasarkan usia disajikan pada tabel berikut.

**Tabel 2.1** Pola perkembangan embrio manusia berdasarkan usia.

Usia	Pola-Pola Perkembangan
1 bulan (4 minggu)	Bagian kepala, jantung, dan hati mulai terbentuk; sistem pencernaan sebagai suatu saluran sederhana; ada sebuah ekor yang khas; jaringan-jaringan ekstra embrionik mulai muncul.
2 bulan (8 minggu)	Telinga, mata, jari-jari, mulut, hidung, dan tumit merupakan bentuk-bentuk tersendiri; tulang mulai dibentuk, sistem pencernaan terbentuk; sistem saraf dan sistem sirkulasi mulai berfungsi; adanya alat kelamin luar, tetapi belum dapat dibedakan jenis kelaminnya.
3 bulan (12 minggu)	Ginjal, hati, tangan, lengan, tungkai, kaki, dan sistem pencernaan telah berkembang baik; alat kelamin luar antara pria dan wanita mulai dapat dibedakan; paru-paru mulai jelas; adanya gerakan-gerakan kecil dari janin.
4 bulan (16 minggu)	Detak jantung sudah dapat dirasakan; terbentuknya tulang-tulang di seluruh tubuh; kulit berkembang sepenuhnya; sudah dapat ditentukan jenis kelaminnya; munculnya alis, bulu mata, dan rambut kepala; gerakan janin meningkat.
9,5 bulan (38 minggu)	Sejak minggu ke-16 sampai saat kelahiran terjadi akumulasi lemak di bawah kulit; menjelang minggu ke-22 janin mulai membuka matanya; gerakan-gerakan janin dirasakan oleh ibunya, terjadi kenaikan gerak badan yang sangat cepat; pada bulan ke-7 posisi kepala ke bawah sebagai persiapan untuk kelahiran.

*Dirangkum dari berbagai sumber*



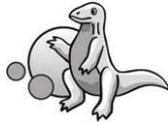
### Latihan

- Sebutkan organ reproduksi utama pada pria dan wanita.
- Apakah fungsi dari:
  - vas deferens*;
  - tuba fallopi*.
- Apakah yang dimaksud *ovulasi*?
- Apakah yang dimaksud:
  - menstruasi;
  - menopause*.
- Mengapa perkembangbiakan embrio manusia memerlukan waktu yang lama (sekitar 9 bulan 10 hari)? Jelaskan.

## Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:

- ☛ *mendata contoh kelainan dan penyakit pada sistem reproduksi manusia dan upaya mengatasinya;*
- ☛ *menyadari pentingnya menjaga kesehatan organ reproduksi.*



## B. KELAINAN DAN PENYAKIT PADA SISTEM REPRODUKSI

Penyakit pada sistem reproduksi manusia dapat disebabkan oleh virus ataupun bakteri. Penyakit yang menyerang sistem reproduksi manusia dinamakan juga penyakit kelamin. Pada umumnya, penyakit kelamin ditularkan melalui hubungan seksual. Penyakit tersebut dapat menyerang pria maupun wanita. Dapatkah kamu memberikan contoh penyakit yang menyerang sistem reproduksi pada manusia?



Sumber: <http://google.com>

▲ **Gambar 2.4** Bercak pada penderita sifilis

### 1. Sifilis

Sifilis adalah penyakit kelamin yang disebabkan oleh bakteri. Tanda-tanda sifilis, antara lain terjadinya luka pada alat kelamin, rektum, lidah, dan bibir; pembengkakan getah bening pada bagian paha; bercak-bercak di seluruh tubuh; tulang dan sendi terasa nyeri ruam pada tubuh, khususnya tangan dan telapak kaki.

Tanda-tanda penyakit ini dapat hilang, namun bakteri penyebab penyakit tetap masih di dalam tubuh, setelah beberapa tahun dapat menyerang otak sehingga bisa mengakibatkan kebutaan dan gila. Penyakit ini dapat disembuhkan jika dilakukan pengobatan dengan penggunaan antibiotik secara cepat.

### 2. Gonore (kencing nanah)

Gonore (kencing nanah) disebabkan oleh bakteri. Gejala dari gonore, antara lain keluarnya cairan seperti nanah dari saluran kelamin; rasa panas dan sering kencing. Bakteri penyebab penyakit ini dapat menyebar ke seluruh tubuh sehingga menyebabkan rasa nyeri pada persendian dan dapat mengakibatkan kemandulan. Penyakit ini dapat disembuhkan jika dilakukan pengobatan dengan penggunaan antibiotik secara cepat.

### 3. Herpes Genetalis

Herpes genetalis disebabkan oleh virus. Virus penyebab penyakit herpes genetalis adalah *Herpes simplex*. Gejala penyakit herpes genetalis, antara lain timbulnya rasa gatal atau sakit pada daerah kelamin dan adanya luka yang terbuka atau lepuhan berair.



### AIDS

AIDS bukanlah penyakit pada sistem reproduksi. Namun, AIDS dapat disebabkan karena adanya hubungan seksual, yang merupakan proses reproduksi pada manusia, oleh penderita AIDS.

AIDS merupakan kumpulan gejala penyakit karena turunya sistem kekebalan tubuh. AIDS (*Aquired Immuno Deficiency Syndrome*) disebabkan oleh virus HIV (*Human Immunodeficiency Syndrome*).

Sampai saat ini, AIDS sudah menular ke berbagai negara. Sampai sekarang belum ditemukan vaksin yang bisa mencegah seseorang supaya tidak terinfeksi HIV, walaupun banyak penelitian medis sudah dilakukan. Jadi, begitu seseorang terkena HIV, virus HIV terus berada di dalam tubuh seseorang dan melemahkan sistem pertahanan tubuh (sel darah putih). Jika pertahanan tubuh sudah lemah, orang akan mudah diserang oleh berbagai macam penyakit. Penyakit-penyakit inilah yang dapat menyebabkan kematian.

AIDS menuntut perhatian kita semua karena beberapa alasan, yaitu semua orang bisa terkena AIDS, belum ditemukan vaksin pencegahnya, penyebarannya sangat cepat dan tidak diketahui proses pengobatannya. Siapakah orang yang dapat terinfeksi HIV?

Semua orang yang melakukan perilaku yang berisiko penularan HIV dapat terinfeksi, tidak peduli orang itu dari keluarga baik-baik atau bukan, kaya atau miskin, bodoh atau pintar, heteroseksual atau homoseksual.

Beberapa perilaku yang berisiko menularkan AIDS sebagai berikut.

1) Hubungan seks dengan penderita AIDS.

- 2) Penerima transfusi darah yang sudah tercemar HIV.
- 3) Penggunaan jarum tindik atau pembuatan tato yang sudah tercemar HIV.
- 4) Penggunaan jarum suntik yang sudah terkena virus HIV tanpa disterilkan lebih dahulu.
- 5) Ibu hamil yang terinfeksi HIV dapat menularkan HIV pada bayi yang dikandungnya.

Seseorang yang terinfeksi HIV, seperti ditunjukkan gambar di bawah, sistem kekebalan tubuh akan makin menurun, berkurang, dan akhirnya hilang. Adapun fase-fase dan gejala HIV sebagai berikut.

#### Fase I (fase awal)

Penderita masih tampak seperti orang sehat, belum memperlihatkan gejala. Fase ini berlangsung antara 5 sampai 7 tahun. Hal itu bergantung pada kekebalan tubuh penderita.

#### Fase II (fase lebih lanjut)

Mulai muncul gejala awal penyakit yang terkait HIV, seperti hilang selera makan dan tubuh lemah, keluar keringat berlebihan di malam hari, timbul bercak-bercak di kulit, pembengkakan kelenjar getah bening, diare terus-menerus, serta flu yang tidak kunjung sembuh. Fase ini berlangsung sekitar 6 bulan sampai 2 tahun.



Sumber: <http://google.com>



## Latihan

1. Sebutkan tanda-tanda seseorang terserang sifilis.
2. Apakah penyebab penyakit gonore?



## Rangkuman

1. Reproduksi merupakan proses terbentuknya individu baru. Reproduksi manusia tergolong reproduksi seksual.
2. Dalam sistem reproduksi manusia melibatkan induk jantan dan induk betina. Tiap induk memiliki organ-organ reproduksi.
3. Organ reproduksi utama pada pria meliputi testis, vas deferens, kantong sperma, dan penis. Adapun organ-organ reproduksi wanita meliputi ovarium, oviduk, tuba fallopi, dan vagina.
4. Pembuahan terjadi, jika sperma bertemu dengan ovum. Sel telur yang telah dibuahi akan membentuk zigot. Zigot akan terus tumbuh dan berkembang menjadi embrio sampai dilahirkan.
5. Penyakit yang menyerang sistem reproduksi, antara lain sifilis, gonore, dan herpes genetalis. Penyebabnya dapat berupa virus ataupun bakteri. Pada umumnya penyakit tersebut ditularkan melalui hubungan seksual.



## Tugas Proyek

### (Kecakapan Personal)

Kunjungi suatu pusat kesehatan (klinik/puskesmas/rumah sakit). Carilah informasi tentang kelainan dan penyakit sistem reproduksi pada manusia dan cara mengatasinya. Presentasikan laporan kunjunganmu tersebut di depan kelas.



## Refleksi

Setelah mempelajari mengenai Sistem Reproduksi pada Manusia, tentunya kamu sudah memahami dan dapat menjelaskan kembali tentang:

1. Organ reproduksi pada manusia.
2. Kelainan dan penyakit pada sistem reproduksi.

Apabila ada hal-hal yang sekiranya belum kamu pahami, cobalah pelajari materi di atas dengan cermat. Untuk lebih meningkatkan pemahamanmu carilah referensi pendukung melalui artikel maupun internet.



## Glosarium

<i>alantois</i>	: membran ekstra embrionik pada reptilia, unggas, dan mamalia yang membentuk kantung yang tumbuh dari bagian belakang saluran pencernaan
<i>fertilisasi internal</i>	: pembuahan yang terjadi di dalam tubuh induk
<i>hormon estrogen</i>	: hormon kelamin yang dihasilkan terutama oleh indung telur dan berfungsi, antara lain untuk merangsang munculnya tanda-tanda kelamin sekunder pada wanita atau binatang betina
<i>hormon progesteron</i>	: hormon perempuan yang dihasilkan korpus inteum, korteks adrenal, plasenta, yang menyebabkan timbulnya stadium sekresi pada selaput lendir uterus (rahim)
<i>hormon testoteron</i>	: hormon laki-laki yang dihasilkan oleh testis yang menyebabkan timbulnya ciri seks sekunder laki-laki
<i>oosit</i>	: sel yang dihasilkan telur melalui proses meiosis oogonium



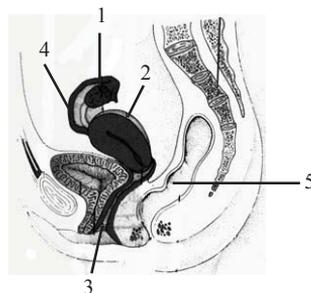
## Uji Kompetensi

**Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu.**

### A. Pilihlah salah satu jawaban soal berikut dengan tepat.

- Berikut ini yang *bukan* termasuk organ reproduksi pada pria adalah ....
  - testis
  - tuba fallopi
  - vas defferens
  - penis
- Berikut ini yang termasuk organ reproduksi pada wanita adalah ....
  - testis
  - vas defferens
  - vagina
  - penis

**Untuk menjawab soal nomor 3 – 5, perhatikan gambar berikut.**





## Bab 3

# SISTEM KOORDINASI DAN ALAT INDRA PADA MANUSIA



Sumber: Dok. Penerbit

*Apa yang dilakukan orang untuk mengatasi hawa dingin? Seseorang dapat merasakan dingin karena dia mempunyai kulit. Kulit mempunyai indra khusus (reseptor) yang dapat menanggapi rangsang sentuhan, tekanan, sakit, panas, atau dingin. Kulit merupakan salah satu bagian dari alat indra yang dimiliki manusia.*

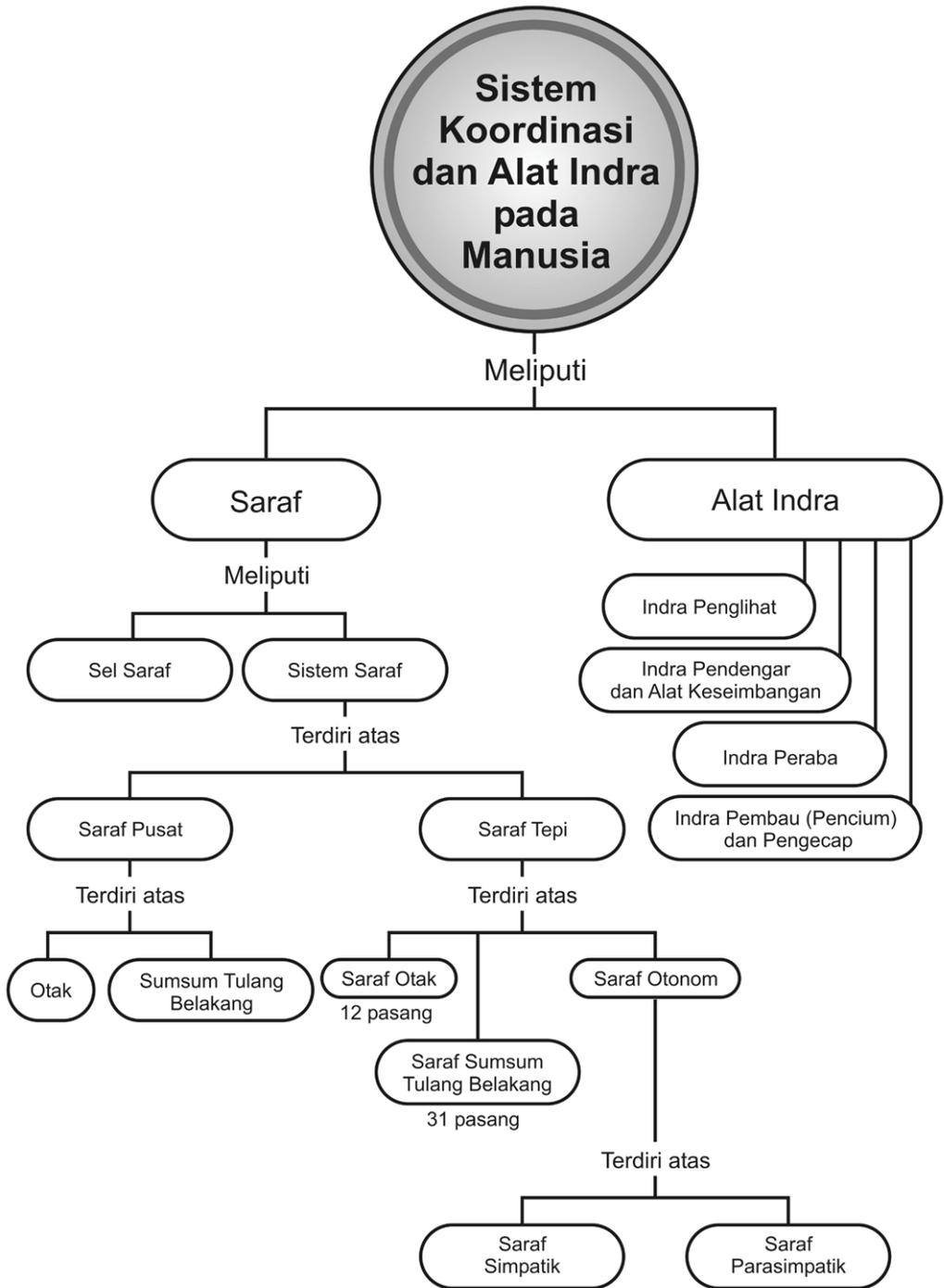
*Fenomena terasanya suatu rangsangan oleh indra manusia akan kamu pelajari pada bab ini. Pada bab ini kamu akan mempelajari tentang sistem saraf dan alat indra.*

### ❖ Pretest ❖

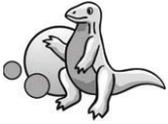
1. Jelaskan perbedaan fungsi dendrit dan neurit.
2. Bagaimana suatu gerakan dapat terjadi?
3. Bagaimana proses telinga dapat menangkap getaran bunyi?

### ❖ Kata-Kata Kunci ❖

- neuron
- saraf otonom
- reseptor



Tubuh manusia terdiri atas organ-organ tubuh yang masing-masing mempunyai fungsi tertentu. Agar organ-organ tubuh dapat bekerja sama dengan baik, diperlukan adanya koordinasi. Pada manusia dan sebagian besar hewan, koordinasi dilakukan oleh sistem saraf, sistem indra, dan sistem hormon. Dalam bab ini hanya akan dibahas dua di antaranya, yaitu sistem saraf dan sistem indra.



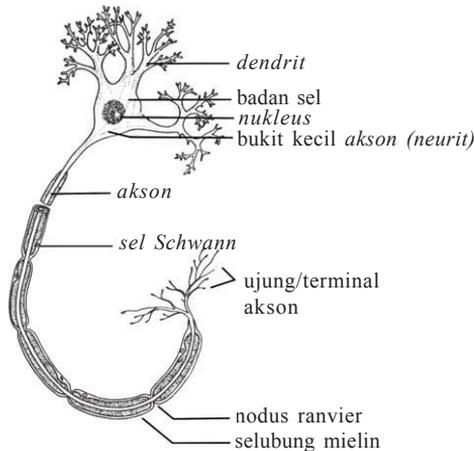
## A. SISTEM SARAF

Sistem saraf sangat berperan dalam iritabilitas tubuh. Tahukah kamu apa yang dimaksud iritabilitas? Iritabilitas memungkinkan makhluk hidup dapat menyesuaikan diri dan menanggapi perubahan-perubahan yang terjadi di lingkungannya. Jadi, iritabilitas adalah kemampuan menanggapi rangsangan.

Sistem saraf mempunyai tiga fungsi utama, yaitu menerima informasi dalam bentuk rangsangan atau *stimulus*; memproses informasi yang diterima; serta memberi tanggapan (*respon*) terhadap rangsangan.

### 1. Sel Saraf (*Neuron*)

Unit terkecil penyusun sistem saraf adalah sel saraf disebut *neuron*. Setiap satu sel saraf (*neuron*) terdiri atas bagian utama yang berupa badan sel saraf, *dendrit*, dan *akson*.



Sumber: *Biologi*, 1994

▲ **Gambar 3.1** Struktur suatu neuron motor. Kebanyakan aksonnya dihilangkan

Badan sel saraf adalah bagian sel saraf yang paling besar. Di dalamnya terdapat nukleus dan sitoplasma. Di dalam sitoplasma terdapat mitokondria yang berfungsi membangkitkan energi untuk membawa rangsangan.

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:

- membandingkan bentuk/bangun/bagian organ dan/atau organ penyusun sistem saraf pada manusia;
- mendeskripsikan fungsi otak, sumsum tulang belakang, dan sel saraf dalam sistem koordinasi.

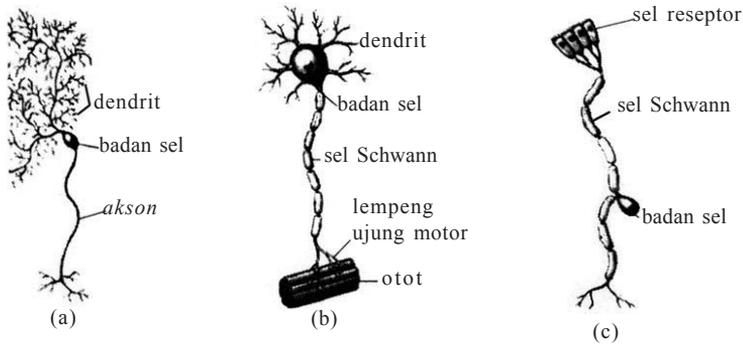
*Dendrit* adalah serabut-serabut yang merupakan tonjolan sitoplasma dan berfungsi untuk menyalurkan impuls saraf menuju ke badan sel saraf. *Dendrit* merupakan percabangan dari badan sel saraf yang biasanya berjumlah lebih dari satu pada setiap *neuron*.

*Akson* atau *neurit* merupakan tonjolan sitoplasma yang panjang (lebih panjang daripada *dendrit*), berfungsi untuk menyalurkan impuls saraf meninggalkan badan sel saraf ke *neuron* atau jaringan lainnya. Jumlah *akson* biasanya hanya satu pada setiap *neuron*. Di dalamnya terdapat benang-benang halus yang disebut *neurofibril*. Di bagian ujung yang jauh dari badan sel saraf terdapat cabang-cabang yang berhubungan dengan dendrit dari sel saraf yang lain. *Akson* terbungkus oleh beberapa lapis selaput *mielin* yang banyak mengandung lemak. Selaput *mielin* disusun oleh *Sel-sel Schwann*. Lapisan *mielin* yang paling luar disebut *neurilema*. Lapisan tersebut berfungsi untuk melindungi akson dari kerusakan. *Sel Schwann* membentuk jaringan yang membantu menyediakan makanan untuk *neurit* dan membantu regenerasi *neurit*. Selubung *mielin* bersegmen-segmen. Lekukan di antara dua segmen disebut *nodus ranvier*. *Nodus ranvier* berfungsi mempercepat transmisi impuls saraf. Adanya *nodus ranvier* tersebut memungkinkan saraf meloncat dari satu *nodus* ke *nodus* yang lain, sehingga impuls lebih cepat sampai pada tujuan.

Pertemuan antara serabut saraf dari sel saraf yang satu dengan serabut saraf dari sel saraf yang lain disebut *sinapsis*. Pada setiap *sinapsis* terdapat celah *sinapsis*. *Sinapsis* juga sebagai penghubung antara ujung *akson* salah satu sel saraf dengan ujung *dendrit* sel saraf yang lain. Pada bagian ujung *akson* terdapat kantong yang disebut *bulbus akson*. Kantong tersebut berisi zat kimia yang disebut *neurotransmitter*. *Neurotransmitter* dapat berupa asetilkolin dan kolinesterase yang berfungsi dalam penyampaian impuls saraf pada *sinapsis*.

## 2. Macam-Macam Neuron

Menurut fungsinya, *neuron* dibedakan menjadi tiga macam yaitu *neuron* sensorik, *neuron* motorik, dan *neuron* asosiasi. *Neuron* sensorik juga disebut sel saraf indra, karena berfungsi meneruskan rangsang dari peneri-ma (indra) ke saraf pusat (otak dan sumsum tulang belakang). Badan sel saraf ini bergerombol membentuk ganglia, *akson* pendek, dan *dendritnya* panjang. *Neuron* motorik (sel saraf penggerak) berfungsi membawa impuls dari pusat saraf (otak) dan sumsum tulang belakang ke otot. Sel saraf ini mempunyai *dendrit* yang pendek dan *akson* yang panjang. *Neuron* asosiasi atau sel saraf penghubung banyak terdapat di dalam otak dan sumsum tulang belakang. *Neuron* tersebut berfungsi menghubungkan atau meneruskan impuls dari sel saraf sensorik ke sel saraf motorik.



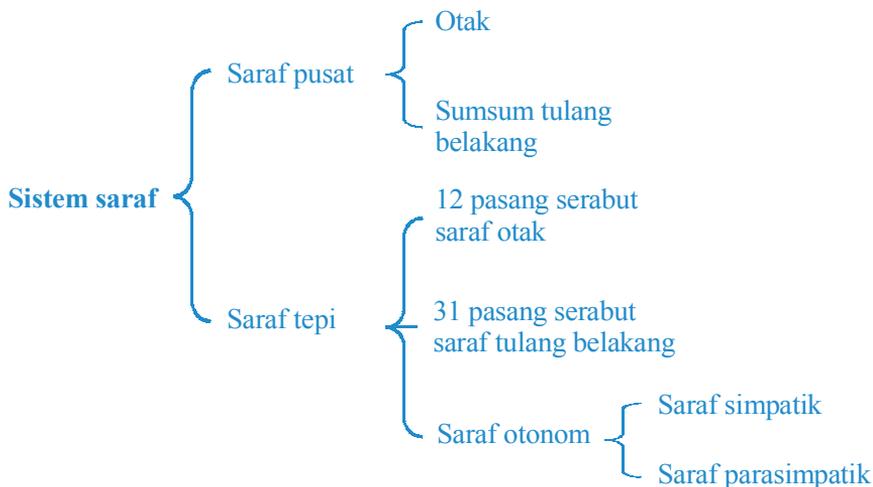
Sumber: *Biologi*, 1996

▲ **Gambar 3.2** Jenis-jenis neuron  
 (a) neuron sensorik,  
 (b) neuron motorik, dan  
 (c) neuron asosiasi

### 3. Susunan Saraf Manusia

Sistem saraf manusia bagaikan jaringan telepon yang berfungsi sebagai alat komunikasi. Jika kamu menelepon seseorang suaramu akan merambat melalui kabel telepon ke pusat pengontrol telepon. Di sini suaramu dipindah ke kabel lain yang menghubungkannya dengan telepon orang yang kamu tuju. Dengan cara yang sama impuls yang merambat melalui saraf sampai ke pusat susunan saraf sebagai pengontrol akan mengoordinasikan kegiatan tubuh.

Agar lebih mudah memahami saraf manusia, perhatikan bagan berikut.



▲ **Gambar 3.3** Bagan sistem saraf manusia

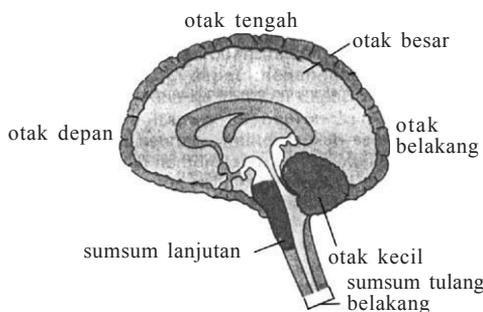
### a. Sistem saraf pusat

Sistem saraf pusat terdiri atas otak dan sumsum tulang belakang.

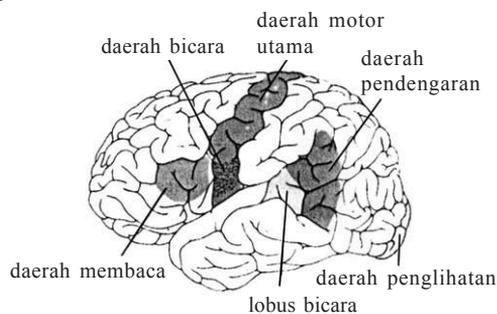
#### 1) Otak

Otak merupakan pusat koordinasi dalam tubuh manusia. Otak terdapat di dalam rongga tengkorak, tepatnya di depan sumsum tulang belakang, dan diselubungi oleh selaput. Selaput yang menyelubungi otak disebut *selaput meninges*. Selaput ini dibedakan menjadi tiga bagian, yaitu lapisan terluar yang melekat pada tulang (*duramater*), lapisan tengah yang berbentuk sarang laba-laba (*arachnoid*), dan lapisan dalam yang melekat pada permukaan otak (*piamater*). Di antara *arachnoid* dan *piamater* terdapat ruang berisi cairan yang merupakan pelindung otak, jika terjadi benturan. Bagian-bagian otak meliputi otak besar (*cerebrum*), otak kecil (*cerebelum*), otak tengah (*mesencephalon*), dan sumsum lanjutan (*medulla oblongata*).

Otak besar mempunyai permukaan yang berlipat-lipat dan memiliki dua lapisan, yaitu lapisan tipis di bagian luar (*korteks*) dan lapisan tebal di bagian dalam (*medulla*). *Korteks* berwarna kelabu berisi badan sel saraf, sedangkan *medulla* berwarna putih berisi *dendrit* serta *akson*. Otak besar manusia mempunyai beberapa bagian dengan fungsi masing-masing. Otak besar bagian belakang merupakan pusat penglihatan, sedangkan bagian samping merupakan pusat pendengaran. Bagian tengah otak besar merupakan pusat pengatur kepekaan kulit dan otot yang berhubungan dengan rangsang panas, dingin, sentuhan, serta tekanan. Di bagian tengah dan belakang otak besar terdapat daerah sebagai pusat perkembangan kecerdasan, sikap, kepribadian, dan ingatan.



▲ Gambar 3.4 Otak dilihat dari samping



Sumber: *Ensiklopedia Iptek*, 2004

▲ Gambar 3.5 Pembagian kendali kegiatan pada otak besar

Fungsi otak kecil manusia adalah sebagai pengatur keseimbangan tubuh dan sebagai pusat koordinasi kerja otot ketika bergerak. Otak kecil terdiri atas dua bagian, yaitu bagian kiri dan kanan. Kedua bagian tersebut dihubungkan oleh *jembatan varol*. *Jembatan varol* berfungsi untuk menghantarkan impuls otot-otot bagian kanan dan kiri tubuh.

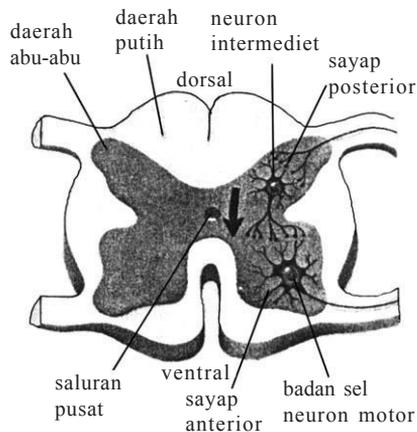
Otak tengah terletak di depan otak kecil dan *jembatan varol*. Bagian atas otak tengah merupakan pusat refleks mata dan pusat pendengaran.

Sumsum lanjutan disebut juga sumsum sambung atau batang otak. Sumsum lanjutan mempunyai beberapa fungsi, yaitu sebagai pusat pengatur pernapasan, denyut jantung, suhu tubuh, serta pusat pelebaran dan penyempitan pembuluh darah. Sumsum lanjutan atau sumsum penghubung merupakan penghubung antara otak dengan sumsum tulang belakang.

## 2) Sumsum tulang belakang

Sumsum tulang belakang mempunyai dua fungsi utama, yaitu sebagai penghubung impuls yang berasal dari otak serta sebagai pusat gerak refleks. Sumsum tulang belakang (*medula spinalis*) menempati rongga tulang belakang dan berbentuk memanjang. Selaput pembungkusnya sama seperti pada otak, terdiri atas *duramater*, *arachnoid*, dan *piamater*.

Penampang melintang sumsum tulang belakang terbagi atas dua bagian, yaitu bagian dalam dan bagian luar. Bagian dalam berwarna kelabu, banyak mengandung badan sel saraf dan sel saraf penghubung. Bagian luar berwarna putih, dan banyak mengandung serabut saraf.



Sumber: *Biologi*, 1996

▲ Gambar 3.6 Penampang melintang sumsum tulang belakang

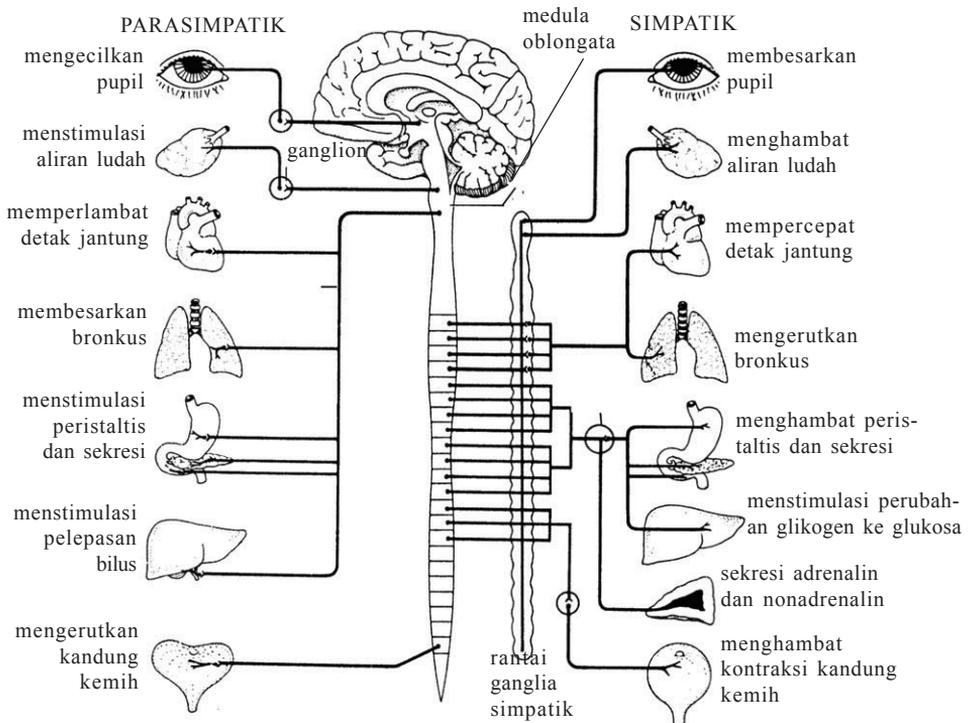
## b. Sistem saraf tepi

Menurut asal atau hubungannya, sistem saraf tepi dibedakan menjadi saraf otak dan saraf sumsum tulang belakang. Saraf otak adalah saraf yang keluar dari otak menuju alat-alat indra, misalnya mata, telinga, hidung, atau menuju otot-otot dan kelenjar tertentu. Saraf otak terdiri atas 12 pasang. Saraf sumsum tulang belakang adalah saraf yang keluar dari sumsum tulang belakang menuju alat-alat gerak tubuh, seperti lengan dan kaki, serta otot tubuh lain seperti otot dada dan leher. Saraf tersebut terdiri atas 31 pasang. Saraf ini merupakan gabungan dari neuron sensorik dan motorik.

Selain kedua saraf tersebut, pada sistem saraf tepi juga terdapat saraf tak sadar. Saraf tak sadar adalah saraf yang berfungsi mengatur kegiatan organ tubuh yang bekerja di luar kesadaran. Saraf tak sadar sering disebut *saraf otonom*. Saraf tak sadar terdiri atas sistem saraf simpatik dan sistem saraf parasimpatik. Kedua sistem saraf tersebut bekerja saling berlawanan.

Sistem saraf simpatik mempunyai simpul saraf atau *ganglion* di sepanjang tulang belakang sebelah depan, mulai ruas leher terbawah sampai dengan tulang ekor. Tiap simpul saraf saling berhubungan, sehingga menjadi dua deretan, yaitu deretan kiri dan kanan. Tiap simpul dihubungkan oleh sumsum tulang belakang. Dari tiap simpul terdapat saraf yang menuju ginjal, paru-paru, jantung, dan organ-organ lainnya. Fungsi saraf simpatik, antara lain mengerutkan kulit rambut, mempercepat denyut jantung, memperlebar pembuluh darah, dan mempertinggi tekanan darah.

Sistem saraf parasimpatik berupa jaring-jaring yang saling berhubungan dengan *ganglion* yang tersebar di seluruh tubuh. Fungsi saraf parasimpatik berlawanan dengan fungsi saraf simpatik. Fungsi saraf parasimpatik, antara lain mengembungkan kulit rambut, memperlambat denyut jantung, mempersempit pembuluh darah, dan menurunkan tekanan darah.



Sumber: *Biologi*, 1990

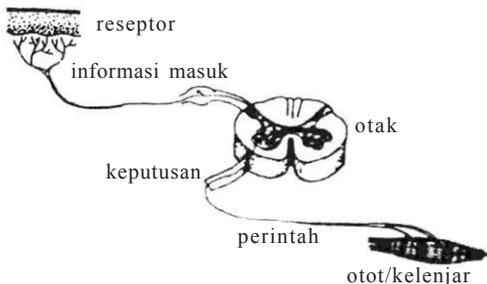
▲ **Gambar 3.7** Sistem saraf otonom. Saraf simpatik mempersiapkan tubuh untuk keadaan darurat. Saraf parasimpatik membalikkan pengaruh (efek) rangsangan simpatik

#### 4. Gerak Biasa dan Gerak Refleks

Suatu gerakan terjadi biasanya diawali dengan adanya rangsangan. Gerakan yang terjadi ada yang kita sadari sebelumnya dan ada yang kita sadari setelah terjadinya gerakan. Berdasarkan hal tersebut, gerak dapat dibedakan menjadi dua, yaitu gerak biasa dan gerak refleks.

##### a. Gerak biasa

Di musim hujan, kamu sering keujanan dan merasa kedinginan. Agar tidak keujanan, kamu sering membawa payung sebelum bepergian.



◀ Gambar 3.8 Skema perjalanan pulsa elektrik pada gerak biasa

Sumber: *Biologi*, 1995

Bagaimana proses terbukanya payung pada saat hujan? Proses dimulai dari adanya titik-titik hujan yang mengenai reseptor pada kulit. Reseptor selanjutnya mengirimkan impuls titik-titik air hujan sepanjang *neuron* sensorik menuju ke *neuron* asosiasi di dalam sumsum spinal, kemudian dilanjutkan ke otak. Otak mengolah impuls “titik-titik air hujan” dan selanjutnya memutuskan untuk membuka payung. Dari otak impuls “membuka payung” dikirim melalui *neuron* asosiasi ke sumsum spinal selanjutnya ke *neuron* motorik di tanganmu. Akhirnya tanganmu segera bergerak membuka payung.

Gerakan membuka payung, seperti yang dicontohkan pada uraian di atas merupakan gerakan yang kamu sadari sebelumnya. Dengan kata lain gerak terjadi karena adanya perintah dari otak. Gerak yang demikian itu dinamakan gerak biasa. Jalannya rangsang gerak biasa dapat diikhtisarkan sebagai berikut.

Rangsang — Reseptor — Saraf sensorik — Otak —  
Saraf motorik — Efektor — Gerakan

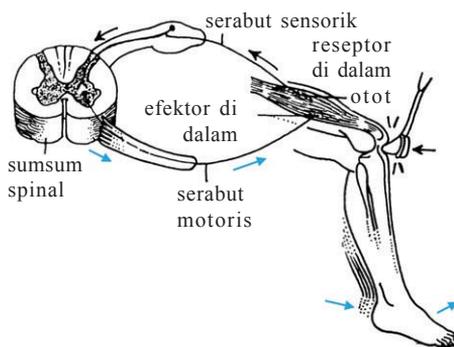
##### b. Gerak refleks

Ketika berjalan, secara tidak sengaja kakimu tertusuk paku yang tajam. Apa yang kamu lakukan ketika kaki kamu tertusuk paku yang tajam pada saat sedang berjalan? Paku yang mengenai kakimu merupakan rangsangan (impuls) yang diterima oleh kulit kaki. Impuls tersebut diteruskan oleh *neuron* sensorik menuju ke sumsum tulang belakang yang segera meneruskannya ke *neuron*

asosiasi. Dari *neuron* asosiasi, impuls bergerak ke *neuron* motorik yang kemudian meneruskannya ke otot kakimu. Akhirnya kamu menarik kakimu ke atas dengan cepat. Gerakan kaki yang kamu lakukan tersebut hanya dikendalikan oleh sumsum tulang belakang, sedangkan otak kamu tidak terlibat. Jadi, kamu tidak menyadari ketika mengangkat kaki yang tertusuk paku tadi. Gerakan seperti ini disebut *gerak refleks*. Gerak refleks terjadi dengan cepat sebagai reaksi otomatis terhadap rangsangan dari lingkungan. Jalan yang dilalui rangsang pada gerak refleks adalah sebagai berikut.

Rangsang — Reseptor — Saraf sensorik — Sumsum tulang belakang — Saraf motorik — Efektor — Gerakan

Pada umumnya, gerak refleks merupakan upaya tubuh kita untuk menghindari bahaya. Suatu saat tatkala impuls telah mencapai sumsum tulang belakang, *neuron* asosiasi mengirim impuls lain ke otak. Ketika impuls tersebut sampai ke otak, kamu baru menyadari bahwa kamu telah mengangkat kaki karena merasa sakit terkena paku.



Sumber: *Biologi*, 1995

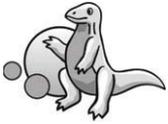
▲ Gambar 3.9 Alur refleks

Menurut pusat terjadinya refleks, gerak refleks dibedakan menjadi dua, yaitu refleks otak dan refleks sumsum tulang belakang. Refleks otak, misalnya kejang mata. Jalur refleks mata tidak melalui sumsum tulang belakang, tetapi langsung ke otak. Adapun, otak memberikan tanggapan di luar kendali kemauan sadar manusia. Refleks sumsum tulang belakang, misalnya refleks lutut. Gerak refleks tersebut berpusat pada sumsum tulang belakang.



## Latihan

1. Apa fungsi utama dari sistem saraf?
2. Sebut dan jelaskan tiga macam *neuron* menurut fungsinya.
3. Jelaskan fungsi otak besar manusia.
4. Apa perbedaan antara saraf sadar dan saraf tak sadar?
5. Jelaskan perbedaan antara gerak biasa dan gerak refleks.



## B. ALAT INDRA

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:

- menunjukkan bagian-bagian alat indra dan fungsinya;
- mendata contoh kelainan dan penyakit pada alat indra yang biasa dijumpai dalam kehidupan sehari-hari dan upaya mengatasinya.

Manusia sebagai salah satu anggota kelas mamalia mempunyai lima macam indra, yaitu indra penglihat, pendengar, peraba, pembau, dan pengecap. Dengan memiliki indra tersebut, manusia mampu mengenal lingkungannya dan memberikan respons terhadap perubahan-perubahan yang terjadi.

Indra merupakan “jendela” bagi tubuh untuk mengenal dunia luar. Selain itu, dengan reseptor-reseptor yang ada pada masing-masing alat indra, manusia mampu mengadakan respons yang dapat dipergunakan sebagai upaya proteksi terhadap gangguan-gangguan dari luar tubuh.

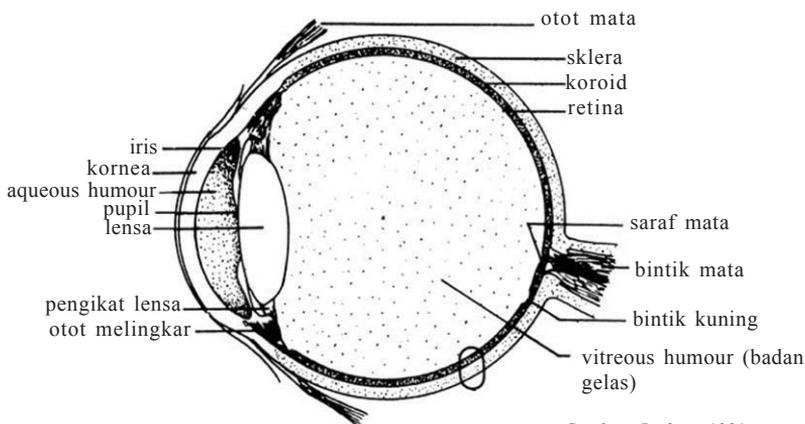
### 1. Indra Penglihat

Indra penglihat manusia berupa mata. Pada saat pembelajaran IPA kelas VIII, kamu sudah mempelajari mata sebagai alat optik. Adapun, mata sebagai indra penglihat memiliki bagian-bagian tertentu yang membentuk sistem penglihatan.

#### a. Bagian-bagian mata

Mata berbentuk bola, sedikit pipih dari arah depan ke belakang. Bola mata atau biji mata terletak di dalam rongga mata dan dilindungi oleh tulang-tulang tengkorak. Bagian luar bola mata dilindungi oleh kelopak mata. Tepat di atas sudut luar mata terdapat kelenjar air mata yang berfungsi membasahi dan membersihkan permukaan mata.

Bola mata melekat pada dinding rongga mata melalui tiga pasang otot. Ketiga pasang otot tersebut berfungsi untuk menggerakkan bola mata. Jika kerja otot mata kanan dan otot mata kiri tidak serasi akan terjadi kelainan yang disebut *juling*. Perhatikan penampang mata pada Gambar 3.10.



Sumber: *Biologi*, 1991

▲ Gambar 3.10 Penampang mata

Bagian-bagian pokok mata secara singkat diuraikan seperti berikut.

#### 1) Kornea

*Sklera* merupakan dinding yang terluar, keras dan putih, biasanya disebut bagian putih. Bagian depannya menonjol dan tembus cahaya (transparan) dinamakan *kornea*. Kornea berfungsi membantu memfokuskan bayangan benda pada retina. Kornea mempunyai selaput tipis yang disebut *konjungtiva*.

#### 2) Pupil

Lapisan kedua dari bola mata adalah *koroid*. Lapisan tersebut merupakan lapisan tengah disebut selaput darah karena banyak terdapat pembuluh-pembuluh darah kecuali pada bagian depan. Pada bagian depan lapisan tersebut sedikit terbuka disebut *pupil*. Pupil terletak tepat di belakang kornea bagian tengah. Pupil dapat mengalami perubahan ukuran, bergantung dari intensitas cahaya yang masuk ke mata. Perubahan ini terjadi secara refleks. Apabila cahaya sangat terang atau kuat, pupil akan menyempit atau mengalami kontraksi, sebaliknya apabila cahaya redup, pupil akan melebar atau mengalami dilatasi.

Di sekitar pupil terdapat daerah yang mengandung pigmen dan disebut *iris*. Pigmen inilah yang menyebabkan perbedaan warna mata, hingga ada orang yang bermata biru, hitam, cokelat, hijau, dan sebagainya.

#### 3) Lensa mata

Di bagian belakang pupil terdapat bagian yang cembung, yaitu *lensa*. Lensa didukung oleh otot disebut *muskulus siliaris* (otot daging melingkar). Apabila otot ini mengalami kontraksi akan terjadi perubahan ukuran lensa. Hal itu terjadi apabila kamu melakukan pengamatan cermat yang tertuju pada suatu objek tertentu baik pada jarak yang dekat maupun jauh. Perhatikan Gambar 3.11. Kemampuan lensa mata tersebut dinamakan *daya akomodasi mata*. Tentu kamu masih ingat istilah ini sewaktu belajar IPA di kelas VIII.

Ruangan di antara lensa dan kornea berisi cairan encer yang disebut *aqueous humor*. Di bagian dalam bola mata berisi cairan kental dan transparan. Substansi (bahan) inilah yang menyebabkan bola mata menjadi kukuh. Cairan ini disebut *vitreous humor*. Cairan yang terdapat di antara kornea dan lensa biasanya lebih encer, sedangkan di antara lensa dan retina menyerupai agar-agar. Jika terlalu banyak cairan di dalam mata akan terjadi gangguan yang disebut *glaukoma*. Penyakit ini dapat menimbulkan kebutaan apabila tidak diobati.

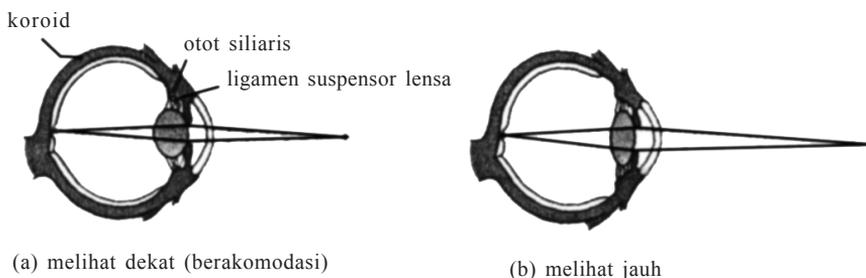
#### 4) Retina

*Retina* merupakan lapisan mata yang terdalam, sangat kompleks, dan lunak. Pada bagian terdalam retina terdapat beberapa lapis sel, yaitu reseptor, ganglia, dan serabut saraf.

Retina berisi reseptor untuk menerima rangsang cahaya, sehingga reseptor ini disebut *fotoreseptor*. Pada retina ada satu titik atau bintik yang tidak mempunyai sel-sel batang maupun konus disebut *bintik buta*.

**b. Mekanisme melihat**

Jika suatu benda terkena cahaya, benda akan memantulkan berkas-berkas cahaya tersebut. Pantulan cahaya tersebut masuk melalui lensa mata serta bagian-bagian lainnya menuju ke retina. Pada mata yang normal, bayangan benda akan jatuh tepat di bintik kuning pada retina. Rangsangan cahaya yang diterima oleh retina tersebut selanjutnya akan diteruskan oleh urat saraf penglihatan ke pusat penglihatan di otak untuk diinterpretasikan atau diterjemahkan. Akhirnya, kita dapat melihat benda tersebut.



Sumber: *Biologi*, 1996

▲ **Gambar 3.11** Bentuk lensa mata saat melihat jauh dan dekat

Mata normal (*emetro*) merupakan mata yang dapat memfokuskan cahaya yang masuk tepat pada bintik kuning. Mata normal dapat melihat benda yang jauh maupun yang dekat. Jarak benda terjauh yang masih dapat dilihat dengan jelas oleh mata disebut *titik jauh*. Jarak benda terdekat yang masih dapat dilihat dengan jelas oleh mata disebut *titik dekat*. Titik dekat pada anak-anak umumnya masih dekat. Makin tua titik dekatnya umumnya makin jauh.

**c. Kelainan dan penyakit pada indra penglihatan**

Mata sebagai indra penglihatan dapat mengalami gangguan akibat kelainan ataupun penyakit. Salah satu penyakit mata yang sudah disebutkan yaitu glaukoma. Adapun, kelainan penglihatan sudah kamu pelajari di kelas VIII. Kelainan penglihatan itu antara lain sebagai berikut.

*1) Mata miop (miopi)*

Miopi atau mata dekat adalah cacat mata yang disebabkan lensa mata terlalu cembung sehingga bayangan jatuh di depan bintik kuning (retina). Miopi disebut pula rabun jauh, karena tidak dapat melihat jauh. Penderita miopi hanya mampu melihat jelas pada jarak yang dekat. Untuk membantu penderita miopi, sebaiknya memakai kaca mata berlensa cekung (negatif).

**Radarsains**

*Rasakan dengan saksama, betulkah kamu memerlukan waktu lebih kurang 20 detik untuk dapat melihat benda-benda di tempat yang kurang cahaya setelah kamu berada di tempat yang cukup terang? Keadaan ini terjadi karena untuk membentuk zat warna jingga memerlukan waktu beberapa detik sehingga kamu mampu melihat di tempat yang redup.*

## 2) Mata hipermetrop (hipermetropi)

Hipermetropi atau mata jauh adalah cacat mata yang disebabkan lensa mata terlalu pipih sehingga bayangan jatuh di belakang bintik kuning. Hipermetropi disebut pula rabun dekat, karena tidak dapat melihat dekat. Penderita hipermetropi hanya mampu melihat jelas pada jarak yang jauh. Untuk membantu penderita hipermetropi, dipakai kacamata lensa cembung (lensa positif).

## 3) Mata presbiop (presbiopi)

Presbiopi umumnya terjadi pada orang berusia lanjut. Keadaan ini disebabkan lensa mata terlalu pipih dan daya akomodasi mata sudah lemah sehingga tidak dapat memfokuskan bayangan benda yang berada dekat dengan mata. Gangguan mata seperti itu dapat dibantu dengan memakai kacamata berlensa rangkap.

Di bagian atas kacamata dipasang lensa cekung untuk melihat benda yang jauh, sedangkan di bagian bawahnya dipasang lensa cembung untuk melihat benda dekat.

## 4) Mata astigmatisma

Mata astigmatisma adalah cacat mata yang disebabkan kecembungan kornea tidak rata, sehingga sinar sejajar yang datang tidak dapat difokuskan ke satu titik. Untuk membantu penderita astigmatisma dipakai kacamata silindris.

## 5) Hemeralopi (rabun senja)

Hemeralopi adalah gangguan mata yang disebabkan kekurangan vitamin A. Penderita rabun senja tidak dapat melihat dengan jelas pada waktu senja hari. Keadaan seperti itu apabila dibiarkan berlanjut terus mengakibatkan kornea mata bisa rusak dan dapat menyebabkan kebutaan. Oleh karena itu, pemberian vitamin A yang cukup sangat perlu dilakukan.

## 6) Katarak

Katarak adalah cacat mata yang disebabkan pengapuran pada lensa mata sehingga penglihatan menjadi kabur dan daya akomodasi berkurang. Umumnya katarak terjadi pada orang yang telah lanjut usia.

## 7) Buta warna

Buta warna merupakan gangguan penglihatan mata yang bersifat menurun. Penderita buta warna tidak mampu membedakan warna-warna tertentu, misalnya warna merah, hijau, atau biru. Buta warna tidak dapat diperbaiki atau disembuhkan.



## Tugas Kelompok

### (Rasa Ingin Tahu dan Mencari Informasi Lebih Jauh)

Carilah informasi dengan membaca buku atau bertanya ke lembaga kesehatan terdekat (misalnya klinik, puskesmas, rumah sakit) mengenai beberapa hal yang berkaitan dengan penyakit katarak. Catatlah hasilnya dengan format sebagai berikut.

- Penyebab
- Gejala yang timbul
- Cara menanggulangi
- Cara mencegah
- Kesimpulan

## 2. Indra Pendengar dan Alat Keseimbangan

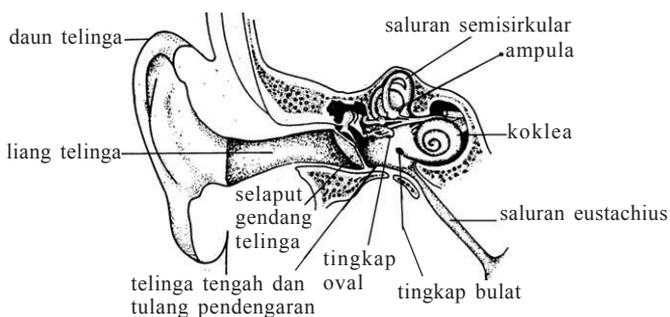
Telinga manusia merupakan organ yang sangat kompleks. Telinga manusia merupakan saluran yang terbuka di bagian luar dan bersatu dengan tulang tengkorak.

Telinga merupakan organ tubuh yang berfungsi untuk mendengar suara atau bunyi. Suara yang dapat kita dengar adalah suara-suara yang memiliki frekuensi antara 20 Hz –20.000 Hz.

### a. Bagian-bagian telinga

Telinga manusia terdiri atas tiga bagian yaitu telinga luar, telinga tengah, dan telinga dalam.

Telinga luar terdiri atas daun telinga, saluran telinga luar, dan gendang telinga (*membran timpani*). Daun telinga tersusun dari tulang rawan. Saluran telinga luar dindingnya dapat menghasilkan minyak serumen. Fungsi telinga luar adalah menangkap getaran bunyi.



Sumber: *Anfis Keperawatan*, 2001

▲ Gambar 3.12 Penampang telinga

Telinga bagian tengah mempunyai ti-ga macam tulang, yaitu tulang martil, tulang landasan, dan tulang sanggurdi. Ketiga tulang ini membentuk rangkaian yang melintang dalam telinga tengah tersebut dan bersatu dengan *membran timpani*. Pada bagian akhir telinga tengah, tulang sanggurdi bersatu dengan membran, disebut tingkap bundar. Tingkap bundar ini yang menutupi telinga bagian dalam.

Telinga bagian dalam tersusun atas dua bagian penting, yaitu: rumah siput dan saluran gelung. Rumah siput merupakan saluran spiral yang menyerupai rumah siput. Saluran ini berisi cairan dan permukaan dalamnya merupakan tempat bermuara saraf. Ujung-ujung saraf ini sangat peka oleh getaran yang ditimbulkan oleh cairan tersebut. Semua ujung saraf ini menyatu membentuk saraf pendengar yang menghubungkan rumah siput dengan otak. Saluran gelung terdiri atas tiga saluran yang saling terkait, dan mempunyai peranan dalam menjaga keseimbangan.

#### **b. Mekanisme mendengar**

Apabila sampai pada telinga kita, gelombang suara akan masuk ke telinga bagian luar melalui saluran pendengaran dan akhirnya sampai pada *membran timpani*. Gelombang suara ini menggetarkan membran dan tulang martil. Selanjutnya tulang landasan dan tulang sanggurdi ikut bergetar. Akhirnya tingkap bundar ikut bergetar juga. Getaran ini akan menggetarkan cairan di dalam rumah siput. Cairan yang bergetar menstimulasi ujung-ujung saraf. Impuls dari ujung saraf ini diteruskan ke saraf pendengar di otak besar. Kekhususan pola impuls ditentukan oleh pola gelombang suara yang diterima. Otak besar menerima impuls ini, kemudian menerjemahkannya dan kita mempersepsikannya sebagai suara.

#### **c. Kelainan dan penyakit pada indra pendengaran**

Telinga sebagai indra pendengar dapat mengalami gangguan karena kelainan atau penyakit.

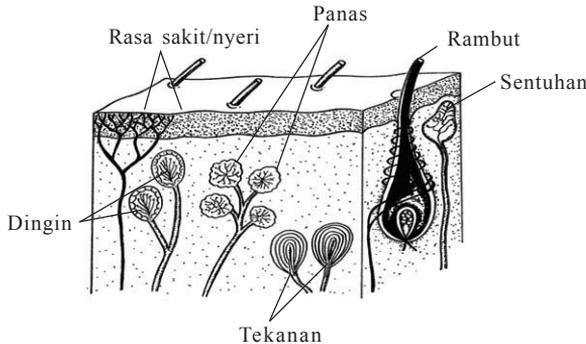
Gangguan pada indra pendengaran dapat menyebabkan pendengaran menjadi kurang peka. Keadaan tersebut antara lain disebabkan terjadinya penebalan *membran timpani* akibat infeksi berulang pada telinga tengah, pecahnya *membran timpani*, pengapuran pada tulang-tulang pendengaran, dan kerusakan *saraf auditori* (saraf pendengaran).

### **3. Indra Peraba**

Indra peraba pada tubuh manusia adalah kulit. Di kulit terdapat beberapa organ penginderaan khusus disebut *reseptor*. Reseptor merupakan percabangan akhir *dendrit* dari *neuron* sensorik. Beberapa reseptor tersusun atas beberapa *dendrit* dan ada yang mempunyai sel khusus. Tiap reseptor hanya cocok untuk jenis rangsang tertentu saja. Jika reseptor dirangsang, terjadi impuls sepanjang *dendrit* yang diteruskan ke sistem saraf pusat. Ada lima

macam reseptor pada kulit, yaitu reseptor yang khusus untuk menanggapi rangsang yang berupa sentuhan, tekanan, sakit, panas, atau dingin.

Sebagai contoh, reseptor rasa sakit merupakan reseptor dengan *dendrit* yang gundul, terdapat di seluruh permukaan kulit. Jika rangsang cukup kuat, misalnya rangsang mekanik, temperatur, listrik atau kimiawi, maka reseptor ini akan bereaksi. Sensasi rasa sakit yang timbul merupakan suatu upaya untuk proteksi (melindungi diri). Hal ini merupakan sinyal-sinyal (pertanda) bahwa ada ancaman bagi tubuh yang dapat menyebabkan luka-luka.



▲ Gambar 3.13 Kulit manusia dan reseptor indranya

Untuk mengidentifikasi jumlah reseptor sentuhan pada beberapa daerah permukaan kulit, lakukan kegiatan berikut.



### Kegiatan 3.1

**Tujuan:** Mengidentifikasi jumlah reseptor sentuhan pada beberapa daerah permukaan kulit tubuh.

#### Alat dan Bahan

1. Kertas ukuran (3 × 3) cm
2. Gunting
3. Pensil berwarna (biru dan merah)

#### Cara Kerja

1. Siapkan kertas ukuran (3 × 3) cm. Buatlah lubang di tengah-tengah dengan ukuran (1 × 1) cm.
2. Letakkan kertas berlubang tersebut pada pergelangan tangan. Rabalah dengan hati-hati tanpa menekan, pada permukaan kulit yang tidak tertutup kertas, yaitu pada area (1 × 1) cm. Lakukanlah perabaan ini dengan mata terpejam.
3. Buatlah potongan kertas yang sama, letakkan di atas buku catatan. Gunakanlah pensil berwarna untuk memberi tanda dalam lubang di tengah kertas sewaktu kamu melakukan perabaan. Gunakanlah pensil merah, jika dari perabaan tersebut ada sensasi, dan pensil biru, jika tidak ada sensasi.
4. Lakukanlah kegiatan ini di tempat yang berbeda, tetapi masih di daerah pergelangan tangan.

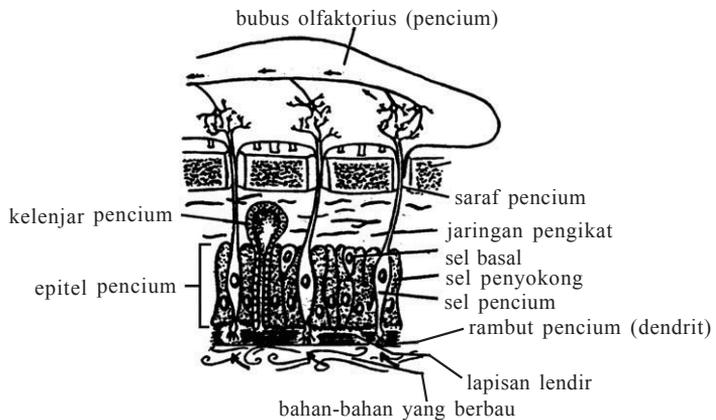
5. Hitunglah jumlah reseptor untuk masing-masing daerah. Bandingkan dengan seluruh jumlah perabaan yang kamu lakukan.
6. Dengan cara yang sama lakukan kegiatan ini di daerah yang lain, misalnya: pada lengan atas, leher bagian belakang, dan ujung-ujung jari.

#### Pertanyaan

1. Berapa jumlah reseptor sentuhan yang dapat kamu temukan untuk setiap daerah pengamatan di pergelangan tangan tersebut?
2. Berapa jumlah reseptor sentuhan yang dapat kamu temukan di masing-masing daerah?
3. Bagian manakah yang paling banyak dan paling sedikit jumlah reseptor sentuhan? Mengapa demikian? Jelaskan.

#### 4. Indra Pembau (Pencium)

Indra pembau pada tubuh kita berupa hidung. Di dalam rongga hidung bagian atas terdapat serabut-serabut saraf pembau dengan sel-sel pembau di ujungnya. Serabut-serabut saraf itu bergabung menjadi urat saraf pembau yang menuju pusat pembau di otak. Sel-sel pembau mempunyai rambut-rambut halus di ujungnya dan diliputi oleh selaput lendir yang berfungsi sebagai pelembap. Sel-sel pembau peka terhadap zat-zat kimia dalam udara (berupa gas atau uap).



Sumber: *Biologi*, 1994

▲ Gambar 3.14 Reseptor pembau

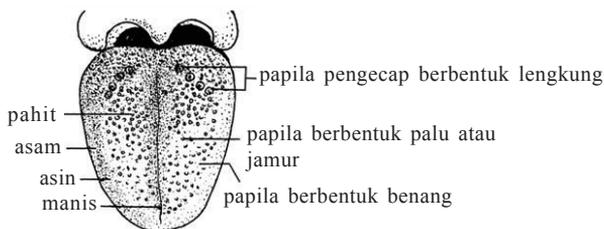
Pada saat tubuh terserang flu biasanya disertai dengan pilek. Pilek menyebabkan saluran pernapasan tersumbat, terutama pada bagian hidung. Saat pilek, hidung tidak peka terhadap bau (aroma) tertentu dan nafsu makan berkurang karena lidah tidak peka terhadap rasa. Adakah hubungan antara indra pembau (penciuman) dan indra pengecap.

Pada saat kita menarik napas, udara masuk ke dalam rongga hidung. Gas memasuki rongga hidung bercampur dengan lendir, kemudian menstimulasi ujung-ujung saraf. Impuls ini diteruskan ke saraf pembau di pusat saraf, dan akhirnya diinterpretasikan sebagai bau. Indra pembau (pencium) ini bersangkutan paut dengan indra pengecap. Jika terjadi gangguan pada indra pembau, kita tidak dapat mengecap dengan baik.

## 5. Indra Pengecap

Manusia kadang-kadang lebih menyenangi beberapa makanan tertentu daripada jenis makanan yang lain. Hal itu disebabkan mereka dapat merasakan perbedaan substansi kimiawi pada makanan tersebut. Seperti halnya indra yang lain, pengecapan merupakan hasil stimulasi ujung saraf tertentu.

Pada manusia, ujung saraf pengecap berlokasi di kuncup-kuncup pengecap pada lidah. Kuncup-kuncup pengecap mempunyai bentuk seperti labu, terletak pada lidah di bagian depan hingga belakang. Makanan yang dikunyah bersama air liur memasuki kuncup pengecap melalui pori-pori bagian atas. Di dalam mulut, makanan akan merangsang ujung saraf yang mempunyai rambut. Dari ujung tersebut pesan akan dibawa ke otak, kemudian diinterpretasikan dan sebagai hasilnya kita dapat mengecap makanan yang masuk ke dalam mulut kita.



Sumber: *Anfis Keperawatan*, 2001

▲ Gambar 3.15 Lidah dan bagian-bagiannya

Manusia hanya mampu mengecap empat macam cita rasa, yaitu rasa asam, asin, manis, dan pahit. Kuncup pengecap pada lidah untuk masing-masing rasa tersebut terletak di daerah yang berbeda. Untuk cita rasa manis berada di bagian ujung lidah sedangkan depan lidah untuk rasa asin. Kuncup pengecap untuk rasa asam ada di sisi lidah. Adapun, kuncup pengecap untuk cita rasa pahit berada di bagian belakang lidah. Inilah sebabnya apabila kamu makan makanan yang mempunyai rasa manis dan pahit sekaligus, maka yang terasa lebih awal adalah rasa manis barulah kemudian rasa pahit.

Untuk lebih memahami perbedaan dan persamaan serta keterkaitan antara indra pembau dan indra pengecap lakukan kegiatan berikut.



## Kegiatan 3.2

- Tujuan:**
1. Menemukan perbedaan dan persamaan antara indra pembau dan pengecap;
  2. Menemukan keterkaitan antara indra pembau dan indra pengecap.

### Alat dan Bahan

1. Gelas jam
2. Kapas pembersih telinga (*cotton bud steril*)
3. Larutan NaCl 10%
4. Larutan sukrosa 5%
5. Larutan asam asetat 1%
6. Larutan kina sulfat 0,1%
7. Apel, kentang, dan bawang.

### Cara Kerja

1. Dengan menutup mata dan hidung, letakkan secara bergantian apel, kentang, dan bawang pada lidahmu. Dapatkah kamu membedakan rasa masing-masing bahan pangan tersebut?
2. Ulangi percobaan tersebut dengan tanpa menutup hidung. Dapatkah kamu membedakannya?
3. Dengan cotton bud, oleskan larutan NaCl 10% di seluruh permukaan lidah kamu. Di bagian lidah yang manakah kamu dapat merasakan rasa larutan tersebut? Setelah kamu dapat merasakannya, berkumurlah hingga bersih.
4. Lakukan secara bergantian untuk masing-masing larutan, yaitu sukrose 5%, asam asetat 1%, dan kina sulfat 0,1%. Setiap akan berganti larutan harus berkumur hingga bersih terlebih dahulu. Untuk masing-masing larutan lakukan pencatatan pada buku catatan kamu dengan cara membuat peta pengecapan pada gambar lidah.

### Pertanyaan

1. Dari cara kerja 1 dan 2 mengapa hal itu dapat terjadi? Jelaskan.
2. Apakah seluruh permukaan lidah peka terhadap rasa semua jenis larutan?
3. Di bagian lidah yang manakah dapat kamu temukan daerah yang peka terhadap lebih dari satu jenis rangsang?



## Latihan

1. Jelaskan fungsi dari kornea, iris, dan pupil pada mata.
2. Apa yang dimaksud miopi, hipermetropi, dan presbiopi? Jelaskan cara mengatasinya.
3. Jelaskan fungsi dari telinga luar, telinga tengah, dan telinga dalam.
4. Jelaskan fungsi kulit pada tubuh kita.
5. Bagaimana hubungan antara indra pembau dan indra pengecap?



## Rangkuman

1. Sistem saraf mempunyai tiga fungsi utama, yaitu menerima informasi dalam bentuk rangsangan atau stimulus berupa perubahan-perubahan yang terjadi di lingkungan; memproses informasi yang diterima; serta memberi tanggapan (respons) atau reaksi terhadap rangsangan.
2. Bagian terkecil dari sistem saraf adalah sel saraf atau *neuron*. Setiap satu sel saraf umumnya mempunyai bagian utama yang berupa *dendrit*, *akson*, dan *badan sel saraf*.
3. Menurut cara kerjanya, sistem saraf manusia dapat dibedakan menjadi saraf sadar dan saraf tak sadar.
4. Gerak yang dilakukan manusia ada dua macam, yaitu gerak biasa dan gerak refleks. Gerak biasa merupakan gerak yang berlangsung dengan disadari, sedangkan gerak refleks merupakan gerak spontan atau tiba-tiba terhadap suatu rangsangan yang tidak disadari sebelumnya.
5. Indra merupakan organ yang berfungsi menerima jenis rangsangan tertentu atau disebut *reseptor*. Manusia mempunyai lima macam indra, yaitu indra penglihat, pendengar, peraba, pembau, dan pengecap.
6. Indra penglihatan manusia berupa mata.
7. Indra pendengaran manusia berupa telinga. Telinga terdiri atas tiga bagian utama, yaitu telinga luar, telinga tengah, dan telinga dalam. Telinga luar berfungsi untuk menangkap getaran bunyi, sedangkan telinga tengah berfungsi meneruskan getaran bunyi dari telinga luar ke telinga dalam.
8. Indra peraba manusia berupa kulit. Selain sebagai alat peraba, kulit juga berfungsi sebagai alat pelindung tubuh, alat pengatur suhu, dan alat pengeluaran keringat serta minyak.
9. Indra pembau manusia berupa hidung. Ujung-ujung saraf pembau terletak di rongga hidung bagian atas. Manusia mempunyai 10 sampai 20 juta sel pembau (*sel olfaktori*).
10. Indra pengecap manusia berupa lidah. Dengan lidah manusia mampu mengecap empat macam cita rasa, yaitu manis, asin, asam, dan pahit.



## Tugas Proyek

### (Kecakapan Personal)

Kunjungi suatu pusat kesehatan (klinik/puskesmas/rumah sakit). Carilah informasi tentang kelainan dan penyakit sistem koordinasi dan alat indra pada manusia serta cara mengatasinya. Presentasikan laporan kunjunganmu tersebut di depan kelas.



## Refleksi

Setelah mempelajari mengenai Sistem Koordinasi dan Alat Indra pada Manusia, tentunya kamu sudah memahami dan dapat menjelaskan kembali tentang:

1. Sistem saraf
2. Alat indra

Apabila ada hal-hal yang belum kamu pahami, cobalah pelajari materi di atas secara cermat. Untuk lebih memantapkan pemahamanmu, cobalah mencari materi pendukung melalui artikel, buku referensi, maupun internet.



## Glosarium

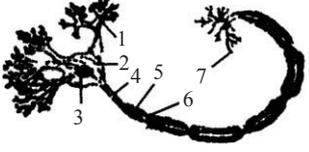
<i>impuls</i>	: rangsang yang dapat menjalar di dalam tubuh melalui sel-sel saraf
<i>nukleus</i>	: bagian dari sel yang dianggap penting untuk melangsungkan kehidupan
<i>reseptor</i>	: ujung-ujung saraf pada alat pengindra yang berfungsi sebagai penerima rangsangan dari luar
<i>sitoplasma</i>	: protoplasma suatu badan sel di luar nukleusnya



## Uji Kompetensi

**Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu.**

### A. Pilihlah salah satu jawaban soal berikut dengan tepat.

1. Pernyataan yang benar mengenai *akson* adalah ....
  - a. Berfungsi menjalarkan impuls saraf menjauhi badan sel saraf
  - b. Jumlahnya lebih dari satu
  - c. Berfungsi menjalarkan implus saraf menuju badan sel saraf
  - d. Merupakan tonjolan sitoplasma yang tidak terlalu panjang
2. Perhatikan gambar sel saraf berikut.
 

*Dendrit* ditunjukkan oleh nomor ....

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

3. Lekukan di antara segmen-segmen mielin mempunyai fungsi ....
  - a. menghasilkan *neurotransmitter*
  - b. memungkinkan makanan masuk ke *akson*
  - c. mempercepat transmisi impuls saraf
  - d. memperlambat transmisi impuls saraf
4. Saraf sensoris mempunyai fungsi ....
  - a. meneruskan impuls dari sel saraf yang satu ke sel saraf yang lain
  - b. membawa impuls saraf dari otak ke kelenjar
  - c. membawa impuls saraf dari otak ke otot
  - d. meneruskan rangsang dari reseptor ke saraf pusat
5. Saraf yang ukuran aksonnya selalu lebih panjang daripada *dendritnya* adalah ....
  - a. saraf penghubung
  - b. saraf indra
  - c. saraf penggerak
  - d. saraf sensoris
6. Saraf pusat terdiri atas ....
  - a. otak besar dan otak kecil
  - b. otak dan sumsum tulang belakang
  - c. sumsum spinal dan sumsum lanjutan
  - d. otak dan sumsum lanjutan
7. Perhatikan pernyataan berikut.
  1. Pengendali kegiatan yang disadari
  2. Pusat pengatur suhu tubuh
  3. Pengatur keseimbangan tubuh
  4. Pusat pengatur pernapasan
  5. Pusat gerak refleks
 Fungsi sumsum lanjutan ditunjukkan oleh nomor ....
  - a. 1 dan 2
  - b. 2 dan 4
  - c. 3 dan 5
  - d. 4 dan 5
8. Urat saraf otak dan urat saraf sumsum spinal merupakan bagian dari ....
  - a. saraf otonom
  - b. saraf tepi
  - c. saraf sadar
  - d. saraf pusat
9. Gerak refleks merupakan ....
  - a. gerak yang disadari sebelumnya
  - b. gerak yang disadari setelah terjadi
  - c. gerak yang berpusat di otak
  - d. gerak yang tidak disebabkan oleh rangsang
10. Lapisan bola mata yang berwarna putih dan keras disebut ....
  - a. *sklera*
  - b. *retina*
  - c. lensa
  - d. *pupil*
11. Ada orang yang kurang mampu membedakan warna. Ketidakmampuan mata dalam membedakan warna disebut ....
  - a. astigmatisma
  - b. buta warna
  - c. katarak
  - d. miopi
12. Organ korti yang merupakan alat pendengaran terdapat dalam ....
  - a. saluran *eustachius*
  - b. saluran setengah lingkaran
  - c. rumah siput (kloaka)
  - d. ampula
13. Membran timpani yang menangkap getaran suara terdapat di bagian ....
  - a. telinga luar
  - b. telinga tengah
  - c. telinga dalam
  - d. saluran *eustachius*
14. Telinga kita hanya mampu mendengar suara yang frekuensinya antara ....
  - a. 20 Hz–100 Hz
  - b. 20 Hz–1.000 Hz
  - c. 20 Hz–20.000 Hz
  - d. 100 Hz–50.000 Hz
15. Berikut ini merupakan fungsi kulit, *kecuali* ....
  - a. sebagai indra peraba
  - b. sebagai alat pengeluaran
  - c. sebagai alat pengatur suhu tubuh
  - d. sebagai pembuat sel-sel darah

**B. Jawablah soal-soal berikut dengan singkat dan tepat.**

1. Otak besar manusia terdiri atas bagian belakang, bagian samping, bagian depan, dan bagian tengah. Jelaskan fungsi dari masing-masing bagian tersebut.
2. Bagaimana hubungan antara aktivitas anggota badan kiri dan kanan dengan perkembangan otak manusia?
3. Apa yang dimaksud daya akomodasi mata?
4. Sebutkan beberapa penyebab gangguan pada telinga.
5. Jelaskan proses terjadinya mengecap suatu zat.

## Bab 4

# KELANGSUNGAN HIDUP MAKHLUK HIDUP



Sumber: <http://google.com>

*Pernahkah kamu melihat film Jurassic Park? Film itu menceritakan suatu tempat yang masih dihuni berbagai binatang purba seperti dinosaurus, sebangsa reptil raksasa. Contohnya tyrannosaurus rex (T-rex). Pada gambar di samping T-rex sedang memburu mangsanya. Benarkah binatang-binatang itu masih ada?*

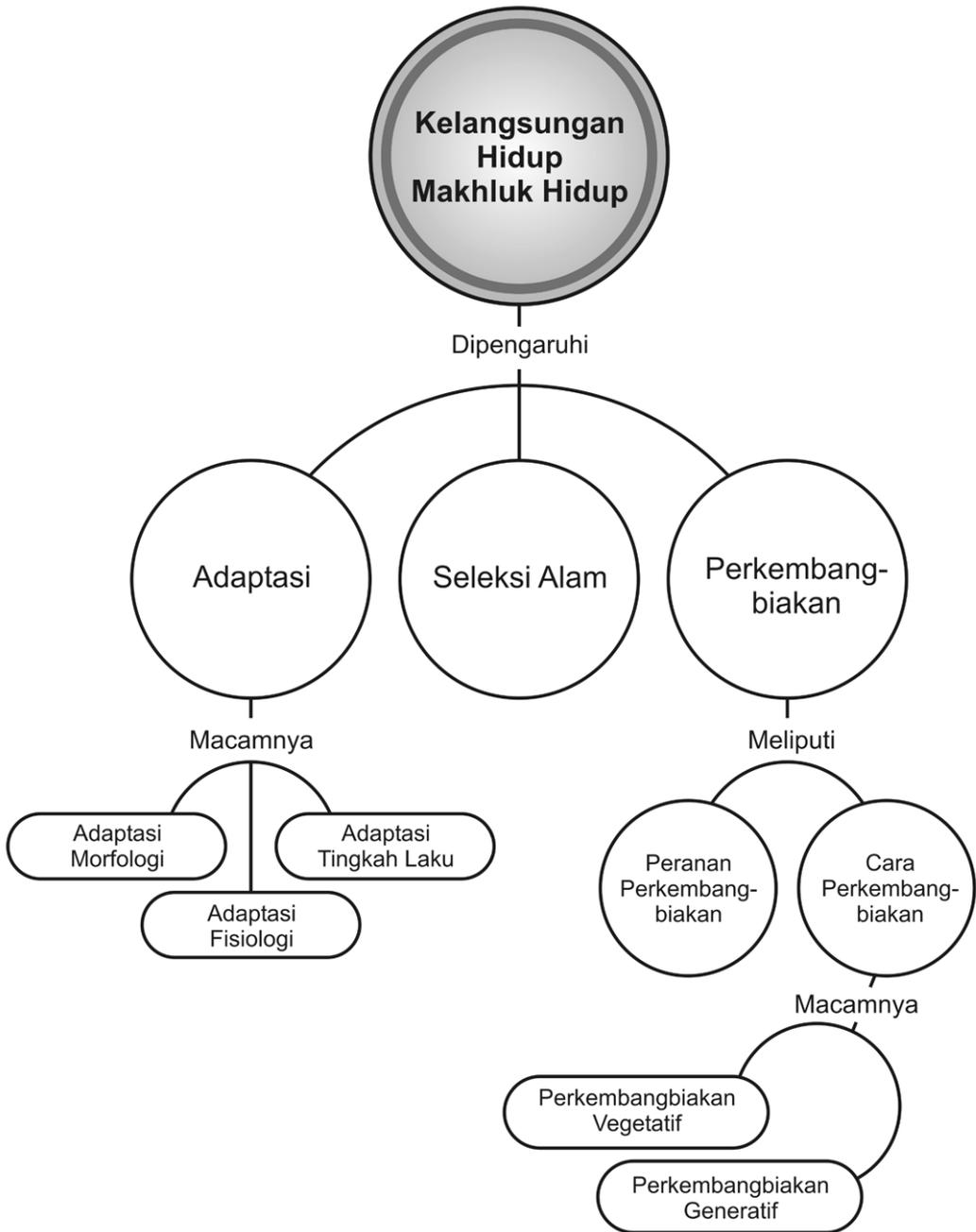
*Fenomena kelangsungan hidup binatang purba itu dapat kamu pelajari pada bab ini. Pada bab ini kamu akan mempelajari tentang adaptasi makhluk hidup, seleksi alam, dan perkembangbiakan makhluk hidup.*

### ❖ Pretest ❖

1. Mengapa suatu jenis makhluk hidup dapat hidup pada suatu lingkungan tertentu?
2. Bagaimana cara makhluk hidup mempertahankan hidupnya?
3. Apa yang dimaksud hibernasi?

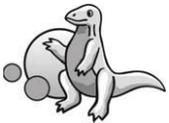
### ❖ Kata-Kata Kunci ❖

- adaptasi
- seleksi alam
- reproduksi



Setiap makhluk hidup mempunyai kemampuan dan bertahan hidup yang berbeda-beda. Ada makhluk hidup yang jumlahnya terus berkurang, karena lingkungan sekitar tidak melindunginya dari hewan pemangsa. Selain itu, ada makhluk hidup yang mempunyai keturunan dengan jumlah banyak, sedangkan makhluk hidup lainnya mempunyai keturunan yang sedikit. Mengapa hal itu terjadi?

Setiap makhluk hidup selalu berusaha untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya. Suatu jenis makhluk hidup dapat hidup lestari pada suatu lingkungan karena berbagai hal. Misalnya, jenis makhluk hidup tersebut dapat menyesuaikan diri atau beradaptasi terhadap lingkungannya, dapat lolos dari seleksi alam, dan dapat berkembang biak.



## A. ADAPTASI MAKHLUK HIDUP

Setiap makhluk hidup mempunyai kemampuan untuk menyesuaikan diri dengan lingkungannya. Jika makhluk hidup tidak bisa menyesuaikan diri dengan lingkungannya, makhluk hidup tersebut dapat punah. Sebagai contoh, jika ayam dipindah ke air lama-kelamaan akan mati karena tidak dapat menyesuaikan diri dengan lingkungan berair. Jadi, adaptasi adalah kemampuan makhluk untuk menyesuaikan diri dengan lingkungannya.

Kemampuan adaptasi sangat berkaitan dengan kelangsungan hidup. Makin besar kemampuan beradaptasi, makin besar kemungkinan bertahan hidup. Dengan kemampuan adaptasi yang besar, suatu jenis makhluk hidup dapat menempati habitat yang beragam.

Manusia merupakan contoh jenis makhluk hidup yang mempunyai kemampuan yang besar dalam beradaptasi. Hampir semua habitat dihuni oleh manusia. Dari pantai hingga pegunungan yang tinggi, dari hutan tropis yang panas dan lembap sampai gurun pasir yang kering dan panas, serta daerah kutub yang dingin.

Secara garis besar adaptasi makhluk hidup dibedakan menjadi tiga, yaitu adaptasi morfologi, adaptasi fisiologi, dan adaptasi perilaku.



Sumber: *Negara dan Bangsa*, 2002

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:

*mengaitkan perilaku adaptasi hewan tertentu di lingkungannya dengan kelangsungan hidup.*

### Radarsains

*Orang Eskimo mempunyai bentuk tubuh yang pendek dan kekar. Bentuk tersebut menghasilkan perbandingan luas permukaan tubuh terhadap volume tubuh yang kecil. Dengan perbandingan yang kecil itu, panas badan yang hilang dari tubuh dapat dikurangi.*

◀ **Gambar 4.1** Orang Eskimo tetap dapat hidup dalam kondisi yang dingin dengan menggunakan pakaian yang tebal

## 1. Adaptasi Morfologi

Adaptasi morfologi merupakan bentuk adaptasi pada makhluk hidup yang paling mudah kita kenal. Sebab adaptasi morfologi berkaitan dengan bentuk tubuh organ tubuh bagian luar. Berbagai contoh adaptasi morfologi sebagai berikut.

### a. Adaptasi morfologi pada paruh burung

Apa jenis makanan berbagai macam burung (unggas) yang ada di sekitarmu? Kalau kita amati, ada burung yang memakan biji-bijian, ada yang memakan serangga, ada yang memakan daging, dan ada yang mengisap madu. Untuk mengambil makanan dari lingkungannya, burung memerlukan paruh yang sesuai dengan makanannya.

Bentuk paruh burung nuri pendek dan kuat, sesuai dengan makanannya yang berupa biji-bijian. Bentuk paruh burung elang runcing agak panjang dan ujung paruh atas agak membengkok ke bawah. Bentuk paruh seperti itu cocok untuk merobek daging. Bentuk paruh seperti itu cocok untuk merobek daging. Bentuk paruh burung pelikan panjang, lebar, dan agak berkantong. Hal itu disesuaikan dengan jenis makanannya yang licin, misalnya ikan. Bentuk paruh burung kolibri khas sekali sebagai pengisap madu, yaitu kecil, runcing, dan panjang. Aneka ragam bentuk paruh burung sesuai dengan jenis makanan itulah yang merupakan bentuk adaptasi morfologi.



▲ Gambar 4.2 Berbagai macam bentuk paruh burung

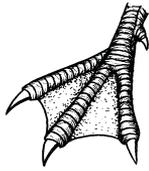
### b. Adaptasi morfologi pada kaki burung

Selain dapat dilihat dari bentuk paruhnya, adaptasi morfologi pada burung juga dapat dilihat dari bentuk kakinya. Ada kaki burung petengger, kaki burung pemanjat, kaki burung perenang, dan ada pula kaki burung pencengkeram. Dapatkah kamu menyebutkan bentuk kaki burung lainnya? Pada umumnya burung petengger mempunyai jari kaki panjang dan semua jari terletak pada satu bidang datar. Bentuk kaki seperti itu cocok untuk hinggap pada ranting-ranting pohon yang kecil, contohnya burung kutilang. Kaki burung pemanjat mempunyai dua jari ke depan dan dua jari ke belakang, misalnya kaki burung pelatuk. Kaki burung perenang, terdapat selaput renang di antara jari-jarinya. Burung yang biasa berenang, misalnya angsa, itik, pinguin, dan pelikan. Kaki burung pencengkeram mempunyai ukuran yang pendek dan cakarinya sangat

tajam. Jika sedang mencengkram mangsa, jari depannya dapat diputar ke belakang. Burung yang mempunyai kaki seperti itu, misalnya burung elang, rajawali, dan burung hantu.



Burung pencengkram



Burung perenang

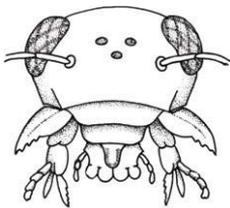


Burung petenggeng

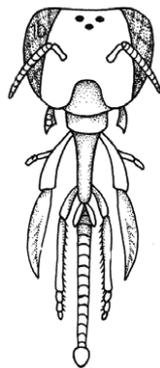
▲ Gambar 4.3 Berbagai macam bentuk kaki burung

### c. Adaptasi morfologi pada mulut serangga

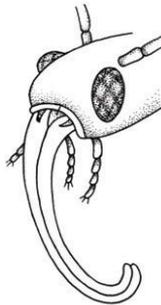
Adaptasi morfologi pada serangga dapat kita lihat pada tipe mulutnya. Bagian mulut serangga pada dasarnya terdiri atas satu bibir atas (*labrum*), sepasang rahang (*mandibula*), satu hipofaring, sepasang maksila, dan satu bibir bawah (*labium*). Pada belalang, jangkrik, dan kecoa mulutnya dilengkapi dengan rahang atas dan rahang bawah yang sangat kuat. Tipe mulut seperti pada serangga tersebut dinamakan tipe mulut penggigit. Kutu dan nyamuk mulutnya mempunyai rahang yang panjang dan runcing, sehingga memungkinkan untuk menusuk kulit manusia atau hewan lain. Tipe mulut seperti itu dinamakan tipe mulut penusuk-pengisap. Kupu-kupu mulutnya dilengkapi dengan alat, seperti belalai yang panjang dan dapat digulung. Tipe mulut seperti pada kupu-kupu tersebut dinamakan tipe mulut pengisap. Lebah madu dan lalat mulutnya dilengkapi dengan alat untuk menjilat atau bibir. Tipe mulut seperti itu disebut tipe mulut pengisap-penjilat.



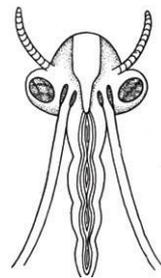
Tipe serangga pengunyah



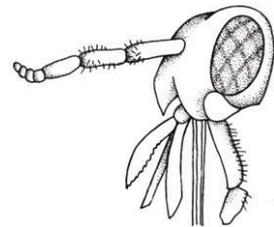
Tipe serangga pengisap – penjilat



Tipe serangga pengisap



Tipe serangga pengisap – penusuk



Tipe serangga pengisap – penusuk

▲ Gambar 4.4 Berbagai macam tipe mulut serangga

## 2. Adaptasi Fisiologi

Berbeda dengan adaptasi morfologi yang tampak dari luar diri makhluk hidup, adaptasi fisiologi tidak begitu tampak sehingga sulit mengenalinya. Hal ini karena berkaitan dengan fungsi organ tubuh bagian dalam. Beberapa contoh adaptasi fisiologi pada makhluk hidup sebagai berikut.

### a. Adaptasi terhadap kadar oksigen

Oksigen merupakan zat yang sangat diperlukan makhluk hidup untuk pernapasan. Oleh karena itu, perubahan kadar zat tersebut di lingkungan akan sangat memengaruhi aktivitas organ tubuh.

Di berbagai tempat dengan ketinggian yang berbeda, kadar oksigennya akan berbeda. Kadar oksigen di dataran rendah cukup tinggi. Makin tinggi suatu tempat, kadar oksigennya makin rendah. Apa yang akan terjadi, jika seseorang berpindah dari dataran rendah ke dataran tinggi atau sebaliknya? Ingatlah bahwa oksigen dari alat pernapasan akan diangkut ke sel-sel tubuh oleh sel darah merah (eritrosit). Di dataran rendah kadar oksigen udara cukup tinggi sehingga absorpsi oksigen oleh pembuluh kapiler dapat berlangsung secara efektif dengan jumlah eritrosit yang normal. Apa yang akan terjadi jika orang yang jumlah eritrositnya normal pindah ke dataran tinggi yang kadar oksigennya rendah? Karena yang bertugas mengangkut oksigen di dalam tubuh adalah eritrosit, tubuh akan beradaptasi secara fisiologis dengan meningkatkan jumlah eritrosit (sel darah merah). Dengan demikian, pengikatan oksigen di dalam alat pernapasan dapat berjalan efektif.

### b. Adaptasi pada sistem pencernaan

Pernahkah kamu melihat saluran pencernaan herbivora, misalnya sapi? Saluran pencernaan herbivora panjang dan menghasilkan enzim selulase yang dapat menguraikan selulosa. Dengan adanya selulase, pencernaan makanan yang berupa tumbuhan menjadi lebih mudah. Ingatlah, sel tumbuhan mempunyai dinding yang kuat, yang sulit untuk dicerna hewan.



Sumber: *Fauna "Mamalia 2"*,  
2003

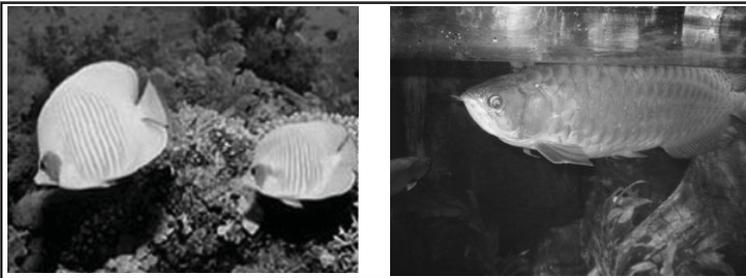
▲ **Gambar 4.5** Sapi lebih mudah mencerna makanan karena dibantu enzim selulase yang dihasilkan oleh saluran pencernaannya

Adaptasi fisiologi pada sistem pencernaan juga terjadi pada cacing *Teredo navalis* (hewan semacam kerang pengebor). Hewan ini sering disebut cacing kapal karena perusak kayu galangan kapal. *Teredo navalis* muda yang baru menetas mempunyai sepasang cangkok. Pada tepi cangkok terdapat gigi mirip kikir yang berfungsi mengebor kayu. Setelah dewasa, *Teredo navalis* menjadi makhluk mirip cacing. Pada saluran pencernaannya terdapat kelanjar yang mampu menghasilkan enzim selulase. Dengan enzim itulah kayu-kayu yang telah dilumatkan dengan gigi kikirnya dapat dicernakan.

### c. Adaptasi ikan terhadap salinitas (kadar garam)

Di alam terdapat dua macam perairan yang berbeda kadar garamnya, yaitu perairan laut dan perairan tawar. Air laut mempunyai kadar garam yang lebih tinggi daripada air tawar. Ikan yang hidup di air laut dan air tawar masing-masing memiliki cara adaptasi yang khusus. Ikan air laut tidak dapat bertahan hidup, jika dipindahkan ke air tawar, demikian pula sebaliknya.

Ikan air laut mempunyai cairan tubuh berkadar garam lebih rendah dibandingkan kadar garam di lingkungannya. Ikan tersebut beradaptasi dengan cara selalu minum dan mengeluarkan urine sangat sedikit. Hal itu bertujuan untuk menjaga jumlah cairan yang berada di sel-sel tubuhnya. Garam yang masuk bersama air akan dikeluarkan secara aktif melalui insang. Tekanan osmosis sel-sel tubuh ikan air tawar lebih tinggi dibandingkan tekanan osmosis air di lingkungannya, karena kadar garam sel tubuh ikan air tawar lebih tinggi daripada kadar garam air lingkungannya. Menurut hukum osmosis, larutan akan berpindah dari yang bertekanan osmosis rendah (encer) ke larutan yang bertekanan osmosis tinggi (pekat). Dengan demikian banyak air yang masuk ke tubuh ikan melalui sel-sel tubuh ikan. Untuk menjaga agar cairan tubuhnya tetap seimbang, ikan tersebut beradaptasi dengan cara sedikit minum dan mengeluarkan banyak urine.



Sumber: <http://google.com>.

#### ▲ Gambar 4.6

- Ikan laut hanya hidup di perairan dengan kadar garam yang lebih tinggi.
- Ikan air tawar hanya hidup di perairan dengan kadar yang lebih rendah

Mengapa ikan mas atau katak tidak mampu hidup di air laut, sebaliknya paus tidak mampu berada di kolam air tawar? Tekanan osmosis di dalam sel-sel tubuh ikan air tawar jauh lebih rendah dibanding tekanan osmosis lingkungan air laut. Akibatnya, apabila ikan air tawar dimasukkan ke air laut, bentuk *preadaptasinya* adalah minum air sebanyak-banyaknya agar cairan di dalam sel-sel tubuh yang keluar secara osmosis ke lingkungan dapat teratasi. Namun hal ini akan sulit terus dilakukan karena apabila tekanan osmosis cairan di dalam sel-sel tubuh terlalu rendah sel-sel tubuh akan mengerut sehingga ikan air tawar tersebut mati.



#### Tugas Individu

##### (Rasa Ingin Tahu dan Mencari Informasi Lebih Jauh)

Apa yang akan terjadi apabila ikan lele dipelihara di tambak? Dapatkah ikan tersebut tumbuh dan berkembang biak di sana? Sebaliknya, apa yang terjadi apabila ikan bandeng dilepaskan ke dalam kolam air tawar?

#### Radar Sains

*Bulu kulit yang panjang, kuku yang mengerikan, telinga yang pendek dan bundar, serta ekor yang berbulu lebat membantu rubah Artika mempertahankan kehangatan di tempat yang dingin. Rubah itu ketika tidur menggulung ekornya, sehingga menyerupai sebuah syal.*

### 3. Adaptasi Tingkah laku (adaptasi behavioral)

Adaptasi tingkah laku mudah kita amati karena berupa perubahan tingkah laku untuk menyesuaikan lingkungannya agar tetap terjaga kelangsungan hidupnya. Beberapa contoh adaptasi tingkah laku sebagai berikut.



Sumber: *Ilmu Pengetahuan Populer*, 2002

▲ **Gambar 4.7** Bunglon mempunyai kemampuan untuk mengubah warna kulitnya sesuai dengan lingkungan yang ditempati

#### a. Mimikri

Bunglon mengelabui musuhnya dengan mengubah warna kulitnya. Jika berada di dedaunan, warna kulit bunglon menjadi hijau. Sebaliknya, apabila berada di tanah, warna kulit bunglon menjadi seperti tanah (kecokelatan). Perubahan warna kulit sesuai warna lingkungannya seperti yang dilakukan oleh bunglon tersebut dinamakan *mimikri*.

#### b. Autotomi

Cecak merupakan contoh hewan yang ekornya mudah putus. Dalam keadaan bahaya, cecak mengelabui musuhnya dengan cara memutuskan ekornya disebut *autotomi*. Jika seekor cecak dikejar oleh pemangsa, ekornya secara mendadak putus dan bergerak-gerak sehingga perhatian pemangsa akan tertuju pada ekor yang bergerak tersebut. Kesempatan itu digunakan cecak untuk menghindarkan diri dari kejaran pemangsa.

#### c. Hibernasi

Musim dingin adalah musim yang sangat sulit bagi hewan. Banyak hewan yang tidak dapat bertahan hidup pada musim yang keras ini. Beberapa hewan melewatinya dengan tetap giat mencari makan. Sementara itu hewan yang lain bertahan hidup dengan terlelap dalam suatu tidur khusus yang dinamakan *hibernasi*. Ciri-ciri hewan yang melakukan hibernasi, yaitu suhu tubuh rendah serta detak jantung dan pernapasan sangat lambat. Tujuannya untuk menghindari cuaca yang sangat dingin, kekurangan makanan, dan menghemat energi. Contoh hewan yang melakukan hibernasi antara lain ular, kura-kura, ikan, dan bengkabung yang tetap tinggal di sarangnya selama musim dingin.



Sumber: <http://google.com>

▲ **Gambar 4.8** Ular sedang berhibernasi

#### d. Estivasi

Di beberapa belahan dunia, cuaca yang paling buruk adalah cuaca pada musim panas. Pada musim panas, udara sangat panas dan kering. Beberapa hewan bergerak mencari tempat perlindungan dan tidur. Tidur di musim panas disebut *estivasi*. Kata ini berasal dari kata latin yang berarti musim panas. Tujuan hewan melakukan estivasi adalah untuk menghindari panas yang tinggi dan kekurangan air. Lemur kerdil, kelelawar, dan beberapa tupai adalah mamalia yang *berestivasi* untuk menghindari cuaca kering.



Sumber: <http://google.com>

▲ **Gambar 4.9** Lemur kerdil sedang tidur di musim panas

Jenis tanaman jahe-jahean dan rerumputan melakukan estivasi di musim kemarau dengan mengeringkan dedaunannya. Adapun, pohon jati melakukan estivasi di musim kering dengan menggugurkan seluruh daunnya. Hibernasi dan estivasi, keduanya,

disebut dormansi. Jadi, dormansi merupakan masa istirahat bagi makhluk hidup untuk tetap bertahan pada cuaca yang buruk.

#### e. Adaptasi tingkah laku pada rayap

Rayap adalah golongan serangga penghancur kayu. Mengapa rayap dengan mudah dapat mencerna kayu? Rayap mampu mencerna kayu bukan karena mempunyai enzim yang dapat mencerna kayu, melainkan karena di dalam ususnya terdapat hewan flagellata yang mampu mencernakan kayu. Hewan flagellata mampu menghasilkan enzim selulose.

Secara periodik, rayap mengalami pengelupasan kulit. Pada saat kulit mengelupas, usus bagian belakang ikut terkelupas, sehingga flagellata turut terbawa oleh usus. Untuk mendapatkan kembali flagellata tersebut, rayap biasanya memakan kembali kelupasan kulitnya (Gambar 4.10). Berbeda dengan rayap dewasa, rayap yang baru menetas suka menjilati dubur rayap dewasa untuk mendapatkan flagellata.

#### f. Adaptasi tingkah laku pada mamalia air

Hewan vertebrata dari golongan mamalia dan reptilia yang hidup di dalam air tetap bernapas dengan paru-paru. Hal itu tampak jelas pada cara bernapasnya, misalnya paus. Setiap saat paus muncul ke permukaan air untuk menghirup udara sebanyak-banyaknya sampai paru-parunya penuh sekali, yaitu sekitar 3.350 liter. Setelah itu, paus akan menyelam kembali ke dalam air. Dengan udara sebanyak itu, paus mampu bertahan selama kira-kira setengah jam di dalam air. Pada saat muncul kembali di permukaan air, hasil oksidasi biologi dihembuskan melalui lubang hidung, seperti pancaran air mancur. Sisa oksidasi ini berupa karbon dioksida yang jenuh dengan uap air yang telah mengalami pengembunan (*kondensasi*).

Untuk lebih memahami adaptasi tingkah laku makhluk hidup, lakukan kegiatan berikut secara berkelompok. Sebelumnya, bentuklah satu kelompok yang terdiri atas 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.



Sumber: *Ilmu Pengetahuan Populer*, 2002

▲ **Gambar 4.10** Dalam usus rayap terdapat flagellata yang menghasilkan enzim selulase yang mampu mencernakan kayu



### Kegiatan 4.1

**Tujuan:** Mengetahui pengaruh perubahan temperatur terhadap kecepatan membuka dan menutupnya *operkulum*.

#### Alat dan Bahan

1. Tiga gelas kimia 1.000 ml atau stoples
2. *Stopwatch*/arloji
3. Termometer
4. Air panas
5. Es batu
6. Jaring ikan kecil
7. Tiga ekor ikan mas yang besarnya sama
8. Kertas label

### Cara Kerja

1. Berilah label ketiga gelas kimia yang telah kamu siapkan dengan huruf A, B, dan C dan isilah gelas masing-masing dengan air.
2. Masukkan seekor ikan mas ke dalam gelas kimia A dengan menggunakan jaring.
3. Ukurlah temperatur air pada gelas kimia tersebut dengan termometer.
4. Perhatikan *operkulum* ikan. Hitunglah berapa kali tutup insang membuka selama 1 menit. Ulangi langkah ini sebanyak dua kali dan catatlah hasilnya dalam buku kerjamu.
5. Secara perlahan-lahan tambahkan air panas ke dalam gelas kimia B dan es batu ke dalam gelas kimia C.
6. Ulangi langkah 2-4 terhadap gelas kimia B dan C.

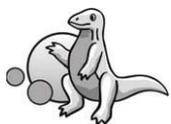
### Pertanyaan

1. Di antara ikan A, B, dan C, ikan manakah yang rata-rata membukanya *operkulum* per menit paling banyak? Mengapa demikian? Jelaskan pendapatmu.
2. Di antara ikan A, B, dan C, ikan manakah yang rata-rata membukanya *operkulum* per menit paling sedikit? Mengapa demikian? Jelaskan pendapatmu.
3. Bagaimana hubungan antara pernapasan ikan dengan temperatur lingkungannya?
4. Nyatakan kesimpulanmu dalam buku kerjamu.



### Latihan

1. Jelaskan macam adaptasi pada makhluk hidup dan berilah contohnya.
2. Bagaimana adaptasi morfologi pada burung kolibri terhadap makanannya?
3. Bagaimana adaptasi perilaku pada ikan air tawar dan ikan air laut terhadap salinitas (kadar garam) perairannya?
4. Bagaimana hubungan antara tingkah laku hewan (misalnya: *autotomi* pada cecak) dengan kelangsungan hidupnya?
5. Mengapa paus sering muncul ke permukaan air untuk mengambil (menghirup) udara?



## B. SELEKSI ALAM

Alam selalu mengalami perubahan yang disebabkan oleh bencana alam, keadaan suhu yang terlalu dingin atau panas, pergantian musim, dan sebagainya. Adanya perubahan kondisi alam tersebut menuntut makhluk hidup untuk melakukan adaptasi. Masih ingatkah kamu, apa tujuan adaptasi? Tidak semua makhluk hidup mempunyai kemampuan adaptasi yang sama. Akibatnya, ada makhluk hidup yang dapat bertahan hidup, namun ada pula yang musnah karena tidak mampu bertahan hidup.

Selain dipengaruhi oleh perubahan alam, kehidupan makhluk hidup di muka bumi ini juga dipengaruhi oleh ketersediaan makanan, parasit, pemangsa, wabah penyakit, dan sebagainya. Suatu jenis makhluk hidup akan selalu berusaha untuk mempertahankan hidupnya sehingga sering kali terjadi persaingan antarmakhluk hidup. Makhluk hidup yang kuat akan menang dan bertahan, sedangkan makhluk hidup yang lemah akan kalah dan mati atau menyingkir ke tempat lain. Makhluk hidup yang menyingkir ke tempat yang baru tetap hidup, jika mampu beradaptasi. Sebaliknya makhluk itu akan mati, jika tidak mampu beradaptasi.

Uraian di atas memberikan gambaran bahwa alam seolah-olah melakukan seleksi terhadap makhluk hidup yang ada di dalamnya. Hanya makhluk hidup yang dapat menyesuaikan diri terhadap kondisi lingkungan baru yang dapat hidup, sedangkan yang tidak dapat menyesuaikan diri akan mati. Jadi, seleksi alam adalah proses pemilihan atau penyeleksian yang dilakukan oleh alam terhadap makhluk hidup yang dapat beradaptasi karena adanya perubahan-perubahan alam.

Seleksi alam juga terjadi pada setiap tahap kehidupan makhluk hidup, yaitu pada saat makhluk hidup belum mencapai masa reproduksi (masih muda), pada saat masa reproduksi (dalam mencari pasangan), atau pada masa pematangan dan masa embrio. Dari berbagai kemungkinan tersebut, seleksi yang berlangsung sebelum reproduksi tampaknya yang paling mudah terjadi. Hal itu disebabkan karena dengan ketidakmampuan makhluk hidup melakukan reproduksi berarti tidak dapat mewariskan gen kepada keturunannya.

Contoh makhluk hidup yang telah punah karena seleksi alam adalah dinosaurus. Hewan tersebut telah punah sekitar 65 juta tahun yang lalu. Perubahan alam yang terjadi secara terus-menerus dalam jangka waktu yang lama menyebabkan makhluk tersebut tidak mampu menyesuaikan diri dan akhirnya punah.

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:

- *memprediksikan punahnya beberapa jenis makhluk hidup akibat seleksi alam hubungannya dengan kemampuan yang dimiliki;*
- *mendeskripsikan hubungan interspesifik (antarpopulasi) dengan seleksi alam.*



Sumber: *Ilmu Pengetahuan Populer*, 2002

▲ **Gambar 4.11** *Dinosaurus punah karena tidak bisa menyesuaikan diri dengan perubahan alam*

Sekitar 100 juta tahun yang lalu, konon pernah terjadi hujan meteor yang memusnahkan tumbuhan. Akibatnya semua hewan pemakan tumbuhan (*herbivora*) musnah dan yang bertahan hidup tinggalah hewan pemakan daging (*karnivora*) dan hewan pemakan segala (*omnivora*). Hewan-hewan yang masih hidup tersebut akhirnya secara terus-menerus melakukan persaingan, dan dinosaurus yang menang adalah kelompok pemakan daging. Namun pada akhirnya semua dinosaurus tersebut musnah dan dewasa ini kita hanya dapat mengamati fosilnya.



Sumber: *Indonesian Heritage*, 2002

▲ Gambar 4.12 Badak Jawa di Ujung Kulon, Jawa Barat

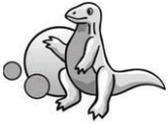
Punahnya beberapa jenis makhluk hidup juga terjadi di Indonesia, misalnya badak Jawa dan badak Sumatra. Punahnya kedua jenis badak itu sebagian besar dikarenakan hilangnya hutan dataran rendah dan perburuan. Pengobatan tradisional di Timur Jauh (daratan Cina) masih banyak yang menggunakan bahan dasar badak, juga berperan terhadap kepunahan badak.

Contoh lain peristiwa seleksi alam adalah keadaan populasi kupu-kupu *Biston betularia* di Inggris sebelum revolusi industri dan setelah revolusi industri. Di Inggris ada dua macam *Biston betularia*, yaitu kupu-kupu bersayap cerah dan bersayap gelap. Sebelum terjadi revolusi industri, populasi kupu-kupu bersayap cerah lebih besar daripada kupu-kupu yang bersayap gelap. Adapun setelah terjadi revolusi industri, populasi kupu-kupu bersayap cerah lebih kecil daripada kupu-kupu yang bersayap gelap. Mengapa dapat terjadi demikian? Menurut dugaan, hal itu dapat terjadi karena sebelum revolusi industri lingkungan masih cerah, sehingga kupu-kupu bersayap cerah lebih adaptif daripada kupu-kupu bersayap gelap. Sebaliknya, setelah revolusi industri keadaan lingkungan lebih gelap oleh jelaga. Akibatnya kupu-kupu bersayap gelap lebih adaptif terhadap lingkungannya sedangkan kupu-kupu bersayap cerah tidak adaptif sehingga lebih mudah ditangkap oleh predator.



### Latihan

1. Apa yang dimaksud seleksi alam?
2. Bagaimana hubungan antara seleksi alam dan adaptasi?
3. Apa yang menyebabkan punahnya dinosaurus pada masa lalu?
4. Selain habitat yang rusak apa yang menyebabkan badak Jawa mendekati kepunahan? Jelaskan.



## C. PERKEMBANGBIAKAN MAKHLUK HIDUP

Setiap makhluk hidup mempunyai usia yang terbatas dan pada akhirnya akan mati. Banyak tanaman sayuran, seperti sawi, kol, lobak, dan wortel hanya mempunyai masa hidup sekitar tiga bulan. Hewan-hewan tertentu, seperti ayam, itik, dan unggas lainnya mempunyai masa hidup yang lebih pendek dibanding dengan hewan-hewan, seperti anjing, kucing, sapi dan harimau. Namun, mengapa makhluk hidup tersebut dapat mempertahankan jenisnya?

### 1. Peranan Perkembangbiakan

Semua makhluk hidup mempunyai kemampuan berkembang biak. Ada jenis makhluk hidup yang hanya berkembang biak satu kali dalam masa hidupnya, seperti sawi, wortel, dan kol. Adapun hewan yang hanya berkembang biak satu kali dalam masa hidupnya, misalnya ikan sidat. Walaupun hanya mampu berkembang biak satu kali dalam masa hidupnya, tumbuhan dan hewan tersebut dapat mempertahankan jenisnya.

Sekarang ini banyak hewan dan tumbuhan yang hampir mengalami kepunahan, misalnya burung elang jambul, cenderawasih, harimau Jawa, badak bercula satu, beruang Bengkulu, dan bunga *Rafflesia arnolldi*. Faktor-faktor yang menyebabkan hewan dan tumbuhan mengalami kepunahan, yaitu daya regenerasi yang rendah, terdesak oleh populasi lain (kalah bersaing), bencana alam, dan gangguan manusia.

#### a. Daya regenerasi rendah

Hewan atau tumbuhan ada yang mampu menghasilkan keturunan dalam jumlah banyak selama masa hidupnya, namun ada pula yang hanya menghasilkan keturunan dalam jumlah sangat sedikit. Badak menjadi dewasa pada umur sekitar 7 tahun dan dapat mencapai umur 30 tahun. Badak hanya melahirkan satu ekor anak setiap melakukan perkembangbiakan membutuhkan waktu 3,5 sampai 4 tahun. *Rafflesia arnolldi* juga mempunyai daya regenerasi yang rendah, karena hanya dapat tumbuh pada umbi-umbian tertentu. Beberapa jenis burung mempunyai masa hidup yang singkat, sehingga keturunan yang dihasilkan dalam masa hidupnya juga sedikit. Hal tersebut berarti daya regenerasinya juga rendah.

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:

- menjelaskan peran perkembangbiakan bagi kelangsungan hidup;
- mendeskripsikan cara perkembangbiakan pada tumbuhan dan hewan.

### Radar Sains

*Dalam masa hidupnya, ikan sidat mampu menghasilkan telur sebanyak 7 juta sampai 13 juta butir.*



Sumber: <http://google.com>

▲ Gambar 4.13 *Rafflesia arnolldi*

## b. Terdesak oleh populasi lain

Banyak hewan yang menggantungkan sumber makanan yang sama, misalnya harimau dan srigala yang sama-sama makan daging. Dua komponen ekosistem yang menggantungkan sumber makanan yang sama akan menimbulkan persaingan antarkeduanya. Komponen yang kalah bersaing akan berpindah tempat atau mati, jika tidak mendapatkan sumber makanan lain.



Sumber: *Fauna "Mamalia 2"*, 2003

▲ Gambar 4.14 Harimau dan srigala



Sumber: *Indonesian Heritage*, 2002

▲ Gambar 4.15 Perburuan seperti ini harus dihentikan karena menyebabkan kepunahan makhluk hidup

## c. Gangguan manusia

Gangguan dari manusia terlihat pada perburuan hewan-hewan tertentu. Banyak orang memburu gajah untuk diambil gadingnya atau memburu harimau untuk diambil kulitnya. Ada juga orang yang memburu burung-burung berbulu indah atau hewan-hewan lain, hanya untuk pajangan di ruang tamu. Gangguan dari manusia merupakan faktor terbesar yang dapat menyebabkan kepunahan makhluk hidup. Kita seharusnya dapat bersikap lebih arif dalam memanfaatkan sumber daya alam. Bagaimana sikap kalian?

## 2. Cara Perkembangbiakan

Makhluk hidup berkembang biak dengan berbagai cara. Perkembangbiakan makhluk hidup dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu perkembangbiakan vegetatif (reproduksi aseksual) dan perkembangbiakan generatif (reproduksi seksual).

### a. Perkembangbiakan vegetatif

Tumbuhan umbi-umbian, seperti kentang, ketela rambat, dahlia, dan ubi berkembang biak dengan umbinya. Bawang merah dan bawang putih berkembang biak dengan umbi lapis, sedangkan pisang berkembang biak dengan tunas. Beberapa jenis mikro-organisme, seperti Amoeba dan bakteri berkembang biak dengan membelah diri. Pada prinsipnya, semua perkembangbiakan yang tidak diawali adanya pertemuan antara sel kelamin jantan dan sel kelamin betina, disebut perkembangbiakan vegetatif (reproduksi aseksual).



### Tugas Individu

#### (Rasa Ingin Tahu dan Kecakapan Personal)

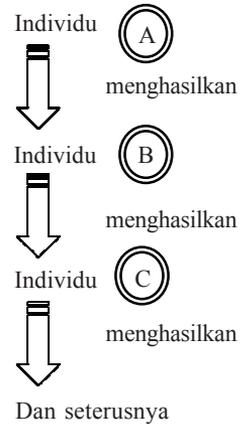
Amati perilaku masyarakat di sekitarmu. Datalah tindakan-tindakan anggota masyarakat yang dapat mengganggu dan mendukung reproduksi hewan maupun tumbuhan.

Jumlah induk yang terlibat dalam perkembangbiakan vegetatif hanya satu. Oleh karena itu, individu baru yang dihasilkannya mempunyai sifat yang sama dengan sifat induknya. Jadi, jika kamu ingin memperbanyak tanaman dengan sifat yang sama dengan induknya sebaiknya dilakukan dengan perkembangbiakan secara vegetatif. Untuk lebih jelasnya, perhatikan Gambar 4.16.

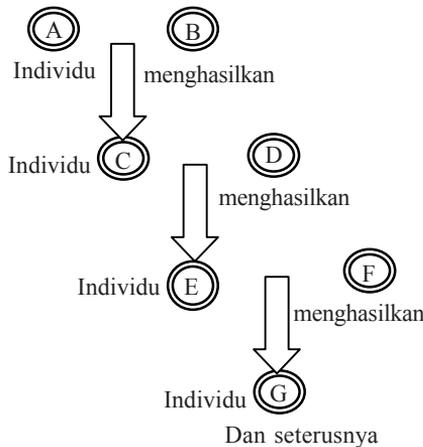
**b. Perkembangbiakan secara generatif**

Perkembangbiakan secara generatif atau disebut juga perkembangbiakan secara kawin adalah peristiwa terbentuknya individu baru yang di dahului oleh pembuahan (*fertilisasi*). Pembuahan adalah peleburan antara sel kelamin jantan dengan sel kelamin betina. Hasil dari peleburan tersebut berupa zigot.

Organisme yang berkembangbiak secara kawin (generatif) meliputi berbagai jenis vertebrata (ikan, katak, reptil, burung dan mamalia) dan avertebrata, seperti cacing tanah, lebah, rayap, udang, dan sebagainya.



▲ Gambar 4.16 Skema perkembangan vegetatif



▲ Gambar 4.17 Skema perkembangan generatif

Perkembangbiakan secara generatif biasanya melibatkan dua induk. Oleh karena itu, sifat keturunan hasil perkembangbiakan tersebut merupakan gabungan dari sifat kedua induknya, sehingga dapat bervariasi. Untuk lebih jelasnya, perhatikan Gambar 4.17.

Selain berkembang biak secara generatif atau vegetatif saja, ada sebagian makhluk hidup berkembang biak secara keduanya. Perkembangbiakan dengan cara generatif dan vegetatif amat jarang terjadi pada hewan. Namun, pada beberapa jenis tumbuhan dapat terjadi dengan kedua cara tersebut, misalnya lumut dan tumbuhan hijau.

Beberapa contoh makhluk hidup yang dapat melakukan perkembangbiakan dengan cara generatif dan vegetatif sebagai berikut.

- 1) *Hydra*; secara generatif dengan membentuk ovarium dan testis, secara vegetatif dapat membentuk tunas.
- 2) Lumut dan tumbuhan paku; secara generatif dengan membentuk sperma dan ovum, secara vegetatif dengan membentuk spora.
- 3) Tumbuhan biji (mangga, jambu, dan jeruk) secara generatif dengan membentuk biji dan secara vegetatif dengan cangkok.



## Latihan

1. Jelaskan peranan perkembangbiakan bagi kelangsungan hidup organisme.
2. Apa yang dimaksud tingkat reproduksi rendah? Berilah contohnya.
3. Jelaskan perbedaan antara perkembangbiakan vegetatif dan perkembangbiakan generatif. Berilah contohnya.



## Rangkuman

1. Kelangsungan hidup organisme atau makhluk hidup dipengaruhi oleh kemampuan beradaptasi, seleksi alam, dan kemampuan berkembang biak.
2. Penyesuaian diri suatu jenis makhluk hidup terhadap lingkungannya disebut adaptasi.
3. Ada tiga cara adaptasi makhluk hidup, yaitu adaptasi morfologi, fisiologi, dan tingkah laku.
4. Hewan yang dapat beradaptasi dengan adanya seleksi alam tetap bertahan hidup. Seleksi alam bisa disebabkan oleh bencana alam, ketersediaan makanan, parasit, pemangsa, dan wabah penyakit.
5. Perkembangbiakan adalah proses menghasilkan individu baru. Kemampuan makhluk hidup untuk berkembang biak dalam waktu tertentu disebut tingkat reproduksi. Tingkat reproduksi organisme berbeda-beda, ada yang tinggi dan ada yang rendah.
6. Organisme yang tingkat reproduksinya rendah cenderung semakin langka, misalnya badak bercula satu, paus biru, dan orangutan.
7. Pada dasarnya ada dua macam perkembangbiakan, yaitu perkembangbiakan secara generatif dan perkembangbiakan secara vegetatif.

8. Pada perkembangbiakan secara generatif, terjadinya individu baru diawali oleh pembuahan, yaitu peleburan sel kelamin jantan dan sel kelamin betina. Keturunan baru hasil perkembangbiakan secara generatif memiliki sifat yang bervariasi. Perkembangbiakan secara vegetatif adalah peristiwa terjadinya individu baru yang hanya melibatkan satu organisme. Perkembangbiakan secara vegetatif tidak terjadi peleburan sel kelamin jantan dan sel kelamin betina. Individu baru hasil perkembangbiakan secara vegetatif memiliki sifat yang sama dengan induknya.



## Refleksi

Setelah mempelajari mengenai Kelangsungan Hidup Makhluk Hidup, tentunya kamu sudah memahami dan dapat menjelaskan kembali tentang:

1. Adaptasi makhluk hidup.
2. Seleksi alam.
3. Perkembangbiakan makhluk hidup.

Apabila kamu belum sepenuhnya memahami, cobalah mempelajari materi di atas secara cermat. Untuk lebih memantapkan pemahamanmu, carilah referensi pendukung melalui artikel, buku referensi, maupun internet. Diskusikan dan mintalah bimbingan gurumu.



## Glosarium

<i>absorpsi</i>	: penyerapan
<i>adaptif</i>	: mudah menyesuaikan dengan keadaan
<i>flagellata</i>	: organisme protista yang alat geraknya berupa flagell
<i>habitat</i>	: tempat tinggal yang sesuai bagi suatu makhluk hidup
<i>reproduksi</i>	: perkembangbiakan



**Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu.**

**A. Pilihlah salah satu jawaban soal berikut dengan tepat.**

- Adaptasi pada makhluk hidup berfungsi untuk ....
  - mendapat ruang hidup yang lebih luas
  - dapat berkembang biak dengan baik
  - mempertahankan hidupnya lebih lama
  - mendapatkan cukup makanan yang sesuai
- Di antara fenomena berikut yang *bukan* termasuk adaptasi adalah ....
  - taring harimau runcing dan tajam
  - anggota gerak depan burung berupa sayap
  - daun jagung berwarna putih atau albino
  - tanaman jati meranggas pada musim kemarau
- Pada siang hari yang panas, kerbau senang berkubang pada air berlumpur. Kesenangan kerbau tersebut termasuk ....
  - penyesuaian diri terhadap air
  - penyesuaian diri secara morfologi
  - penyesuaian diri secara fisiologi
  - penyesuaian diri secara tingkah laku
- Salah satu bentuk adaptasi morfologi hewan yang hidup di air adalah ....
  - tubuhnya bersisik
  - berkembang biak dengan bertelur
  - alat geraknya berupa sirip
  - pembuahannya terjadi di luar tubuh
- Perhatikan gambar berikut.



1                      2                      3                      4

Bentuk paruh yang sesuai untuk memakan makanan yang berupa biji-bijian ditunjukkan oleh nomor ....

- 1
- 2
- 3
- 4

- Perhatikan gambar berikut.



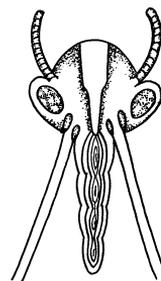
Bentuk kaki burung seperti ditunjukkan pada gambar di atas sesuai untuk ....

- hinggap di ranting/dahan
- memanjat pohon
- berjalan di darat
- mencengkeram mangsanya

- Serangga dengan tipe mulut menggigit dijumpai pada ....

- belalang dan jangkrik
- belalang dan kutu anjing
- lalat dan kupu-kupu
- gangsir dan walang sangit

- Perhatikan gambar berikut.



Serangga yang mempunyai tipe mulut seperti gambar di samping adalah ....

- walang sangit
- kutu rambut
- kupu-kupu
- nyamuk

9. Pada saluran pencernaan herbivora terdapat enzim selulase yang sangat penting untuk ....
  - a. mencernakan makanan yang berupa karbohidrat
  - b. menjaga dari kerusakan usus
  - c. membantu mencernakan lemak
  - d. mencernakan makanan yang berupa protein
10. Contoh peristiwa mimikri, yaitu bentuk adaptasi ....
  - a. fisiologi pada herbivora
  - b. tingkah laku pada cecak
  - c. tingkah laku pada pohon jati
  - d. tingkah laku pada bunglon
11. Mamalia yang hidup di dalam air sering muncul ke atas permukaan air dengan tujuan untuk ....
  - a. mendapatkan sinar matahari
  - b. menghirup oksigen bebas
  - c. mencari makanan di permukaan air
  - d. mengembuskan air mancur
12. Ikan hiu tidak dapat hidup di air tawar karena ....
  - a. arus airnya sangat deras
  - b. kadar garamnya sangat rendah
  - c. intensitas cahayanya sangat tinggi
  - d. airnya terlalu jernih
13. Berikut ini hewan yang tingkat reproduksinya rendah adalah ....
 

a. tikus	c. ayam
b. sapi	d. badak
14. Satu-satunya bangsa dinosaurus yang bertahan hidup hingga sekarang adalah ....
 

a. buaya	c. tokek
b. komodo	d. salamander
15. Adaptasi berikut berkaitan dengan pertahanan diri terhadap musuh, *kecuali* ....
  - a. trenggiling akan menggulung tubuhnya apabila didekati musuh
  - b. paus menyembrotkan air mancur dari atas kepalanya
  - c. tupai virginia akan pura-pura mati jika didekati anjing
  - d. bunglon mengubah warna tubuh sesuai dengan lingkungannya
16. Semburan air mancur yang dikeluarkan paus pada saat muncul di permukaan air merupakan ....
  - a. air yang tidak dikeluarkan dalam bentuk urin
  - b. sisa air yang diminum oleh paus
  - c. air yang telah diambil oksigennya
  - d. uap air sisa pernapasan yang telah jenuh
17. Rayap dewasa sering memakan kembali kelupasan kulitnya. Hal itu bertujuan untuk ....
  - a. mendapatkan makanan yang mudah
  - b. membersihkan lingkungan sekitarnya
  - c. mengurangi pengeluaran air
  - d. mendapatkan kembali flagellata
18. Lumba-lumba termasuk jenis mamalia yang hidup di air. Hewan tersebut menyesuaikan diri dengan cara ....
  - a. bernapas dengan insang
  - b. reproduksi dengan telur
  - c. alat gerak berupa sirip
  - d. kulitnya tertutup oleh sisik
19. Salah satu penyebab punahnya suatu jenis makhluk hidup adalah ....
  - a. laju kelahiran lebih besar daripada laju kematian
  - b. laju kematian lebih besar daripada laju kelahiran
  - c. usianya hanya terbatas
  - d. tidak dapat berkembang biak
20. Punahnya dinosaurus pada 65 juta tahun yang lalu disebabkan karena ....
  - a. tidak mampu menyesuaikan diri terhadap perubahan lingkungan
  - b. adanya wabah penyakit
  - c. kalah bersaing dengan hewan-hewan lainnya
  - d. jumlah keturunan hanya sedikit

**B. Jawablah soal-soal berikut dengan singkat dan tepat.**

1. Apa yang dimaksud adaptasi morfologi? Berikan tiga contoh adaptasi morfologi pada hewan.
2. Bagaimana adaptasi tubuh manusia terhadap kadar oksigen yang rendah di pegunungan?
3. Bagaimana alam melakukan seleksi terhadap makhluk hidup di dalamnya?
4. Organisme ada yang mempunyai tingkat reproduksi tinggi dan ada yang tingkat reproduksinya rendah. Jelaskan maksudnya dan berilah contoh.
5. Sebutkan tiga perbedaan antara perkembangbiakan generatif dan perkembangbiakan vegetatif.

# Bab 5

## PEWARISAN SIFAT



Sumber: Dok. Penerbit

*Perhatikan sifat-sifat yang tampak pada setiap anggota keluargamu. Di antara kamu dan saudaramu pasti ada kemiripan, walaupun tidak sama persis. Begitu pula antara kamu dengan ayah atau ibumu. Dalam sebuah keluarga, kita dapat menemukan persamaan maupun perbedaan sifat antaranggota keluarga.*

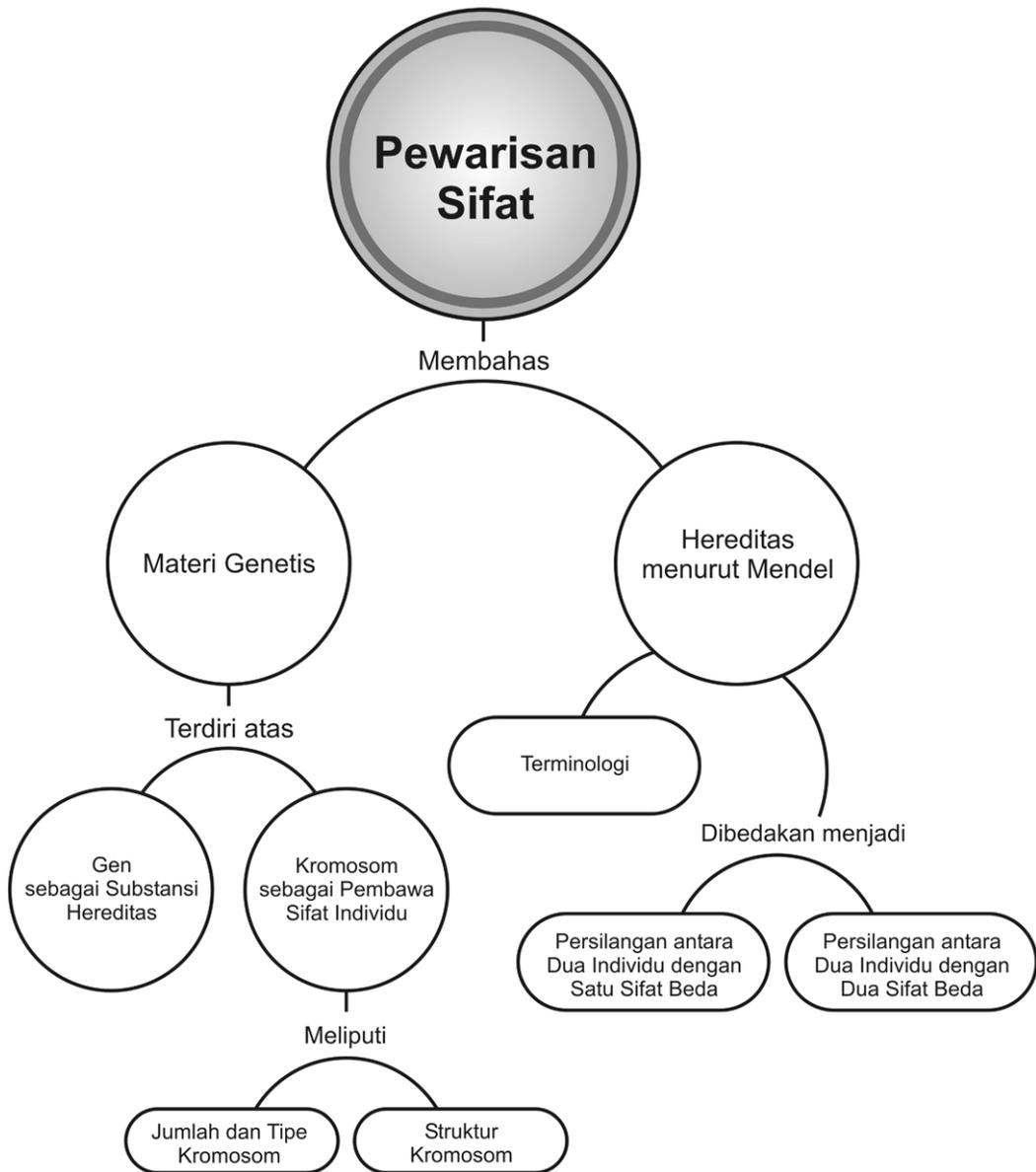
*Fenomena persamaan dan perbedaan antaranggota keluarga akan kamu pelajari pada bab ini. Pada bab ini kamu akan mempelajari proses pewarisan sifat dan penerapannya.*

### ❖ Pretest ❖

1. Jelaskan pengaruh gen dan kromosom terhadap pewarisan sifat.
2. Apakah yang dimaksud:
  - a. sifat resesif;
  - b. sifat dominan;
  - c. sifat intermediet.

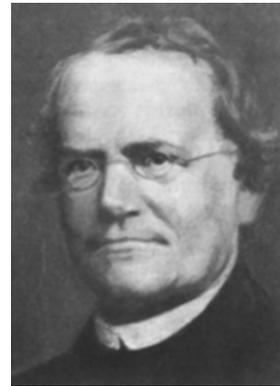
### ❖ Kata-Kata Kunci ❖

- gen
- kromosom
- hukum Mendel
- fenotipe
- genotipe



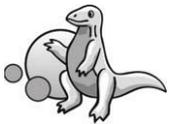
Makhluk hidup yang ada di muka bumi ini sangat beragam. Setiap jenis makhluk hidup mempunyai sifat dan ciri tersendiri sehingga dapat membedakannya antara yang satu dengan yang lainnya. Sifat atau ciri yang dimiliki oleh setiap makhluk hidup ada yang dapat diturunkan dan ada pula yang tidak dapat diturunkan. Dalam pewarisan sifat dari generasi ke generasi berikutnya mengikuti pola tertentu yang khas bagi setiap makhluk hidup.

Pewarisan sifat dari induk kepada keturunannya disebut *hereditas*. Cabang biologi yang khusus mempelajari tentang hereditas adalah *genetika*. Tokoh yang sangat berjasa dalam menemukan hukum-hukum genetika adalah Gregor Johann Mendel (1822 – 1884) dari Austria. Beliau lahir tanggal 22 Juli 1822. Karena jasanya itu beliau dijuluki sebagai Bapak Genetika.



Sumber: <http://google.com>

▲ Gambar 5.1 Gregor Johann Mendel



## A. MATERI GENETIS

Menurut kamu, bagian tubuh manakah yang berperan terhadap pewarisan sifat dari orang tua kepada anaknya? Di dalam setiap sel terdapat faktor pembawaan sifat keturunan (materi genetis), misalnya pada sel tulang, sel darah, dan sel gamet. Substansi genetis tersebut terdapat di dalam inti sel (*nukleus*), yaitu pada kromosom yang mengandung gen. Gen merupakan substansi hereditas yang terdiri atas senyawa kimia tertentu, yang menentukan sifat individu. Gen mempunyai peranan penting dalam mengatur pertumbuhan sifat-sifat keturunan. Misalnya pertumbuhan bentuk dan warna rambut, susunan darah, kulit, dan sebagainya.

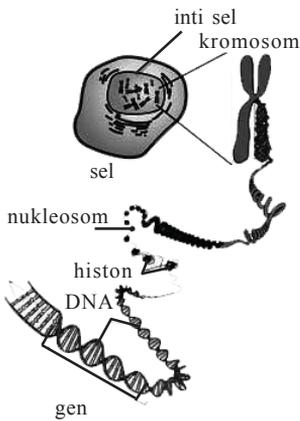
### 1. Gen sebagai Substansi Hereditas

Morgan, seorang ahli genetika dari Amerika menemukan bahwa faktor-faktor keturunan yang dinamakan gen tersimpan di dalam *lokus* yang khas di dalam kromosom.

Gen-gen terletak pada kromosom secara teratur dalam satu deretan secara linier dan lurus berurutan. Dengan menggunakan simbol, kromosom dapat digambarkan sebagai garis panjang vertikal dan gen-gen sebagai garis pendek horizontal pada garis vertikal tersebut. Karena letak gen yang linier dan lurus berurutan, maka secara simbolik dapat dilukiskan pula garis-garis pendek horizontal (gen-gen) tersebut berderetan.

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:  
*mendeskripsikan materi genetis yang bertanggung jawab dalam pewarisan sifat (gen dan kromosom).*



Sumber: <http://google.com>

▲ Gambar 5.2 Letak gen secara simbolik pada kromosom

Dari sekian banyak gen yang berderet secara teratur pada benang-benang kromosom, masing-masing gen mempunyai tugas khas dan waktu beraksi yang khas pula. Ada gen yang menunjukkan aktivitasnya saat embrio, lainnya pada waktu kanak-kanak ataupun gen lainnya lagi setelah spesies menjadi dewasa. Mungkin juga suatu gen aktif pada suatu organ namun tidak aktif pada organ yang lain. Setiap gen menduduki tempat tertentu dalam kromosom yang dinamakan *lokus* gen.

Gen yang menentukan sifat-sifat dari suatu individu biasanya diberi simbol huruf pertama dari suatu sifat. Gen dominan (yang mengalahkan gen lain) dinyatakan dengan huruf besar dan resesif (gen yang dikalahkan gen yang lain) dinyatakan dengan huruf kecil. Sebagai contoh, pada tanaman ercis dapat dinyatakan

T = simbol untuk gen yang menentukan batang tinggi;

t = simbol untuk gen yang menentukan batang rendah.

Karena tanaman ercis individu yang diploid, maka simbol tanaman itu ditulis dengan huruf double.

TT = simbol untuk tanaman berbatang tinggi;

tt = simbol untuk tanaman berbatang rendah.

## 2. Kromosom sebagai Pembawa Sifat Individu

Kromosom terdapat di dalam nukleus mempunyai susunan halus berbentuk batang panjang atau pendek, lurus atau bengkok. Di dalam nukleus terdapat substansi berbentuk benang-benang halus, seperti jala yang dapat menyerap zat warna. Benang-benang halus tersebut dinamakan *retikulum kromatin*. *Retikulum* berarti jala yang halus. *Kroma* berarti warna, dan *tin* berarti badan.

Kromosom dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop biasa pada sel-sel yang sedang membelah. Dalam sel yang aktif melakukan metabolisme, kromosom-kromosom memanjang dan tidak tampak. Namun, menjelang sel mengalami proses pembelahan, kromosom-kromosom tersebut memendek dan menebal, serta mudah menyerap zat warna, sehingga mudah kita lihat melalui mikroskop. Contoh-contoh zat warna yang dapat digunakan, antara lain *sudan III*, *hematoksilin*, *metilen biru*, dan *KI*.

### a. Jumlah dan tipe kromosom

Setiap organisme mempunyai jumlah kromosom tertentu, ada yang banyak ada pula yang hanya sedikit. Manusia mempunyai 46 kromosom dalam setiap inti selnya, 23 kromosom berasal dari ibu dan 23 kromosom berasal dari ayah. Manusia memulai hidupnya dari sebuah sel, yaitu sel telur yang dibuahi sel sperma. Sel telur dan sel sperma masing-masing mempunyai 23 kromosom (n). Sel telur yang telah dibuahi sel sperma akan menjadi zigot. Zigot yang terbentuk mempunyai 46 kromosom (2n)

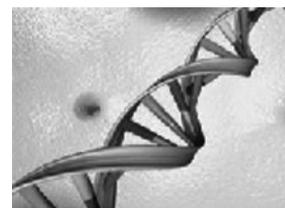
Untuk mengetahui jumlah kromosom yang dimiliki oleh berbagai jenis makhluk hidup, perhatikan Tabel 5.1 berikut.

**Tabel 5.1** Jumlah kromosom pada berbagai jenis makhluk hidup

No.	Jenis Makhluk Hidup	Jumlah	No.	Jenis Makhluk Hidup	Jumlah
1	Nyamuk	6	21	Kapang <i>penicillium</i>	4
2	Lalat buah	12	22	Jamur	34
3	Lalat rumah	56	23	Ragi	16
4	Ulat sutra	36	24	Bawang	24
5	Bintang laut	94	25	Padi	20
6	Ikan mas	26	26	Jagung	48
7	Katak	82	27	Tembakau	24
8	Kalkun	78	28	Tomat	48
9	Ayam	80	29	Kentang	52
10	Merpati	42	30	Kapas	14
11	Tikus sawah	40	31	Ketimun	22
12	Tikus rumah	38	32	Buncis	14
13	Kucing	78	33	Kacang polong	18
14	Anjing	62	34	Lobak	18
15	Keledai	60	35	Kubis	32
16	Lembu	64	36	Ceri	24
17	Kuda	48	37	Cemara	24
18	Kera	48	38	Hidra	32
19	Simpanse	46	39	Tebu	86
20	Manusia	46	40	Bunga matahari	34

*Dirangkum dari berbagai sumber*

Pada makhluk hidup tingkat tinggi, sel tubuh mengandung dua perangkat atau dua set kromosom yang diterima dari kedua induknya. Kromosom yang berasal dari induk betina berbentuk serupa dengan kromosom yang berasal dari induk jantan, sehingga sepasang kromosom yang berasal dari induk jantan dan induk betina disebut *kromosom homolog*. Pengertian kromosom homolog, yaitu kromosom yang mempunyai bentuk, fungsi, dan komposisi yang sama. Jumlah kromosom dalam sel tubuh disebut *diploid* ( $2n$ ). Adapun jumlah kromosom dalam sel kelamin dinamakan *haploid* ( $n$ ), karena hanya memiliki separo dari jumlah kromosom dalam sel tubuh. Dua perangkat atau dua set kromosom haploid dari suatu spesies disebut *genom*. Dengan demikian, genom dapat dikatakan sebagai jumlah macam kromosom atau perangkat kromosom dalam suatu individu. Contoh: manusia mempunyai 23 pasang kromosom haploid maka dalam sel tubuhnya berarti terdapat  $2 \times 23 = 46$  kromosom (diploid).



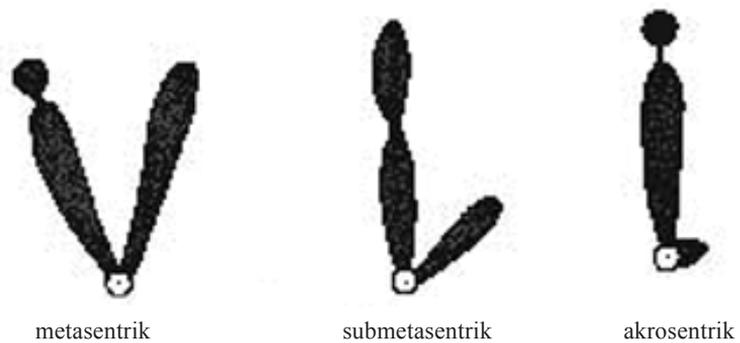
Sumber: <http://google.com>

▲ Gambar 5.3 Kromosom manusia

Kromosom yang dimiliki oleh organisme secara umum dapat dibedakan menjadi dua tipe, yaitu kromosom tubuh (*autosom*) dan kromosom seks (*gonosom*). Autosom terdapat pada individu jantan maupun betina dan sifat-sifat yang dibawa tidak ada hubungannya dengan penentuan jenis kelamin. *Gonosom* merupakan kromosom yang menentukan jenis kelamin suatu individu.

### b. Struktur kromosom

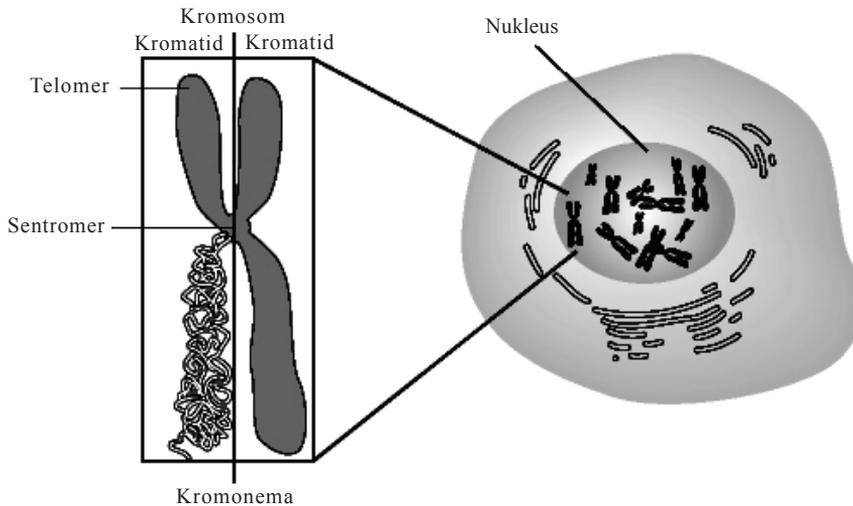
Secara garis besar, struktur kromosom terdiri atas *sentromer* dan lengan. *Sentromer* atau *kinetokor* adalah bagian dari kromosom tempat melekatnya benang-benang spindel yang berperan menggerakkan kromosom selama proses pembelahan sel. Bagian ini berbentuk bulat dan tidak mengandung gen. *Sentromer* disebut juga pusat kromosom. Berdasarkan letak sentromernya, kromosom dibedakan menjadi empat macam, yaitu metasentrik, jika sentromer terletak di tengah-tengah antara kedua lengan; submetasentrik, jika sentromer terletak agak ke tengah sehingga kedua lengan tidak sama panjang; akrosentrik, jika sentromer terletak di dekat ujung, telesentrik, jika sentromer terletak di ujung lengan kromosom.



Sumber: <http://google.com>

▲ Gambar 5.4 Macam kromosom menurut letak sentromernya (1) metasentrik, (2) submetasentrik, (3) akrosentrik

Lengan atau badan kromosom adalah bagian kromosom yang mengandung *kromonema* (pita bentuk spiral di dalam kromosom) dan gen. Selubung pembungkus *kromonema* disebut *matriks*. Gen merupakan substansi (bahan dasar) kimia di dalam kromosom yang mengandung informasi genetik (pembawa sifat). Kromosom dibentuk oleh protein dan asam-asam nukleat. Bagian ujung kromosom yang menghalangi bersambungannya kromosom yang satu dengan lainnya disebut *telomer*. Untuk mengetahui struktur kromosom, perhatikan Gambar 5.5.



Sumber: <http://google.com>

▲ Gambar 5.5 Struktur kromosom



## B. HEREDITAS MENURUT MENDEL

Untuk membuktikan kebenaran teorinya, Mendel telah melakukan percobaan dengan membastarkan tanaman-tanaman yang mempunyai sifat beda. Tanaman yang dipilih adalah tanaman kacang ercis (*Pisum sativum*). Alasannya tanaman tersebut mudah melakukan penyerbukan silang, mudah didapat, mudah hidup atau mudah dipelihara, berumur pendek atau cepat berbuah, dapat terjadi penyerbukan sendiri, dan terdapat jenis-jenis yang memiliki sifat yang mencolok. Sifat-sifat yang mencolok tersebut, misalnya: warna bunga (ungu atau putih), warna biji (kuning atau hijau), warna buah (hijau atau kuning), bentuk biji (bulat atau kisut), sifat kulit (halus atau kasar), letak bunga (di ujung batang atau di ketiak daun), serta ukuran batang (tinggi atau rendah).

Beberapa kesimpulan penting tentang hasil percobaan Mendel sebagai berikut.

1. *Hibrid* (hasil persilangan antara dua individu dengan tanda beda) memiliki sifat yang mirip dengan induknya dan setiap hibrid mempunyai sifat yang sama dengan hibrid yang lain dari spesies yang sama.

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:

- membedakan pengertian sifat resesif, dominan, dan intermediet;
- menentukan gamet dari genotip tertentu;
- menentukan rasio hasil persilangan monohybrid dan dihibrid melalui logam;
- memprediksi filial pada beberapa contoh pewarisan sifat.



Sumber: <http://google.com>

▲ Gambar 5.6 Kacang ercis

2. Karakter atau sifat dari keturunan suatu hibrid selalu timbul kembali secara teratur dan inilah yang memberi petunjuk kepada Mendel bahwa tentu ada faktor-faktor tertentu yang mengambil peranan dalam pemindahan sifat dari satu generasi ke generasi berikutnya.
3. Mendel merasa bahwa "faktor-faktor keturunan" itu mengikuti distribusi yang logis, maka suatu hukum atau pola akan dapat diketahui dengan cara mengadakan banyak persilangan dan menghitung bentuk-bentuk yang berbeda, seperti yang tampak dalam keturunan.

### Radarsains

Variasi-variasi (*dominan/resesif*) yang dapat diturunkan oleh manusia sebagai berikut.

- Pipi (*berlesung pipit/biasa*).
- Warna kulit (*berpigmen/tidak berpigmen*).
- Lidah (*dapat menggulung/tidak dapat menggulung*).
- Daun telinga (*tidak menggantung/menggantung*).
- Ibu jari tangan (*dapat melipat sampai pergelangan/tidak dapat*).
- Tinggi badan (*pendek/jangkung*).
- Rambut kepala (*botak/tidak*).
- Bentuk mata (*miring/lurus*).
- Bulu mata (*panjang/pendek*).
- Hidung (*besar/kecil*).
- Rahang (*persegi/tidak persegi*).

### 1. Terminologi

Untuk mengerti jalannya penelitian Mendel, kamu perlu mempelajari beberapa istilah yang terkait dalam pewarisan sifat. Istilah-istilah tersebut sebagai berikut.

- a. P = singkatan dari kata *Parental*, yang berarti induk.
- b. F = singkatan dari kata *Filial*, yang berarti keturunan. F<sub>1</sub> berarti keturunan pertama, F<sub>2</sub> berarti keturunan kedua, dan seterusnya.
- c. *Fenotipe* = karakter (sifat) yang dapat kita amati (bentuk, ukuran, warna, golongan darah, dan sebagainya).
- d. *Genotipe* = susunan genetik suatu individu (tidak dapat diamati).
- e. Simbol untuk suatu gen (istilah pengganti untuk "faktor keturunan") dikemukakan dengan sebuah huruf yang biasanya merupakan huruf pertama dari suatu sifat. Misalnya R = gen yang menyebabkan warna merah (*rubra*), sedangkan r = gen yang menyebabkan warna putih (*alba*). Dalam hal ini merah dominan terhadap putih. Oleh karena itu, diberi simbol dengan huruf besar. Gen yang resesif diberi simbol dengan huruf kecil.
- f. *Genotipe* suatu individu diberi simbol dengan huruf dobel, karena individu itu umumnya *diploid*. Misalnya: RR = *genotipe* untuk tanaman berbunga merah, sedangkan rr = *genotipe* untuk tanaman berbunga putih.
- g. Homozigotik = sifat suatu individu yang *genotipenya* terdiri atas gen-gen yang sama dari tiap jenis gen (misalnya RR, rr, AA, AAbb, aabb, dan sebagainya)  
 Heterozigotik = sifat suatu individu yang *genotipenya* terdiri atas gen-gen yang berlainan dari tiap jenis gen (misalnya Rr, Aa, AaBb, dan sebagainya).
- h. Alel = anggota dari sepasang gen, misalnya: R = gen untuk warna bunga merah dan r = gen untuk warna bunga putih, T = gen untuk tanaman tinggi dan t = gen untuk tanaman rendah. R dan r satu sama lain merupakan alel, tetapi R dan t bukan alel.



## Tugas Individu

### Rasa Ingin Tahu dan Kecakapan Personal

1. Perhatikan beberapa sifat manusia yang dapat diturunkan pada tabel berikut.

No.	Bagian tubuh	Sifat yang diturunkan	
		Dominan	Resesif
1	Tinggi badan	Pendek	Jangkung
2	Warna kulit	Berpigmen	Tidak berpigmen
3	Pipi	Berlesung pipit	Tidak berlesung pipit
4	Daun telinga	Tidak menggantung	Menggantung
5	Rambut kepala	Botak	Tidak botak
6	Bentuk rambut	Keriting, ikal	Lurus
7	Lidah	Dapat menggulung	Tidak dapat menggulung
8	Hidung	Besar/lebar	Kecil/sempit

2. Lakukan pengamatan terhadap anggota keluargamu, mulai dari ibu, bapak, saudaramu, dan terakhir dirimu sendiri mengenai bagian tubuh di atas.
3. Catatlah hasil pengamatanmu pada tabel seperti berikut di buku kerjamu (sifat dominan dengan tinta hitam dan sifat resesif dengan tinta merah).

No.	Ciri yang diamati	Ibu	Bapak	Anak ke-1	Anak ke-2	Anak ke-3
1	Tinggi badan					
2	Warna kulit					
3	Pipi					
4	Daun telinga					
5	Rambut kepala					
6	Bentuk rambut					
7	Lidah					
8	Hidung					

### Pertanyaan

1. Adakah sifat dominan yang terdapat pada anggota keluargamu? Sebutkan jika ada.
2. Di antara anggota keluargamu, siapakah yang mempunyai sifat dominan paling banyak?
3. Sebutkan sifat resesif yang berhasil kamu dapatkan pada anggota keluargamu.

## 2. Persilangan antara Dua Individu dengan Satu Sifat Beda

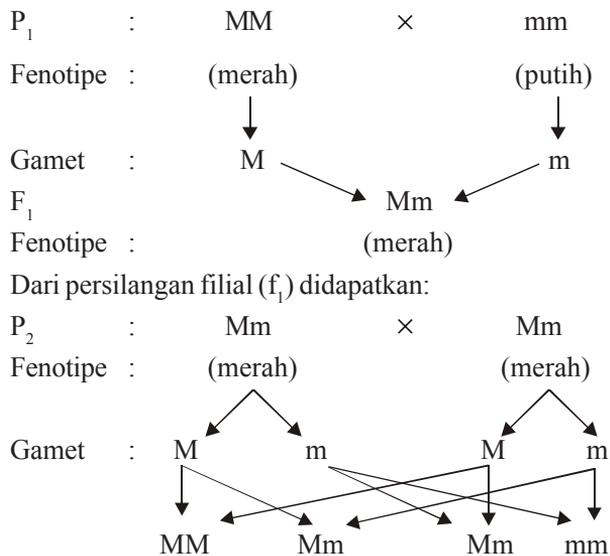
Persilangan antara dua individu dengan satu sifat beda disebut *persilangan monohibrid*. Dominasi dapat terjadi secara penuh atau tidak penuh (kodominan). Masing-masing dominasi ini menghasilkan bentuk keturunan pertama ( $F_1$ ) yang berbeda.

Persilangan monohibrid akan menghasilkan individu  $F_1$  yang seragam, apabila salah satu induk mempunyai sifat dominan penuh dan induk yang lain bersifat resesif. Apabila dilanjutkan dengan menyilangkan individu sesama  $F_1$ , akan menghasilkan keturunan (individu  $F_2$ ) dengan tiga macam *genotipe* dan dua macam *fenotipe*.

Sebaliknya, apabila salah satu induknya mempunyai sifat dominan tak penuh (*intermediate*), maka persilangan individu sesama  $F_1$  akan menghasilkan tiga macam *genotipe* dan tiga macam *fenotipe*. Contoh persilangan monohibrid dominan penuh terjadi pada persilangan antara kacang ercis berbunga merah dengan kacang ercis berbunga putih.

Mendel menyilangkan kacang ercis berbunga merah (MM) dengan kacang ercis berbunga putih (mm) dan dihasilkan individu  $F_1$  yang seragam, yaitu satu macam *genotipe* (Mm) dan satu macam *fenotipe* (berbunga merah). Pada waktu  $F_2$ , dihasilkan tiga macam *genotipe* dengan perbandingan 25% MM: 50% Mm : 25% Mm atau 1 : 2 : 1 dan dua macam *fenotipe* dengan perbandingan 75% berbunga merah : 25% berbunga putih atau merah : putih = 3 : 1. Pada individu  $F_2$  ini, yang *berfenotipe* merah dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu 2/3 *bergenotipe* heterozigot (Mm) dan 1/3 homozigot dominan (MM).

Persilangan antara kacang ercis berbunga merah dominan dengan kacang ercis berwarna putih resesif dapat dibuat bagan sebagai berikut.



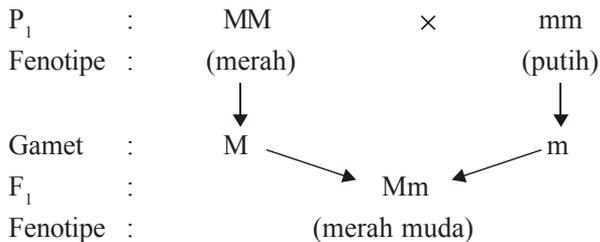
F <sub>2</sub>		M	m
	M	MM (merah)	Mm (merah muda)
	m	Mm (merah muda)	mm (putih)

Perbandingan *genotipe* F<sub>2</sub> = MM : Mm : mm  
= 1 : 2 : 1

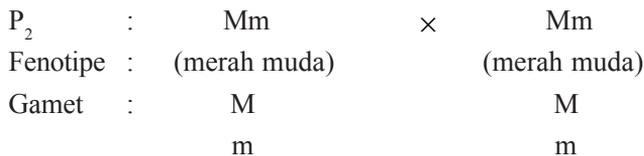
Perbandingan *fenotipe* F<sub>2</sub> = Merah : Putih  
= 3 : 1

Contoh persilangan monohibrid dominan tak penuh adalah persilangan antara tanaman bunga pukul empat berbunga merah dengan tanaman bunga pukul empat berbunga putih. Mendel menyilangkan tanaman bunga pukul empat berbunga merah (MM) dengan putih (mm) menghasilkan individu F<sub>1</sub> yang seragam, yaitu satu macam *genotipe* (Mm) dan satu macam *fenotipe* (berbunga merah muda). Pada individu F<sub>2</sub> dihasilkan tiga macam *genotipe* dengan perbandingan 25% MM : 50% Mm : 25% mm atau 1 : 2 : 1 dan 3 macam *fenotipe* dengan perbandingan 25% berbunga merah : 50% berbunga merah muda : 25% berbunga putih atau merah : merah muda : putih = 1 : 2 : 1. Pada individu F<sub>2</sub> ini yang *berfenotipe* merah dan putih selalu homozigot, yaitu MM dan mm.

Persilangan antara tanaman bunga pukul empat berbunga merah dominan dengan bunga pukul empat berbunga putih resesif dapat dibuat bagan sebagai berikut.



Dari persilangan sesama filial (F<sub>1</sub>) didapatkan:



F <sub>2</sub>		M	m
	M	MM (merah)	Mm (merah muda)
	m	Mm (merah muda)	mm (putih)

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan } \textit{genotipe} F_2 &= MM : Mm : mm \\ &= 1 : 2 : 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan } \textit{fenotipe} F_2 &= \text{Merah} : \text{Merah muda} : \text{Putih} \\ &= 1 : 2 : 1 \end{aligned}$$

Jika kita perhatikan kedua contoh persilangan di atas, pada saat pembentukan gamet terjadi pemisahan gen-gen yang sealel, sehingga setiap gamet hanya menerima sebuah gen saja. Misalnya pada tanaman yang *bergenotipe* Mm, pada saat pembentukan gamet, gen M memisahkan diri dengan gen m, sehingga gamet yang terbentuk memiliki gen M atau gen m saja. Prinsip ini dirumuskan sebagai *Hukum Mendel I (Hukum Pemisahan Gen yang Sealel)* yang menyatakan bahwa “Selama meiosis, terjadi pemisahan pasangan gen secara bebas sehingga setiap gamet memperoleh satu gen dari alelnya.”



### Tugas Kelompok

#### (Berpikir Kritis dan Kecakapan Sosial)

Buatlah kelompok diskusi yang terdiri atas 3 – 5 siswa, kemudian diskusikan jawaban pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Persilangan antara ercis batang tinggi galur murni dengan ercis batang kerdil galur murni menghasilkan  $F_1$  semuanya ercis batang tinggi.
  - a. Buatlah bagan persilangannya sampai  $F_1$ . Sifat manakah yang dominan?
  - b. Jika  $F_1$  disilangkan sesamanya, tulislah  $F_2$ -nya dalam papan catur.
  - c. Bagaimana perbandingan fenotip  $F_2$  -nya?
2. Pada bunga pukul empat terdapat jenis-jenis yang berbunga merah, merah muda, dan putih. Merah merupakan sifat dominan tak penuh. Gen untuk warna merah dilambangkan M dan untuk warna putih dilambangkan m.
  - a. Bagaimana genotipe tiap-tiap jenis tersebut?
  - b. Buatlah diagram persilangan antara tanaman bunga pukul empat berbunga merah dengan bunga pukul empat berbunga putih sampai  $F_2$ .
  - c. Bagaimana perbandingan genotipe dan fenotipe  $F_2$ -nya?
3. Persilangan antara sapi berbulu merah (RR) dan sapi berbulu putih (rr) menurunkan sapi berbulu roan/putih kekuningan dengan percikan putih (Rr). Buatlah diagram persilangannya sampai ditemukan perbandingan fenotipe  $F_2$ -nya.

### 3. Persilangan antara Dua Individu dengan Dua Sifat Beda

Persilangan antara dua individu dengan dua sifat beda disebut juga persilangan dihibrid. Pada persilangan tersebut Mendel menyilangkan tanaman ercis dengan biji yang mempunyai dua sifat beda, yaitu bentuk dan warna biji. Kedua sifat beda tersebut ditentukan oleh gen-gen sebagai berikut.

- B = gen yang menentukan biji bulat.
- b = gen yang menentukan biji keriput.
- K = gen yang menentukan biji berwarna kuning.
- k = gen yang menentukan biji berwarna hijau.

Jika tanaman kapri yang berbiji bulat kuning (BBKK) disilangkan dengan kapri yang berbiji keriput hijau (bbkk), semua tanaman  $F_1$  berbiji bulat kuning. Jika tanaman  $F_1$  dibiarkan mengadakan penyerbukan sendiri,  $F_2$  memperlihatkan 16 kombinasi yang terdiri atas empat macam *fenotipe*, yaitu tanaman berbiji bulat kuning, bulat hijau, keriput kuning, dan keriput hijau. Dalam percobaan ini Mendel mendapatkan 315 tanaman berbiji bulat kuning, 100 tanaman berbiji bulat hijau, 101 tanaman berbiji keriput kuning, dan 32 tanaman keriput hijau. Angka-angka tersebut menunjukkan suatu perbandingan *fenotipe* yang mendekati 9 : 3 : 3 : 1.

Pada saat pembentukan gamet (pembelahan meiosis) anggota dari sepasang gen memisah secara bebas (tidak saling memengaruhi). Oleh karena itu, pada persilangan dihibrid tersebut terjadi empat macam pengelompokan dari dua pasang gen, yaitu:

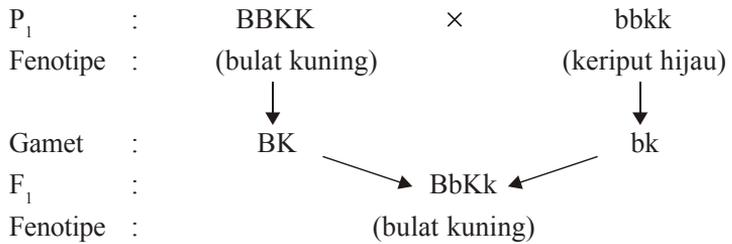
- a. gen B mengelompok dengan gen K, terdapat dalam gamet BK;
- b. gen B mengelompok dengan gen k, terdapat dalam gamet Bk;
- c. gen b mengelompok dengan gen K, terdapat dalam gamet bK;
- d. gen b mengelompok dengan gen k, terdapat dalam gamet bk;

Prinsip tersebut di atas dirumuskan sebagai *Hukum Mendel II (Hukum Pengelompokan Gen secara Bebas)* yang menyatakan bahwa:

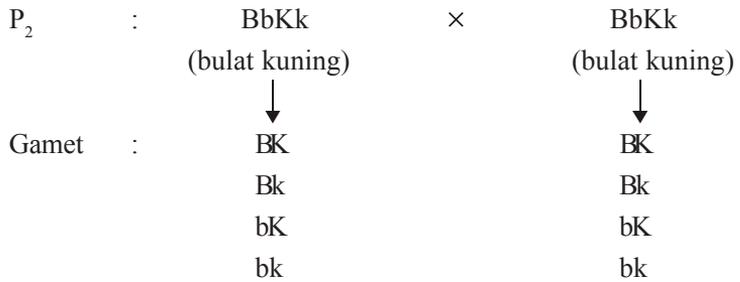
- a. setiap gen dapat berpasangan secara bebas dengan gen lain membentuk alela,
- b. keturunan pertama menunjukkan sifat *fenotipe* dominan,
- c. keturunan kedua menunjukkan *fenotipe* dominan dan resesif dengan perbandingan tertentu, misalnya pada persilangan monohibrid 3 : 1 dan pada persilangan dihibrid 9 : 3 : 3 : 1.

Untuk memperjelas pemahamanmu tentang persilangan dihibrid, perhatikan bagan persilangan antara kapri (ercis) biji bulat warna kuning dengan kapri biji keriput warna hijau yang menghasilkan  $F_1$  berupa kapri berbiji bulat warna kuning.

Perhatikan bagan berikut.



Dari persilangan sesama filial 1 fenotipe ( $F_1$ ) didapatkan:



Atas dasar gamet tersebut, terbentuknya  $F_2$  dapat disusun sebagai berikut.

$F_2$		<b>BK</b>	<b>Bk</b>	<b>bK</b>	<b>bk</b>
	<b>BK</b>	BBKK 1	BBKk 2	BbKK 3	BbKk 4
	<b>Bk</b>	BBKk 5	BBkk 6	BbKk 7	Bbkk 8
	<b>bK</b>	BbKK 9	BbKk 10	bbKK 11	bbKk 12
	<b>bk</b>	BbKk 13	Bbkk 14	bbKk 15	bbkk 16

Perbandingan *genotipe* dan *fenotipe* dari persilangan di atas dapat dilihat pada tabel berikut.

No. Kotak	<i>Genotip</i>	Frekuensi	<i>Fenotip</i>	Frekuensi
1	BBKK	1	bulat kuning	9
2, 5	BBKk	2		
3, 9	BbKK	2		
4, 7, 10, 13	BbKk	4		
6	BBkk	1	bulat hijau	3
8, 14	Bbkk	2		
11	bbKK	1	keriput kuning	3
12, 15	bbKk	2		
16	bbkk	1	keriput hijau	1
Jumlah		16		16

Perbandingan *genotipe*  $F_2$

= BBKk : BBKk : BkKk : BbKk : BBkk : Bbkk : bbKk : bbkk

= 1 : 2 : 2 : 4 : 1 : 2 : 1 : 2 : 1

Perbandingan *fenotipe*  $F_2$

= bulat kuning : bulat hijau : keriput kuning : keriput hijau

= 9 : 3 : 3 : 1

Untuk lebih memahami persilangan dihibrid, lakukan kegiatan berikut secara kelompok. Sebelumnya, bentuklah kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.



### Kegiatan 5.1

**Tujuan:** Mencari angka-angka perbandingan *genotipe* dan *fenotipe* pada persilangan dihibrid.

#### Alat dan Bahan

1. Dua buah kotak genetika dengan model gen berwarna merah (M), putih (m), biru (B), dan abu-abu (b), masing-masing 96 buah.
2. Kain penutup mata

#### Cara Kerja

1. Ikatlah model gen sehingga membentuk gabungan MB, Mb, mB, dan mb sebagai gamet individu  $F_1$ .
2. Tempatkanlah dalam sebuah kotak 24 buah model gen MB, 24 Mb, 24 mB, dan 24 mb. Sebutlah kotak ini sebagai kotak betina dengan memberi label F.
3. Tempatkanlah ke dalam kotak lain sisa model gen dan sebutlah kotak tersebut sebagai kotak jantan dengan memberi label G.
4. Kocoklah masing-masing kotak sehingga model gen itu bercampur seluruhnya.
5. Secara serentak ambillah dari kedua kotak tersebut pasangan model gen dan campurkan kedua pasangan tersebut. Ingat, satu kali pengambilan hanya boleh satu pasang dari masing-masing kotak.
6. Catatlah hasil kombinasi pasangan tersebut pada tabel di buku kerjamu. Contoh; jika pada kotak jantan terambil pasangan mB dan kotak betina Mb, maka kombinasi gen MmBb diberikan *ijiran* 1 dan seterusnya.

#### Ketentuan

1. Model gen merah (M) merupakan gen yang membawa sifat warna merah pada biji dan bersifat dominan.
2. Model gen putih (m) merupakan gen yang membawa sifat warna putih dan bersifat resesif.
3. Model gen biru (B) merupakan gen yang membawa sifat bentuk biji bulat dan bersifat dominan.

- Model abu-abu (b) merupakan gen yang membawa sifat biji keriput dan bersifat resesif.

**Pertanyaan**

- Bagaimana perbandingan *genotip* hasil persilangan tersebut?
- Ada berapakah jumlah macam *fenotip* yang muncul? Tuliskan perbandingannya.
- Nyatakan kesimpulanmu dalam buku kerjamu.

**4. Beberapa Rumus untuk Memprediksi Mengenai Keturunan**

Dari berbagai contoh persilangan di atas dapat disusun rumus-rumus untuk memprediksi beberapa hal yang ada hubungannya dengan keturunan, seperti banyaknya macam gamet yang dibentuk oleh suatu individu, jumlah kombinasi  $F_2$ , banyaknya macam *genotipe*  $F_2$ , dan banyaknya macam *fenotipe*  $F_2$ . Perhatikan Tabel 5.2 berikut.

**Tabel 5.2** Rumus untuk Memprediksi Mengenai Keturunan

Jumlah Sifat Beda	Jumlah Macam Gamet	Kemungkinan Kombinasi $F_2$	Kemungkinan Jumlah <i>Genotip</i>	Kemungkinan Jumlah <i>Fenotip</i>
1	$2^1 = 2$	$(2 \times 1)^2 = 4$	$3^1 = 3$	$2^1 = 2$
2	$2^2 = 4$	$(2 \times 2)^2 = 16$	$3^2 = 9$	$2^2 = 4$
n	$2^n =$	$(2n)^2 =$	$2^n =$	$2^n =$

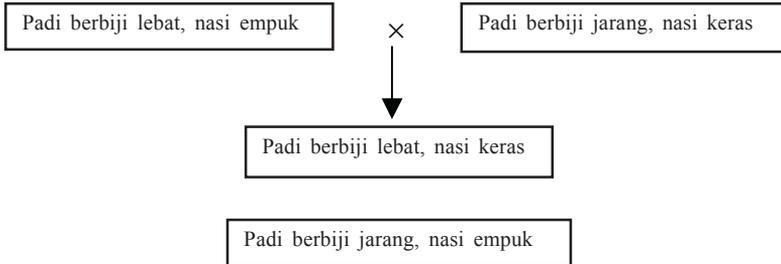


**Tugas Individu**

**(Berpikir Kritis dan Kecakapan Personal)**

- Seorang petani mempunyai dua pohon mangga. Pohon I mempunyai sifat berbuah jarang dan rasanya manis, sedangkan pohon II berbuah lebat dan rasanya hambar. Persilangan antara kedua pohon mangga tersebut menghasilkan turunan pertama ( $F_1$ ) seluruhnya pohon mangga berbuah lebat dan rasanya manis. Jika diketahui sifat buah lebat ditentukan oleh gen L, sifat buah jarang ditentukan oleh gen l, sifat buah rasa manis ditentukan oleh gen M, dan sifat buah rasa hambar ditentukan oleh gen m, buatlah bagan persilangannya hingga ditemukan perbandingan *genotipe* dan *fenotipe*  $F_2$ .

2. Perhatikan bagan persilangan pada padi berikut.



- Tunjukkan sifat dominan dan sifat resesif pada padi tersebut. Mengapa?
- Bagaimana perbandingan *genotipe* dan *fenotipe* pada padi hasil persilangan tersebut?



## Latihan

1. Jelaskan perbedaan sifat resesif, dominan, dan intermediet.
2. Tuliskan macam gamet dari individu yang bergenotip Aa, AaBb, AaBbTt.
3. Carilah perbandingan *genotipe* dan *fenotipe* F<sub>2</sub> hasil persilangan antara tanaman ercis berbatang tinggi (dominan) terhadap tanaman ercis berbatang pendek (resesif).
4. Carilah perbandingan *genotipe* dan *fenotipe* F<sub>2</sub> hasil persilangan antara tanaman ercis berbatang tinggi berbunga merah (dominan) terhadap tanaman ercis berbatang pendek berbunga putih (resesif).



## Rangkuman

1. Penurunan sifat dari induk kepada keturunannya dipelajari dalam cabang biologi yang disebut genetika. Tokoh yang sangat berjasa dalam genetika adalah Gregor Mendel (1822 – 1884) dari Austria, sehingga ia dijuluki sebagai Bapak Genetika.

2. Pembawa sifat pada makhluk hidup disebut kromosom. Setiap spesies memiliki jumlah kromosom tertentu yang konstan dan spesifik. Kromosom tersebut secara umum dapat dibedakan menjadi dua tipe, yaitu kromosom tubuh (*autosom*) dan kromosom kelamin (*gonosom*). Kromosom tubuh terdapat pada individu jantan maupun betina dan sifat-sifat yang dibawa tidak ada hubungannya dengan penentuan jenis kelamin. Adapun kromosom seks (*gonosom*) merupakan kromosom yang menentukan jenis kelamin suatu individu.
3. Gen merupakan bagian dari kromosom. Gen-gen terletak berderet dan teratur pada kromosom. Tempat gen terdapat pada kromosom disebut *lokus* gen. Gen berfungsi untuk mengatur perkembangan dan metabolisme individu, dan menyampaikan informasi genetik kepada generasi selanjutnya.
4. Untuk mempelajari penurunan sifat tidak lepas dari persilangan. Persilangan antara dua individu dengan satu sifat beda disebut persilangan monohybrid. Dominasi dapat terjadi secara penuh atau tidak penuh. Masing-masing dominasi ini menghasilkan bentuk keturunan pertama ( $F_1$ ) yang berbeda.
5. Persilangan monohybrid akan menghasilkan individu  $F_1$  yang seragam, apabila salah satu induk mempunyai sifat dominan penuh dan induk yang lain bersifat resesif. Apabila dilanjutkan dengan menyilangkan individu sesama  $F_1$ , maka akan menghasilkan keturunan (individu  $F_2$ ) dengan tiga macam *genotipe* dan dua macam *fenotipe*. Sebaliknya, apabila salah satu induknya mempunyai sifat dominan tak penuh (*intermediate*), maka persilangan individu sesama  $F_1$  akan menghasilkan tiga macam *genotip* dan tiga macam *fenotipe*.
6. Persilangan antara dua individu dengan dua sifat beda disebut persilangan *dihybrid*. Contohnya persilangan antara tanaman ercis dengan memerhatikan bentuk dan warna biji.
7. Hewan dan tumbuhan unggul memiliki kelebihan dalam hal-hal tertentu, seperti produksi tinggi, tahan terhadap penyakit, rasa enak, umur berbuah pendek, dan sebagainya. Hewan dan tumbuhan unggul dapat diperoleh dengan cara hibridisasi (persilangan) dan mutasi.



## Refleksi

Setelah mempelajari mengenai Pewarisan Sifat, tentunya kamu sudah memahami dan dapat menjelaskan kembali tentang:

1. Materi genetis.
2. Hereditas menurut Mendel.

Apabila kamu belum sepenuhnya memahami, cobalah pelajari kembali materi di atas secara cermat. Untuk lebih memantapkan pemahamanmu, cobalah mencari materi pendukung melalui buku referensi, artikel, maupun internet. Diskusikan dengan bimbingan guru.



## Glosarium

<i>ijiran</i>	: dihitung dengan cara turus
<i>meiosis</i>	: pembelahan sel kelamin dari diploid menjadi haploid
<i>metabolisme</i>	: pembentukan dan penguraian zat di dalam badan yang memungkinkan berlangsungnya hidup
<i>nukleus</i>	: bagian dari sel yang dianggap penting untuk melangsungkan kehidupan
<i>spesies</i>	: jenis makhluk hidup
<i>substansi</i>	: isi/pokok



## Uji Kompetensi

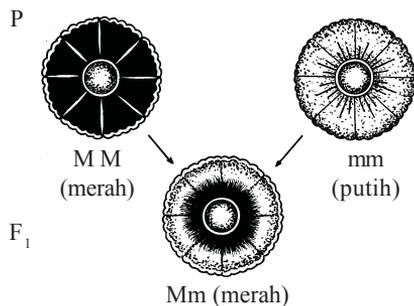
**Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu.**

### A. Pilihlah salah satu jawaban soal berikut dengan tepat.

1. Kromosom haploid merupakan kromosom yang ....
  - a. jumlahnya setengah dari kromosom sel kelamin
  - b. jumlahnya dua kali kromosom sel kelamin
  - c. tidak berpasangan
  - d. berpasang-pasangan
2. Jika kromosom diploid suatu organisme adalah 48, jumlah kromosom haploidnya adalah ....
  - a. 48 pasang
  - b. 48 buah
  - c. 24 pasang
  - d. 24 buah
3. Jumlah kromosom diploid pada sel tubuh manusia adalah ....
  - a. 48 buah
  - b. 46 buah
  - c. 24 buah
  - d. 23 buah
4. *Filial* merupakan ....
  - a. induk dari suatu persilangan
  - b. keturunan dari suatu persilangan
  - c. sifat beda dari suatu persilangan
  - d. gamet dari suatu persilangan

5. Sel zigot manusia mempunyai 46 kromosom yang berasal dari ....
- sel telur 21 dan sel sperma 25
  - sel telur 22 dan sel sperma 24
  - sel telur 23 dan sel sperma 23
  - sel telur 24 dan sel sperma 22
6. Berikut ini terdapat beberapa macam *genotipe*:
1. AaBb
  2. Aabb
  3. CcDd
  4. aaDD
  5. CcDD
- Genotipe* yang heterozigot sempurna ditunjukkan oleh nomor ....
- 1 dan 3
  - 2 dan 3
  - 3 dan 4
  - 4 dan 4
7. Sifat warna bunga merah dan bentuk biji lonjong merupakan contoh ....
- fenotipe*
  - genotipe*
  - gen
  - kromosom
8. Faktor penentu sifat pada makhluk hidup adalah ....
- genotipe*
  - kromosom
  - gen
  - nukleus
9. Ilmu yang mempelajari tentang penurunan sifat makhluk hidup disebut ....
- genotipe*
  - genetika
  - ekologi
  - taksonomi
10. Seorang anak lahir dari rahim ibunya. Oleh karena itu, sifat yang dimilikinya selalu ....
- lebih banyak ditentukan oleh ayahnya
  - lebih banyak ditentukan oleh sifat ibunya
  - ditentukan oleh sifat ayah dan ibunya
  - tidak dipengaruhi oleh sifat yang dibawa ayah dan ibu
11. Alasan Mendel menggunakan kacang ercis dalam percobaannya, antara lain ....
- cepat berbuah
  - tahan lama
  - tanaman menahun
  - berbunga menarik

12. Perhatikan bagan persilangan bunga berikut.



Turunan pertama (F<sub>1</sub>) pada persilangan di atas berbunga merah. Hal ini menunjukkan bahwa ....

- F<sub>1</sub> hanya mewarisi sifat dari induk A
  - F<sub>1</sub> hanya mewarisi sifat induk B
  - sifat putih dominan terhadap merah
  - sifat merah dominan terhadap putih
13. Tanaman kapri berbunga merah disilangkan dengan kapri berbunga putih. F<sub>1</sub> 100% berupa kapri berbunga merah. Hal itu menunjukkan bahwa ....
- sifat merah resesif terhadap putih
  - sifat putih resesif terhadap merah
  - sifat putih intermediat terhadap merah
  - sifat merah resesif terhadap putih
14. Jeruk berbuah manis (MM) disilangkan dengan jeruk berbuah asam (mm). F<sub>1</sub> yang dihasilkan adalah jeruk berbuah manis (Mm). Jika sesama F<sub>1</sub> disilangkan dihasilkan keturunan kedua (F<sub>2</sub>) sebagai berikut.

	M	m
M	MM	Mm
m	Mm	mm

Jika pada F<sub>2</sub> diperoleh 240 keturunan, jumlah keturunan yang berbuah manis heterozigot adalah ....

- 60
- 90
- 120
- 240

15. Ercis biji bulat disilangkan dengan ercis biji kisut. Jika bulat bersifat dominan yang muncul adalah...
- 50 % bulat : 50 % kisut
  - 75 % bulat : 25 % kisut
  - 100 % kisut
  - 100 % bulat
16. Kelinci hitam dengan *genotipe* Hh dikawinkan dengan kelinci putih *bergenotipe* hh. F<sub>1</sub> pada perkawinan tersebut adalah ....
- 100 % hitam
  - hitam : putih = 3 : 1
  - hitam : putih = 3 : 1
  - hitam : putih = 1 : 1
17. Dalam suatu persilangan, sifat resesif tidak tampak pada *fenotipe* keturunannya jika ....
- gen resesif hilang
  - gen resesif berpasangan dengan gen dominan
  - gen dominan bertambah
  - gen resesif berkurang
18. Persilangan antarsesama F<sub>1</sub> menghasilkan F<sub>2</sub> dengan perbandingan genotipe MM : Mm : mm = 1 : 2 : 1. Jika diketahui gen M dominan terhadap gen

m, kemungkinan untuk mendapatkan individu homozigot resesif adalah ....

- 25 %
- 50 %
- 75 %
- 100 %

19. Kambing berbulu hitam (Hh) disilangkan dengan kambing berbulu putih (hh). Gamet pada persilangan tersebut adalah ....
- Hh dan hh
  - Hh dan Hh
  - h dan h
  - H dan h
20. Marmut berbulu hitam (MM) halus (SS) disilangkan dengan marmut berbulu putih (mm) kasar (ss) menghasilkan F<sub>1</sub> semuanya berbulu hitam halus. Jika sesama F<sub>1</sub> disilangkan maka marmut berbulu hitam halus heterozigot sempurna pada diagram ditunjukkan oleh nomor ....

	Bs	Bs	bS	bs
BS	1	2	3	4
Bs	5	6	7	8
bS	9	10	11	12
bs	13	14	15	16

- 1 dan 16
- 2 dan 5
- 4, 7, 10, dan 13
- 1, 6, 11, dan 16

### B. Jawablah soal-soal berikut dengan singkat dan tepat.

- Apakah perbedaan *gonosom* dan *autosom*?
- Jelaskan pengertian dari istilah-istilah berikut.
  - Genotipe*
  - Fenotipe*
  - Dominan
  - Resesif
  - Intermediet
  - Heterozigot
- Tentukan macam-macam gamet individu berikut.
  - TTMM
  - TtMm
  - TtMM
  - TtMmLl
- Tanaman bunga mawar merah disilangkan dengan tanaman bunga mawar putih. Keturunan pertama (F<sub>1</sub>) dari persilangan tersebut 100% berupa tanaman bunga mawar merah muda. Jika diketahui M adalah gen merah dan m adalah gen putih, tentukan perbandingan *genotip* dan *fenotip* keturunan kedua (F<sub>2</sub>) dari persilangan tersebut.

5. Tanaman mangga berbuah manis kecil disilangkan dengan tanaman mangga berbuah asam besar. Persilangan tersebut menghasilkan keturunan pertama ( $F_1$ ) tanaman mangga berbuah manis besar. Jika diketahui M adalah gen manis dominan terhadap gen asam, yaitu m dan B adalah gen besar dominan terhadap gen buah kecil, yaitu b, tentukanlah hal-hal berikut.
- Rasio *genotipe*  $F_2$ .
  - Rasio *fenotipe*  $F_2$ .
  - Persentase tanaman yang berbuah manis besar homozigot pada  $F_2$ .
  - Kemungkinan tanaman yang berfenotipe MmBb pada  $F_2$ .

# Bab 6

# BIOTEKNOLOGI



Sumber: <http://google.com>

*Ketika mendengar atau membaca istilah “bioteknologi”, apa yang terlintas dalam benak pikiranmu? Peralatan laboratorium yang canggih ataukah species makhluk hidup yang baru? Hasil bioteknologi sebenarnya, tanpa kamu sadari, sangat akrab dalam kehidupan sehari-harimu. Tempe, kecap, dan mentega termasuk hasil bioteknologi.*

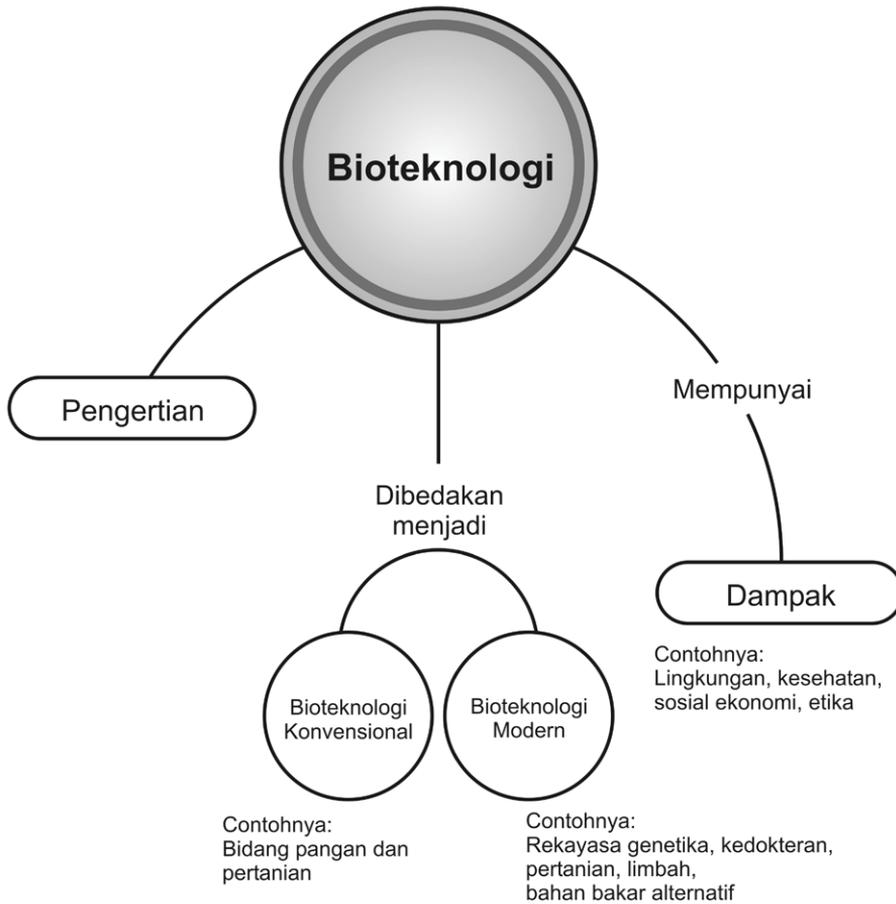
*Fenomena hasil bioteknologi dalam kehidupan sehari-hari akan kamu pelajari pada bab ini. Pada bab ini kamu akan mempelajari pengertian bioteknologi dan penerapannya.*

## ❖ Pretest ❖

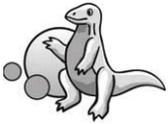
1. Apakah yang dimaksud bioteknologi konvensional? Berilah contoh.
2. Berilah contoh penerapan bioteknologi modern di bidang:
  - a. pengolahan makanan;
  - b. kedokteran.
3. Sebutkan dampak penerapan bioteknologi.

## ❖ Kata-Kata Kunci ❖

- |                  |              |
|------------------|--------------|
| – mikroorganisme | – aeroponik  |
| – fermentasi     | – genetika   |
| – enzim          | – vaksin     |
| – bakteri        | – antibiotik |
| – hidroponik     |              |



Pernahkah kalian mendengar istilah bioteknologi? Bioteknologi sebenarnya bukanlah merupakan suatu disiplin ilmu, melainkan merupakan penerapan ilmu, yaitu suatu teknik dalam biologi.



## A. PENGERTIAN BIOTEKNOLOGI

Bioteknologi adalah pemanfaatan prinsip-prinsip ilmiah yang menggunakan makhluk hidup untuk menghasilkan produk dan jasa guna kepentingan manusia. Ilmu-ilmu pendukung dalam bioteknologi meliputi mikrobiologi, biokimia, genetika, biologi sel, teknik kimia, dan enzimologi. Dalam bioteknologi biasanya digunakan mikroorganisme atau bagian-bagiannya untuk meningkatkan nilai tambah suatu bahan.



## B. BIOTEKNOLOGI KONVENSIONAL DAN MODERN

Bioteknologi dapat digolongkan menjadi bioteknologi konvensional/tradisional dan modern. Bioteknologi konvensional merupakan bioteknologi yang memanfaatkan mikroorganisme untuk memproduksi alkohol, asam asetat, gula, atau bahan makanan, seperti tempe, tape, oncom, dan kecap.

Mikroorganisme dapat mengubah bahan pangan. Proses yang dibantu mikroorganisme, misalnya dengan fermentasi, hasilnya antara lain tempe, tape, kecap, dan sebagainya termasuk keju dan yoghurt. Proses tersebut dianggap sebagai bioteknologi masa lalu. Ciri khas yang tampak pada bioteknologi konvensional, yaitu adanya penggunaan makhluk hidup secara langsung dan belum tahu adanya penggunaan enzim.

### 1. Pengolahan Bahan Makanan

#### a. Pengolahan produk susu

Susu dapat diolah menjadi bentuk-bentuk baru, seperti yoghurt, keju, dan mentega.

##### 1) Yoghurt

Untuk membuat yoghurt, susu *dipasteurisasi* terlebih dahulu, selanjutnya sebagian besar lemak dibuang. Mikroorganisme yang berperan dalam pembuatan yoghurt, yaitu *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*. Kedua bakteri tersebut ditambahkan pada susu dengan jumlah yang seimbang, selanjutnya

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:  
*mendeskripsikan pengertian bioteknologi*

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:

- ☛ *mendata produk-produk bioteknologi konvensional dan modern di lingkungan sekitarnya;*
- ☛ *membuat produk bioteknologi sederhana yang dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari (membuat tempe, fermentasi, sari buah, penanaman secara hidroponik dan aeroponik).*

### Radar Sains

*Bioteknologi, semenjak awal diterapkannya sampai awal tahun 1857 disebut era bioteknologi mikrobial. Karena pada masa itu belum diketahui bahwa makanan fermentasi merupakan hasil kerja makhluk hidup. Produk-produk era tersebut antara lain bir, roti, keju, yoghurt, susu asam, sake, dan sebagainya.*



Sumber: <http://google.com>

▲ Gambar 6.1 Keju

disimpan selama  $\pm$  5 jam pada temperatur 45°C. Selama penyimpanan tersebut pH akan turun menjadi 4,0 sebagai akibat dari kegiatan bakteri asam laktat. Selanjutnya susu didinginkan dan dapat diberi cita rasa.

## 2) Keju

Dalam pembuatan keju digunakan bakteri asam laktat, yaitu *Lactobacillus* dan *Streptococcus*. Bakteri tersebut berfungsi memfermentasikan laktosa dalam susu menjadi asam laktat.

Proses pembuatan keju diawali dengan pemanasan susu dengan suhu 90°C atau dipasteurisasi, kemudian didinginkan sampai 30°C. Selanjutnya bakteri asam laktat dicampurkan. Akibat dari kegiatan bakteri tersebut pH menurun dan susu terpisah menjadi cairan *whey* dan dadih padat, kemudian ditambahkan enzim renin dari lambung sapi muda untuk mengumpulkan dadih. Enzim renin dewasa ini telah digantikan dengan enzim buatan, yaitu klimosin.

Dadiah yang terbentuk selanjutnya dipanaskan pada temperatur 32°C – 420°C dan ditambah garam, kemudian ditekan untuk membuang air dan disimpan agar matang. Adapun *whey* yang terbentuk diperas lalu digunakan untuk makanan sapi.

## 3) Mentega

Pembuatan mentega menggunakan mikroorganisme *Streptococcus lactis* dan *Lectonostoceremoris*. Bakteri-bakteri tersebut membentuk proses pengasaman. Selanjutnya, susu diberi cita rasa tertentu dan lemak mentega dipisahkan. Kemudian lemak mentega diaduk untuk menghasilkan mentega yang siap dimakan.

## b. Produk makanan nonsusu

### 1) Kecap

Dalam pembuatan kecap, jamur, *Aspergillus oryzae* dibiakkan pada kulit gandum terlebih dahulu. Jamur *Aspergillus oryzae* bersama-sama dengan bakteri asam laktat yang tumbuh pada kedelai yang telah dimasak menghancurkan campuran gandum. Setelah proses fermentasi karbohidrat berlangsung cukup lama akhirnya akan dihasilkan produk kecap.



Sumber: <http://google.com>

▲ Gambar 6.2 Kecap

### 2) Tempe

Tempe kadang-kadang dianggap sebagai bahan makanan masyarakat golongan menengah ke bawah, sehingga masyarakat merasa gengsi memasukkan tempe sebagai salah satu menu makanannya. Akan tetapi, setelah diketahui manfaatnya bagi kesehatan, tempe mulai banyak dicari dan digemari masyarakat dalam maupun luar negeri. Jenis tempe sebenarnya sangat beragam, bergantung pada bahan dasarnya, namun yang paling luas penyebarannya adalah tempe kedelai.



Sumber: <http://google.com>

▲ Gambar 6.3 Tempe

Tempe mempunyai nilai gizi yang baik. Di samping itu tempe mempunyai beberapa khasiat, seperti dapat mencegah dan mengendalikan diare, mempercepat proses penyembuhan duodenitis, memperlancar pencernaan, dapat menurunkan kadar kolesterol, dapat mengurangi toksisitas, meningkatkan vitalitas, mencegah anemia, menghambat ketuaan, serta mampu menghambat resiko jantung koroner, penyakit gula, dan kanker.

Untuk membuat tempe, selain diperlukan bahan dasar kedelai juga diperlukan ragi. Ragi merupakan kumpulan spora mikro-organisme, dalam hal ini kapang. Dalam proses pembuatan tempe paling sedikit diperlukan empat jenis kapang dari genus *Rhizopus*, yaitu *Rhizopus oligosporus*, *Rhizopus stolonifer*, *Rhizopus arrhizus*, dan *Rhizopus oryzae*. Miselium dari kapang tersebut akan mengikat keping-keping biji kedelai dan memfermentasikannya menjadi produk tempe. Proses fermentasi tersebut menyebabkan terjadinya perubahan kimia pada protein, lemak, dan karbohidrat. Perubahan tersebut meningkatkan kadar protein tempe sampai sembilan kali lipat.

Bagaimanakah cara membuat tempe? Untuk mengetahui caranya cobalah kerjakan tugas berikut di rumah. Bandingkan hasil karyamu dengan karya temanmu.

*Pembuatan tempe murni dapat mencapai rendemen sebesar 150%, artinya 1 kg kedelai dapat menghasilkan 1,5 kg tempe kedelai. Sementara jika menggunakan bahan campuran yang mendukung (ampas kelapa dan pepaya mentah), di samping meningkatkan kualitas, juga terjadi peningkatan rendemen hingga menjadi 200%. Kenaikan rendemen tersebut disebabkan oleh adanya kenaikan berat bahan awal yang digunakan.*



### Tugas Mandiri

#### (Berpikir Kreatif dan Kecakapan Personal)

Tujuan: Membuat tempe kedelai.

#### Alat dan Bahan

1. Alat dapur
2. Biji kedelai
3. Ragi
4. Plastik

#### Cara Kerja

1. Cucilah biji kedelai sampai bersih, kemudian rebuslah.
2. Rendamlah kedelai yang telah direbus di dalam air bersih sekurang-kurangnya 3 jam.
3. Hilangkan kulit biji kedelai dengan cara mencucinya kembali dengan air bersih.
4. Kukuslah biji kedelai yang sudah dihilangkan kulitnya hingga lunak, kemudian bentangkan biji kedelai pada nampan dan bubuhkan ragi tempe.
5. Bungkuslah biji kedelai tersebut dengan plastik, lalu berilah lubang-lubang kecil.
6. Simpanlah bungkus biji kedelai tersebut selama 2–3 hari pada suhu kamar, dan amati bungkus tersebut setiap hari.

#### Pertanyaan

1. Mengapa kedelai yang akan dibuat tempe harus dicuci hingga bersih?
2. Apa fungsi ragi pada proses pembuatan tempe tersebut?

3. Apa fungsi pemberian lubang kecil pada plastik pembungkus tempe tersebut?
4. Apa yang terjadi jika tempe dibiarkan sampai lebih dari 3 hari? Mengapa?

### c) Tape

Tape dibuat dari bahan dasar ketela pohon dengan menggunakan sel-sel ragi. Ragi menghasilkan enzim yang dapat mengubah zat tepung menjadi produk yang berupa gula dan alkohol. Masyarakat kita membuat tape tersebut berdasarkan pengalaman.



Sumber: <http://google.com>

▲ Gambar 6.4 Tape

## 2. Bioteknologi Bidang Pertanian

### a. Penanaman secara hidroponik

Hidroponik berasal dari kata bahasa Yunani *hydro* yang berarti air dan *ponos* yang berarti bekerja. Jadi, hidroponik artinya pengerjaan air atau bekerja dengan air. Dalam praktiknya hidroponik dilakukan dengan berbagai metode, tergantung media yang digunakan. Adapun metode yang digunakan dalam hidroponik, antara lain metode kultur air (menggunakan media air), metode kultur pasir (menggunakan media pasir), dan metode porus (menggunakan media kerikil, pecahan batu bata, dan lain-lain). Metode yang tergolong berhasil dan mudah diterapkan adalah metode pasir.



Sumber: <http://google.com>

▲ Gambar 6.5 Penanaman secara hidroponik

Pada umumnya orang bertanam dengan menggunakan tanah. Namun, dalam hidroponik tidak lagi digunakan tanah, hanya dibutuhkan air yang ditambah nutrisi sebagai sumber makanan bagi tanaman. Apakah cukup dengan air dan nutrisi? Bahan dasar yang dibutuhkan tanaman adalah air, mineral, cahaya, dan CO<sub>2</sub>. Cahaya

telah terpenuhi oleh cahaya matahari. Demikian pula CO<sub>2</sub> sudah cukup melimpah di udara. Sementara itu kebutuhan air dan mineral dapat diberikan dengan sistem hidroponik, artinya keberadaan tanah sebenarnya bukanlah hal yang utama.

Beberapa keuntungan bercocok tanam dengan hidroponik, antara lain tanaman dapat dibudidayakan di segala tempat; risiko kerusakan tanaman karena banjir, kurang air, dan erosi tidak ada; tidak perlu lahan yang terlalu luas; pertumbuhan tanaman lebih cepat; bebas dari hama; hasilnya berkualitas dan berkuantitas tinggi; hemat biaya perawatan.

Jenis tanaman yang telah banyak dihidroponikkan dari golongan tanaman hias antara lain *Philodendron*, *Dracaena*, *Aglo-nema*, dan *Spatyphilum*. Golongan sayuran yang dapat dihidroponikkan, antara lain tomat, paprika, mentimun, selada, sawi, kangkung, dan bayam. Adapun jenis tanaman buah yang dapat dihidroponikkan, antara lain jambu air, melon, kedondong Bangkok, dan belimbing.

Bagaimana cara bertanam secara hidroponik? Untuk lebih memahami cara bercocok tanam secara hidroponik, lakukan kegiatan berikut secara kelompok. Sebelumnya bentuklah kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.



## Kegiatan 6.1

**Tujuan:** Melakukan penanaman secara hidroponik.

### Alat dan Bahan

1. Kotak persemaian
2. Pot
3. Media tanam (pasir, kerikil, dan lain-lain)
4. Arang sekam
5. Alat penyiram
6. Benih tomat

### Cara Kerja

1. Siapkan media persemaian dari arang sekam yang telah diberi air, lalu taburkan benih tomat yang telah direndam di atas media
2. Siramlah benih tersebut dan letakkan di tempat yang lembap dan tidak terkena sinar matahari langsung. Jika benih telah tumbuh siramlah setiap hari (pagi dan sore)
3. Setelah benih berumur 2 minggu, pindahkan ke pot yang telah diisi dengan media tanam yang telah disterilkan.
4. Selanjutnya peliharalah tanaman tersebut dengan sebaik-baiknya, yaitu dengan penyiraman yang rutin, pemberian nutrisi, pemberian air, pemilihan tanaman yang terbaik, pemangkasan daun-daun yang tumbuh di ketiak daun, dan sebagainya.

### Pertanyaan

1. Apa fungsi perendaman benih tanaman sebelum disemai-

2. Mengapa penyimpanan benih dianjurkan di tempat yang tidak terkena cahaya matahari langsung?
3. Mengapa media tanam harus disterilkan terlebih dahulu?
4. Apa fungsi air pada tanaman hidroponik?
5. Apa manfaat pemangkasan daun pada tanaman hidroponik?

#### b. Penanaman secara aeroponik



Sumber: <http://google.com>

▲ Gambar 6.6 Penanaman secara aeroponik

Aeroponik berasal dari kata *aero* yang berarti udara dan *ponos* yang berarti daya. Jadi, aeroponik adalah pemberdayaan udara. Sebenarnya aeroponik merupakan tipe hidroponik (memberdayakan air), karena air yang berisi larutan unsur hara disemburkan dalam bentuk kabut hingga mengenai akar tanaman. Akar tanaman yang ditanam menggantung akan menyerap larutan hara tersebut.

Prinsip dari aeroponik adalah sebagai berikut. Helaian *styrofoam* diberi lubang-lubang tanam dengan jarak 15 cm. Dengan menggunakan ganjal busa atau *rockwool*, anak semai sayuran ditancapkan pada lubang tanam. Akar tanaman akan menjuntai bebas ke bawah. Di bawah helaian *styrofoam* terdapat *sprinkler* (pengabut) yang memancarkan kabut larutan hara ke atas hingga mengenai akar.

### 3. Bioteknologi Modern

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan, para ahli telah mulai lagi mengembangkan bioteknologi dengan memanfaatkan prinsip-prinsip ilmiah melalui penelitian. Dalam bioteknologi modern orang berupaya dapat menghasilkan produk secara efektif dan efisien.

Dewasa ini, bioteknologi tidak hanya dimanfaatkan dalam industri makanan tetapi telah mencakup berbagai bidang, seperti rekayasa genetika, penanganan polusi, penciptaan sumber energi, dan sebagainya. Dengan adanya berbagai penelitian serta perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, maka bioteknologi makin besar manfaatnya untuk masa-masa yang akan datang. Beberapa penerapan bioteknologi modern sebagai berikut.

#### a. Rekayasa genetika

Rekayasa genetika merupakan suatu cara memanipulasikan gen untuk menghasilkan makhluk hidup baru dengan sifat yang diinginkan. Rekayasa genetika disebut juga pencangkakan gen atau rekombinasi DNA.

Dalam rekayasa genetika digunakan DNA untuk menggabungkan sifat makhluk hidup. Hal itu karena DNA dari setiap makhluk hidup mempunyai struktur yang sama, sehingga dapat direkomendasikan. Selanjutnya DNA tersebut akan mengatur sifat-sifat makhluk hidup secara turun-temurun.

Untuk mengubah DNA sel dapat dilakukan melalui banyak cara, misalnya melalui transplantasi inti, fusi sel, teknologi plasmid, dan rekombinasi DNA.

### 1) *Transplantasi inti*

Transplantasi inti adalah pemindahan inti dari suatu sel ke sel yang lain agar didapatkan individu baru dengan sifat sesuai dengan inti yang diterimanya. Transplantasi inti pernah dilakukan terhadap sel katak. Inti sel yang dipindahkan adalah inti dari sel-sel usus katak yang bersifat *diploid*. Inti sel tersebut dimasukkan ke dalam ovum tanpa inti, sehingga terbentuk ovum dengan inti *diploid*. Setelah diberi inti baru, ovum membelah secara mitosis berkali-kali sehingga terbentuklah morula yang berkembang menjadi blastula. Blastula tersebut selanjutnya dipotong-potong menjadi banyak sel dan diambil intinya. Kemudian inti-inti tersebut dimasukkan ke dalam ovum tanpa inti yang lain. Pada akhirnya terbentuk ovum berinti *diploid* dalam jumlah banyak. Masing-masing ovum akan berkembang menjadi individu baru dengan sifat dan jenis kelamin yang sama.

### 2) *Fusi sel*

Fusi sel adalah peleburan dua sel baik dari spesies yang sama maupun berbeda supaya terbentuk sel bastar atau *hibridoma*. Fusi sel diawali oleh pelebaran membran dua sel serta diikuti oleh peleburan sitoplasma (*plasmogami*) dan peleburan inti sel (*kariogami*).

Manfaat fusi sel, antara lain untuk pemetaan kromosom, membuat antibodi monoklonal, dan membentuk spesies baru. Di dalam fusi sel diperlukan adanya:

- a) sel sumber gen (sumber sifat ideal);
- b) sel wadah (sel yang mampu membelah cepat);
- c) fusigen (zat-zat yang mempercepat fusi sel).

### 3) *Teknologi plasmid*

Plasmid adalah lingkaran DNA kecil yang terdapat di dalam sel bakteri atau ragi di luar kromosomnya. Sifat-sifat plasmid, antara lain:

- a) merupakan molekul DNA yang mengandung gen tertentu;
- b) dapat beraplikasi diri;
- c) dapat berpindah ke sel bakteri lain;
- d) sifat plasmid pada keturunan bakteri sama dengan plasmid induk.

Karena sifat-sifat tersebut di atas plasmid digunakan sebagai vektor atau pemindah gen ke dalam sel target.

#### 4) *Rekombinasi DNA*

Rekombinasi DNA adalah proses penggabungan DNA-DNA dari sumber yang berbeda. Tujuannya adalah untuk menyambungkan gen yang ada di dalamnya. Oleh karena itu, rekombinasi DNA disebut juga rekombinasi gen.

Rekombinasi DNA dapat dilakukan karena alasan-alasan sebagai berikut.

- 1) Struktur DNA setiap spesies makhluk hidup sama.
- 2) DNA dapat disambungkan

#### **b. Bioteknologi bidang kedokteran**

Bioteknologi mempunyai peran penting dalam bidang kedokteran, misalnya dalam pembuatan antibodi monoklonal, vaksin, antibiotika dan hormon.

##### 1) *Pembuatan antibodi monoklonal*

Antibodi monoklonal adalah antibodi yang diperoleh dari suatu sumber tunggal. Manfaat antibodi monoklonal, antara lain:

- a) untuk mendeteksi kandungan hormon korionik gonadotropin dalam urine wanita hamil;
- b) mengikat racun dan menonaktifkannya;
- c) mencegah penolakan tubuh terhadap hasil transplantasi jaringan lain.

##### 2) *Pembuatan vaksin*

Vaksin digunakan untuk mencegah serangan penyakit terhadap tubuh yang berasal dari mikroorganisme. Vaksin didapat dari virus dan bakteri yang telah dilemahkan atau racun yang diambil dari mikroorganisme tersebut.

##### 3) *Pembuatan antibiotika*

Antibiotika adalah suatu zat yang dihasilkan oleh organisme tertentu dan berfungsi untuk menghambat pertumbuhan organisme lain yang ada di sekitarnya. Antibiotika dapat diperoleh dari jamur atau bakteri yang diproses dengan cara tertentu.

Zat antibiotika telah mulai diproduksi secara besar-besaran pada Perang Dunia II oleh para ahli dari Amerika Serikat dan Inggris.

##### 4) *Pembuatan hormon*

Dengan rekayasa DNA, dewasa ini telah digunakan mikroorganisme untuk memproduksi hormon. Hormon-hormon yang telah diproduksi, misalnya insulin, hormon pertumbuhan, kortison, dan testosteron.



Sumber: <http://google.com>

▲ Gambar 6.10 Vaksin

### c. Bioteknologi bidang pertanian

Dewasa ini perkembangan industri maju dengan pesat. Akibatnya, banyak lahan pertanian yang tergeser, lebih-lebih di daerah sekitar perkotaan. Di sisi lain kebutuhan akan hasil pertanian harus ditingkatkan seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. Untuk mendukung hal tersebut, dewasa ini telah dikembangkan bioteknologi di bidang pertanian. Beberapa penerapan bioteknologi pertanian sebagai berikut.

#### 1) Pembuatan tumbuhan yang mampu mengikat nitrogen

Nitrogen ( $N_2$ ) merupakan unsur esensial dari protein DNA dan RNA. Pada tumbuhan polong-polongan sering ditemukan nodul pada akarnya. Di dalam nodul tersebut terdapat bakteri *Rhizobium* yang dapat mengikat nitrogen bebas dari udara, sehingga tumbuhan polong-polongan dapat mencukupi kebutuhan nitrogennya sendiri.

Dengan bioteknologi, para peneliti mencoba mengembangkan agar bakteri *Rhizobium* dapat hidup di dalam akar selain tumbuhan polong-polongan. Di samping, itu juga berupaya meningkatkan kemampuan bakteri dalam mengikat nitrogen dengan teknik rekombinasi gen.

Kedua upaya di atas dilakukan untuk mengurangi atau meniadakan penggunaan pupuk nitrogen yang dewasa ini banyak digunakan di lahan pertanian dan menimbulkan efek samping yang merugikan.

#### 2) Pembuatan tumbuhan tahan hama

Tanaman yang tahan hama dapat dibuat melalui rekayasa genetika dengan rekombinasi gen dan kultur sel. Contohnya, untuk mendapatkan tanaman kentang yang kebal penyakit maka diperlukan gen yang menentukan sifat kebal penyakit. Gen tersebut, kemudian disisipkan pada sel tanaman kentang. Sel tanaman kentang tersebut, kemudian ditumbuhkan menjadi tanaman kentang yang tahan penyakit. Selanjutnya tanaman kentang tersebut dapat diperbanyak dan disebarluaskan.

### d. Bioteknologi bidang peternakan

Dengan bioteknologi dapat dikembangkan produk-produk peternakan. Produk tersebut, misalnya berupa hormon pertumbuhan yang dapat merangsang pertumbuhan hewan ternak. Dengan rekayasa genetika dapat diciptakan hormon pertumbuhan hewan buatan atau BST (*Bovin Somatotropin Hormon*). Hormon tersebut direkayasa dari bakteri yang, jika diinfeksi pada hewan dapat mendorong pertumbuhan dan menaikkan produksi susu sampai 20%.

**Biofuel untuk Penerbangan**

Selain gasbio dan gasohol, saat ini sedang dikembangkan pemakaian bahan bakar nabati (biofuel). Bahan bakar nabati itu terbuat dari biji babassa dan minyak kelapa. Menurut penelitian, bahan bakar itu dapat mengurangi emisi karbon. Uji coba bahan bakar digunakan untuk menerbangkan pesawat jumbo jet Boing 747 (tanggal 24 Februari 2008). Salah satu mesin pesawat itu digerakkan dengan 25% biofuel dan selebihnya avtur standar jet. Setelah terbang antara London-Amsterdam, dilakukan pemeriksaan mesin pesawat. Saat ini juga sedang dikembangkan bahan bakar dari alga (ganggang laut). Menurut para peneliti, biofuel dari alga sangat menjanjikan. Sebab, alga dapat diproduksi dalam jumlah besar tanpa merusak lingkungan.

Sumber: Jawa Pos, 25 Februari 2008

**e. Bioteknologi bahan bakar masa depan**

Kamu sudah mengetahui bahwa bahan bakar minyak termasuk sumber daya yang tidak bisa diperbarui. Oleh karena itu, suatu saat akan habis. Hal itu merupakan tantangan bagi para ilmuwan untuk menemukan bahan bakar pengganti yang diproduksi melalui bioteknologi.

Saat ini telah ditemukan dua jenis bahan bakar yang diproduksi dari fermentasi limbah, yaitu gasbio (metana) dan gasohol (alkohol).

Alternatif bahan bakar masa depan untuk menggantikan minyak, antara lain adalah biogas dan gasohol. Biogas dibuat dalam fase anaerob dalam fermentasi limbah kotoran makhluk hidup. Pada fase anaerob akan dihasilkan gas metana yang dibakar dan digunakan untuk bahan bakar.



(a)

(b)

Sumber: <http://google.com>

▲ Gambar 6.8 (a) Biogas (b) Gasohol

Di negara Cina, dan India terdapat beberapa kelompok masyarakat yang hidup di desa yang telah menerapkan teknologi fermenter gasbio untuk menghasilkan metana. Bahan baku teknologi fermenter tersebut adalah feses hewan, daun-daunan, kertas, dan lain-lain yang akan diuraikan oleh bakteri dalam fermenter.

Sedangkan teknologi gasohol telah dikembangkan oleh negara Brazil sejak harga minyak meningkat sekitar tahun 1970. Gasohol dihasilkan dari fermentasi kapang terhadap gula tebu yang melimpah. Gasohol bersifat murah, dapat diperbarui dan tidak menimbulkan polusi.

**f. Bioteknologi pengolahan limbah**

Kaleng, kertas bekas, dan sisa makanan, sisa aktivitas pertanian atau industri merupakan bahan yang biasanya sudah tak dikehendaki oleh manusia. Bahan-bahan tersebut dinamakan limbah atau sampah. Keberadaan limbah sangat mengancam lingkungan. Oleh karena itu, harus ada upaya untuk menanganinya. Penanganan sampah dapat dilakukan dengan berbagai cara, misalnya dengan ditimbun, dibakar, atau didaur ulang. Di antara semua cara tersebut yang paling baik adalah dengan daur ulang.

Salah satu contoh proses daur ulang sampah yang telah diuji pada beberapa sampah tumbuhan adalah proses *pirolisis*. Proses pirolisis yaitu proses dekomposisi bahan-bahan sampah dengan suhu tinggi pada kondisi tanpa oksigen. Dengan cara ini sampah dapat diubah menjadi arang, gas (misal: metana) dan bahan anorganik.

Bahan-bahan tersebut dapat dimanfaatkan kembali sebagai bahan bakar. Kelebihan bahan bakar hasil proses ini adalah rendahnya kandungan sulfur, sehingga cukup mengurangi tingkat pencemaran. Bahan hasil perombakan zat-zat makroorganik (dari hewan, tumbuhan, manusia ataupun gabungannya) secara biologis-kimiawi dengan bantuan mikroorganisme (misalnya bakteri, jamur) serta oleh hewan-hewan kecil disebut *kompos*.

Dalam pembuatan kompos, sangat diperlukan mikroorganisme. Jenis mikroorganisme yang diperlukan dalam pembuatan kompos bergantung pada bahan organik yang digunakan serta proses yang berlangsung (misalnya proses itu secara aerob atau anaerob).

Selama proses pengomposan terjadilah penguraian, misalnya selulosa, pembentukan asam organik terutama asam humat yang penting dalam pembuatan humus. Hasil pengomposan bermanfaat sebagai pupuk.

Bioteknologi dapat diterapkan dalam pengolahan limbah, misalnya menguraikan minyak, air limbah, dan plastik. Cara lain dalam mengatasi polusi minyak, yaitu dengan menggunakan pengemulsi yang menyebabkan minyak bercampur dengan air sehingga dapat dipecah oleh mikroba. Salah satu zat pengemulsi, yaitu polisakarida yang disebut emulsan, diproduksi oleh bakteri *Acinetobacter calcoaceticus*. Dengan bioteknologi, pengolahan limbah menjadi terkontrol dan efektif. Pengolahan limbah secara bioteknologi melibatkan kerja bakteri-bakteri aerob dan anaerob.



Sumber: <http://google.com>

▲ Gambar 6.9 Instalasi pengolahan air limbah secara besar-besaran



#### Tugas Kelompok

##### (Kecakapan Personal dan Mencari Informasi Lebih Jauh)

Datalah hasil-hasil bioteknologi yang ada di lingkungan sekitarmu. Kelompokkan hasil pendataanmu dalam bioteknologi konvensional dan bioteknologi modern.

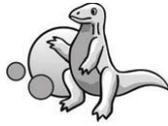


#### Latihan

1. Sebutkan produk-produk bioteknologi yang kamu temukan di rumahmu.
2. Sebutkan manfaat penerapan bioteknologi dalam produksi.
3. Jelaskan langkah-langkah dalam pembuatan tempe kedelai.
4. Apakah yang dimaksud hidroponik? Apakah keuntungannya?
5. Sebutkan contoh penerapan bioteknologi modern di bidang:
  - a. kedokteran;
  - b. pertanian.

## Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:  
*mengidentifikasi dampak penerapan bioteknologi sederhana*



## C. DAMPAK PENERAPAN BIOTEKNOLOGI

Bioteknologi, terutama rekayasa genetika, pada awalnya diharapkan dapat menjelaskan berbagai macam persoalan dunia seperti, polusi, penyakit, pertanian, dan sebagainya. Akan tetapi, dalam kenyataannya juga menimbulkan dampak yang membawa kerugian. Bagaimana dampak penerapan bioteknologi?

### 1. Dampak terhadap Lingkungan

Pelepasan organisme transgenik (berubah secara genetik) ke alam bebas dapat menimbulkan dampak berupa pencemaran biologi yang dapat lebih berbahaya daripada pencemaran kimia dan nuklir.

Dengan keberadaan rekayasa genetika, perubahan *genotipe* tidak terjadi secara alami sesuai dengan dinamika populasi, melainkan menurut kebutuhan pelaku bioteknologi itu. Perubahan drastis ini akan menimbulkan bahaya, bahkan kehancuran. “Menciptakan” makhluk hidup yang seragam bertentangan dengan prinsip di dalam biologi sendiri, yaitu keanekaragaman.

### 2. Dampak terhadap Kesehatan

Produk rekayasa di bidang kesehatan dapat juga menimbulkan masalah serius. Contohnya adalah penggunaan insulin hasil rekayasa telah menyebabkan 31 orang meninggal di Inggris. Tomat *Flavr Savr* diketahui mengandung gen resisten terhadap antibiotik. Susu sapi yang disuntik dengan hormon BGH disinyalir mengandung bahan kimia baru yang punya potensi berbahaya bagi kesehatan manusia.

### 3. Dampak di Bidang Sosial Ekonomi

Beragam aplikasi rekayasa menunjukkan bahwa bioteknologi mengandung dampak ekonomi yang membawa pengaruh kepada kehidupan masyarakat.

Produk bioteknologi dapat merugikan petani kecil. Penggunaan hormon pertumbuhan sapi (*bovine growth hormone: BGH*) dapat meningkatkan produksi susu sapi sampai 20% niscaya akan menggusur peternak kecil. Dengan demikian, bioteknologi dapat menimbulkan kesenjangan ekonomi.

Dalam waktu yang tidak terlalu lama lagi, tembakau, cokelat, kopi, gula, kelapa, vanili, ginseng, dan opium akan dapat dihasilkan melalui modifikasi genetika tanaman lain, sehingga akan menyingkirkan tanaman aslinya. Dunia ketiga sebagai penghasil tanaman-tanaman tadi akan menderita kerugian besar.



Sumber: *Ensiklopedi Umum untuk Pelajar*, 2005

▲ **Gambar 6.10** Dolly, merupakan contoh kambing hasil bioteknologi kloning.

#### 4. Dampak terhadap Etika

Menyisipkan gen makhluk hidup lain memiliki dampak etika yang serius. Menyisipkan gen makhluk hidup lain yang tidak berkerabat dianggap melanggar hukum alam dan sulit diterima masyarakat. Mayoritas orang Amerika berpendapat bahwa pemindahan gen itu tidak etis, 90% menentang pemindahan gen manusia ke hewan, 75% menentang pemindahan gen hewan ke hewan lain.

Bahan pangan transgenik yang tidak berlabel juga membawa konsekuensi bagi penganut agama tertentu. Bagaimana hukumnya bagi penganut agama Islam, kalau gen babi disisipkan ke dalam buah semangka? Penerapan hak paten pada makhluk hidup hasil rekayasa merupakan pemberian hak pribadi atas makhluk hidup. Hal itu bertentangan dengan banyak nilai-nilai budaya yang menghargai nilai intrinsik makhluk hidup.



#### Latihan

1. Jelaskan dampak bioteknologi terhadap lingkungan.
2. Berikan contoh dampak bioteknologi terhadap kesehatan.
3. Bagaimana dampak bioteknologi terhadap sosial ekonomi?
4. Bagaimana pendapatmu terhadap penerapan hak paten pada organisme hasil rekayasa?



#### Rangkuman

1. Bioteknologi adalah pemanfaatan prinsip-prinsip ilmiah dengan menggunakan makhluk hidup untuk menghasilkan produk dan jasa guna kepentingan manusia. Ilmu-ilmu pendukung dalam bioteknologi meliputi mikrobiologi, biokimia, genetika, biologi sel, teknik kimia, dan enzimologi.
2. Bioteknologi tradisional adalah bioteknologi yang memanfaatkan mikroorganisme untuk memproduksi alkohol, asam asetat, gula, atau bahan makanan, seperti tempe, tape, oncom, dan kecap. Ciri khas pada bioteknologi tradisional, yaitu adanya penggunaan makhluk hidup secara langsung dan belum tahu adanya penggunaan enzim.
3. Dalam bioteknologi modern, orang berupaya agar dapat menghasilkan produk secara efektif dan efisien. Dalam bioteknologi modern para ahli telah memanfaatkan prinsip-prinsip ilmiah melalui penelitian.

4. Bioteknologi dapat dikembangkan dalam berbagai bidang, yaitu sebagai berikut.
  - a. Pengolahan bahan pangan
  - b. Rekayasa genetika
  - c. Bioteknolog bidang kedokteran
  - d. Bioteknolog bidang pertanian
  - e. Bioteknolog bidang peternakan
  - f. Bioteknolog bahan bakar masa depan
5. Beberapa dampak bioteknologi dapat dilihat pada tatanan sosial ekonomi, lingkungan, kesehatan, etika, dan perkembangan ilmu.



## Refleksi

Setelah mempelajari mengenai Bioteknologi, tentunya kamu sudah memahami dan dapat menjelaskan kembali tentang:

1. Pengertian bioteknologi.
2. Bioteknologi konvensional dan modern.
3. Dampak penerapan bioteknologi.

Apabila kamu belum sepenuhnya memahami, cobalah pelajari kembali materi di atas secara cermat. Untuk lebih memantapkan pemahamanmu, carilah referensi pendukung dari buku referensi, artikel, maupun internet. Diskusikan dengan bimbingan guru



## Glosarium

<i>aerob</i>	: lingkungan yang kaya oksigen
<i>ambivalen</i>	: sifat gen yang memiliki pengaruh menguntungkan dan pengaruh merugikan
<i>anaerob</i>	: lingkungan yang tanpa adanya oksigen
<i>dekomposisi</i>	: penguraian
<i>degradasi</i>	: kemerosotan/penurunan
<i>duodenitis</i>	: radang pada duodenum (usus dua belas jari)
<i>fermentasi</i>	: peragian
<i>hormon</i>	: zat yang dibentuk dalam darah untuk memusnahkan bakteri virus atau untuk melawan toksin yang dihasilkan oleh bakteri

<i>kromosom</i>	: bagian kromatin inti sel yang berceraian apabila sel terbelah atau membelah yang merupakan rangkaian pendukung jenis benda hidup
<i>mitosis</i>	: pembelahan inti sel biasa dari satu inti sel menjadi dua inti sel baru
<i>patogen</i>	: bahan yang menimbulkan penyakit
<i>rekombinasi</i>	: penyatuan atau penggabungan susunan yang sama atau berlainan dari elemen-elemen pembentuk yang terpisah
<i>rendemen</i>	: kadar suatu zat dalam suatu bahan/zat tertentu
<i>resisten</i>	: tahan terhadap penyakit
<i>respirasi</i>	: pernapasan
<i>toksisitas</i>	: kualitas keracunan
<i>transgenik</i>	: organisme yang mengandung gen dari spesies lain
<i>transplantasi</i>	: pemindahan tanaman
<i>whey</i>	: sisa fermentasi keju yang masih dapat dimanfaatkan



## Uji Kompetensi

### Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu.

#### A. Pilihlah salah satu jawaban soal berikut dengan tepat.

- Berikut ini yang *bukan* termasuk bioteknologi adalah ....
  - pemanfaatan jamur untuk membuat tape
  - pemanfaatan jamur untuk membuat kecap
  - menggabungkan dua sifat tanaman dengan cara okulasi
  - pemanfaatan bakteri untuk membuat asam cuka
- Berikut ini ciri-ciri bioteknologi modern, *kecuali* ....
  - penggunaan teknologi plasmid
  - memanfaatkan enzim
  - memanfaatkan prinsip-prinsip ilmiah
  - belum mengenal pemanfaatan enzim
- Dalam bioteknologi melibatkan ilmu-ilmu berikut, *kecuali* ....
  - mikrobiologi
  - genetika
  - biokimia
  - ekologi
- Mikroorganisme yang berperan dalam pembuatan yoghurt adalah ....
  - Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus cremoris*
  - Streptococcus lactis* dan *Leuconostoc cremoris*
  - Rhizopus oryzae* dan *Rhizopus stoloniferus*
  - Saccharomyces cerevisiae* dan *Aspergillus oryzae*
- Berikut ini jenis makanan yang dapat diolah dari susu, *kecuali* ....
  - keju
  - mentega
  - yoghurt
  - nata de coco

6. Mengembangnya roti akibat fermentasi, karena khamir menghasilkan ....
  - a. glukosa
  - b. air
  - c. gas karbondioksida
  - d. gas oksigen
7. Jamur *Aspergillus oryzae* berperan dalam pembuatan ....
  - a. tape
  - b. tempe
  - c. oncom
  - d. kecap
8. Berikut ini yang tergolong protein sel tunggal adalah ....
  - a. protein tempe
  - b. protein susu
  - c. protein sel ganggang
  - d. protein telur
9. Suatu zat yang dihasilkan organisme tertentu dan berfungsi menghambat pertumbuhan organisme lain di sekitarnya disebut ....
  - a. antibodi monoklonal
  - b. vaksin
  - c. antibiotika
  - d. hormon
10. Organisme transgenik adalah ....
  - a. organisme yang mengandung gen dari spesies lain
  - b. organisme yang tidak mempunyai DNA
  - c. organisme yang mempunyai plasmid
  - d. organisme yang mengandung inti/nukleus
11. Berikut ini yang termasuk bahan bakar hasil pengembangan bioteknologi adalah ....
  - a. biogas
  - b. batu bara
  - c. gas LPG
  - d. minyak
12. Teknik bercocok tanam yang paling tepat untuk diterapkan di lahan yang terbatas adalah ....
  - a. kultur jaringan
  - b. rotasi tanaman
  - c. hidroponik
  - d. ladang berpindah
13. Media bertanam hidroponik yang paling berhasil dan paling mudah untuk diterapkan adalah ....
  - a. air
  - b. pasir
  - c. pecahan batu bata
  - d. styrofoam
14. Dalam menggunakan antibiotik kita dianjurkan untuk tidak berhenti sebelum obat habis (sesuai anjuran dokter). Hal itu dilakukan supaya ....
  - a. bakteri kebal
  - b. bakteri mati
  - d. bakteri lemah
  - e. bakteri tidak aktif
15. Aeroponik mempunyai arti ....
  - a. pemberdayaan air
  - b. pemberdayaan udara
  - c. pemberdayaan tanah
  - d. pemberdayaan lahan

**B. Jawablah soal-soal berikut dengan singkat dan tepat.**

1. Apa yang dimaksud bioteknologi?
2. Sebutkan mikroorganisme yang berperan dalam pembuatan produk makanan berikut.
  - a. Keju
  - b. Roti
  - c. Kecap
  - d. Tape
3. Apakah yang dimaksud protein sel tunggal? Sebutkan keunggulannya.
4. Sebut dan jelaskan metode yang dapat diterapkan dalam hidroponik.
5. Bagaimana dampak bioteknologi terhadap lingkungan?

# Bab 7

# LISTRIK STATIS



Sumber: Oxford Ensiklopedi Pelajar, 1999

*Ada gesekan yang merugikan tetapi ada pula gesekan yang menguntungkan. Petir merupakan pertunjukan loncatan listrik statis yang kasat mata. Pada dasarnya, petir terjadi karena adanya gesekan antarpartikel.*

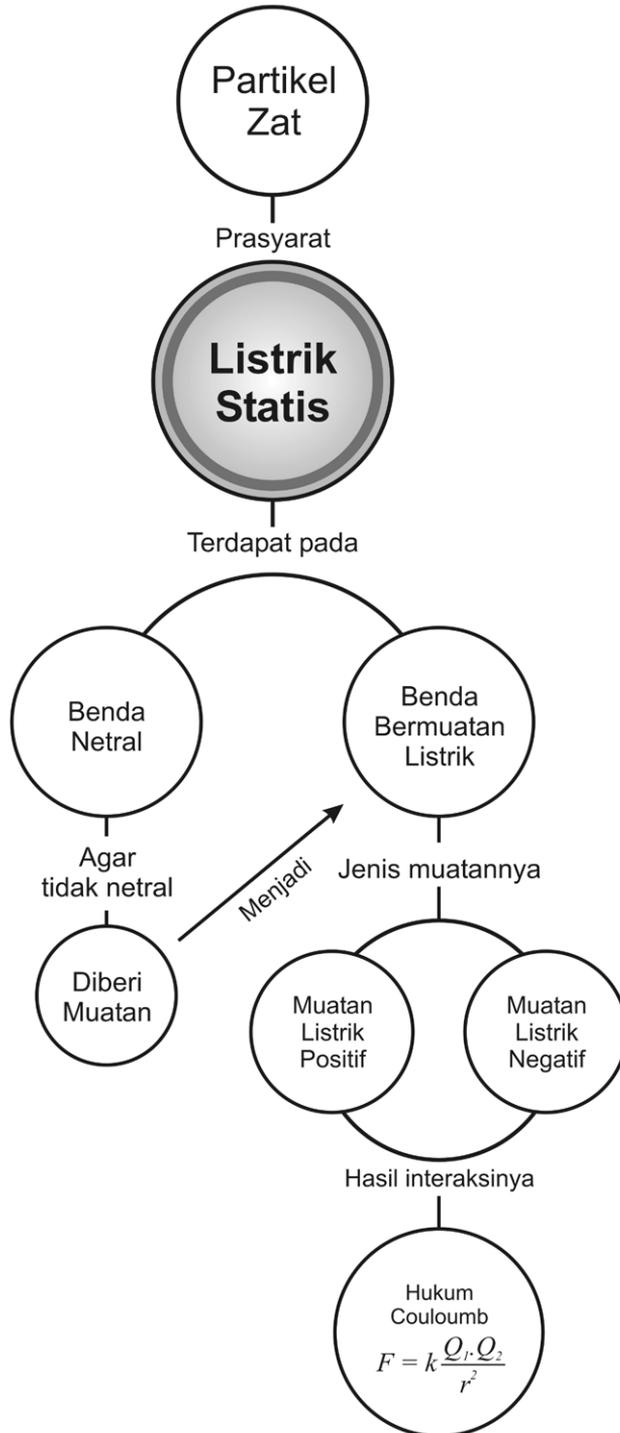
*Fenomena gesekan sebagai pembangkit listrik itu akan kamu pelajari pada bab ini. Pada bab ini kamu akan mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan gejala listrik statis dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.*

## ❖ Pretest ❖

1. Disebut apakah bagian terkecil suatu benda?
2. Bagaimana cara memberi muatan listrik terhadap sebuah benda netral?

## ❖ Kata-Kata Kunci ❖

- elektron
- hukum Coulomb
- induksi listrik
- muatan
- neutron
- proton



Ketika menjelang hujan lebat turun, di langit tampak adanya kilat yang mengeluarkan cahaya dan dalam selang waktu yang sangat singkat terdengar suara guntur yang menggelegar. Petir merupakan loncatan muatan yang dapat menimbulkan bunga api listrik. Petir mampu membakar pohon besar atau gedung yang tinggi, karena suhunya dapat mencapai 28.000<sup>o</sup> C. Apakah yang menyebabkan terjadinya petir? Bagaimanakah proses terjadinya petir?



## A. BENDA BERMUATAN LISTRIK

Kamu sudah mengetahui bahwa benda tersusun oleh partikel-partikel zat. Partikel zat yang ukurannya paling kecil dan tidak dapat dibagi-bagi lagi disebut atom. Dalam perkembangan ilmu pengetahuan selanjutnya, atom ternyata masih dapat dibagi-bagi lagi. Tiap atom tersusun dari inti atom dan elektron. Inti atom (nukleus) terdiri atas proton dan neutron. Adapun, elektron bergerak mengelilingi inti atom pada lintasannya dan mendapat gaya tarik inti atom. Partikel yang bermuatan negatif disebut elektron. Partikel yang bermuatan positif disebut proton. Massa proton dan elektron lebih besar dibandingkan dengan massa elektron.

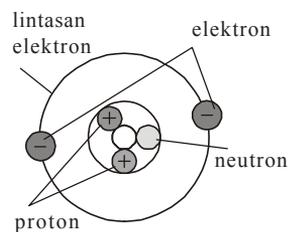
Gaya ikat inti terhadap elektron antara bahan satu dengan lain berbeda. Karena sesuatu hal, elektron dapat lepas dari lintasannya dan berpindah ke atom lain. Perpindahan elektron tersebut menyebabkan perubahan muatan suatu atom. Berdasarkan hal itu atom dikelompokkan menjadi tiga yaitu bermuatan negatif, bermuatan positif, dan netral.

Atom dikatakan bermuatan negatif jika kelebihan elektron, sedangkan atom dikatakan bermuatan positif, jika kekurangan elektron. Adapun, yang dikatakan atom netral jika jumlah proton dan elektronnya sama.

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:

*menjelaskan benda dapat bermuatan listrik dengan dilakukan cara tertentu.*



▲ Gambar 7.1 Model atom



## Radar Sains

### Partikel yang Lebih Kecil daripada Atom

*Semula atom dianggap bagian atau partikel terkecil dari suatu benda. Anggapan itu berubah ketika pada tahun 1897 JJ Thomson menemukan partikel yang lebih kecil daripada atom. Partikel itu selanjutnya dikenal sebagai elektron.*

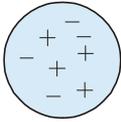
*Menurut Ernest Rutherford, dalam atom elektron bergerak mengelilingi inti atom yang disebut proton. Pada tahun 1932, salah seorang murid Rutherford, James Chadwick, menemukan adanya partikel lain di dalam inti atom. Partikel itu dikenal sebagai neutron.*

*Setelah tahun 1930-an, pengetahuan partikel makin berkembang. Makin banyak partikel baru*

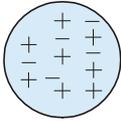
*yang ditemukan antara lain neutrino, muon, dan pion. Pada tahun 1963, Fisikawan Amerika Murray Gell-Mann dan Georg Zweig, menyatakan gagasan berikut. Partikel-partikel elementer, seperti proton dan neutron, tersusun dari kuark dengan berbagai kombinasi. Ada empat jenis kuark yang berbeda yaitu up, down, strange, dan charmed. Ukuran kuark sendiri sekitar 1.000 kali lebih kecil daripada proton, sedangkan muatan*

*listriknnya  $\frac{1}{3}$  atau  $\frac{2}{3}$  muatan proton.*

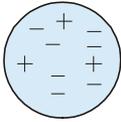
Sumber: ENI, 1997 dan Jendela Iptek, 2001



a



b



c

▲ Gambar 7.2 a) Benda netral; b) benda bermuatan positif; dan c) benda bermuatan negatif

Muatan listrik tidak dapat dilihat oleh mata tetapi efeknya dapat dirasakan dan diamati gejalanya. Besar muatan listrik proton dan elektron adalah sama, tetapi jenisnya yang berbeda. Muatan positif (proton) ditandai dengan “+” sedangkan muatan negatif (elektron) ditandai “-”.

Gambar 7.2a benda memiliki masing-masing 4 muatan positif dan muatan negatif. Karena jumlah proton (+) sama dengan jumlah elektron (-), maka benda tersebut termasuk benda netral. Gambar 7.2b benda memiliki 8 muatan positif dan 3 muatan negatif. Karena jumlah proton (+) lebih banyak daripada jumlah elektron (-) atau benda kekurangan elektron, maka benda tersebut termasuk bermuatan positif. Gambar 7.2c benda memiliki 3 muatan positif dan 7 muatan negatif. Karena jumlah proton (+) lebih sedikit daripada jumlah elektron (-) atau benda kelebihan elektron, maka benda tersebut termasuk bermuatan negatif. Muatan listrik dilambangkan dengan huruf  $Q$ . Satuannya dalam SI adalah coulomb (C).

### DISKUSI

#### (Menumbuhkan Rasa Ingin Tahu)

*Mengapa pengelompokkan muatan atom atau benda mengacu jumlah elektron?*



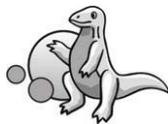
### Latihan

1. Kapan atom dikatakan netral?
2. Apakah yang terjadi jika benda kelebihan muatan positif?
3. Kapan benda dikatakan bermuatan negatif?
4. Mengapa elektron dalam mengelilingi inti atom tidak lepas dari lintasannya?

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:

*memberi contoh peristiwa yang menghasilkan benda bermuatan listrik.*



### B. MEMBUAT BENDA BERMUATAN LISTRIK

Kamu sudah mengetahui bahwa atom ada yang bermuatan listrik dan ada yang netral. Demikian pula dengan benda. Benda netral dapat dibuat menjadi bermuatan listrik dengan cara menggosok. Mengapa hal itu dapat terjadi? Untuk memahami lebih jauh membuat benda netral menjadi benda bermuatan listrik lakukan Kegiatan 7.1 secara berkelompok. Sebelumnya, bentuklah satu kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.



## Kegiatan 7.1

**Tujuan:** Membuat benda netral menjadi bermuatan listrik

**Alat dan Bahan:**

- Penggaris plastik
- Sisir plastik
- Kain wol
- Serpihan kertas kecil

**Cara Kerja:**

1. Dekatkan penggaris plastik di dekat serpihan kertas kecil. Amatilah serpihan kertas.
2. Gosoklah penggaris plastik dengan kain wol satu arah selama beberapa kali. Dekatkan penggaris plastik pada serpihan kertas kecil. Amatilah serpihan kertas.
3. Ulangi langkah 1 dan 2 dengan menggunakan sisir plastik.

**Pertanyaan:**

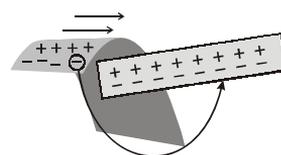
1. Perlakuan manakah yang menyebabkan penggaris plastik atau sisir dapat menarik kertas?
2. Nyatakan kesimpulanmu dalam buku kerjamu.

Penggaris plastik yang semula dalam keadaan netral (tidak bermuatan listrik), sehingga tidak mampu menarik serpihan kertas kecil. Ketika penggaris plastik digosok kain wol berarti memberikan energi kepada elektron untuk berpindah. Perpindahan elektron terjadi pada kain wol menuju penggaris plastik. Penggaris plastik akan bermuatan negatif karena mendapat sejumlah elektron dari kain wol. Akibatnya penggaris plastik kelebihan elektron. Pindahannya elektron pada kain wol mengakibatkan kain wol kekurangan elektron sehingga kain wol bermuatan positif. Penggaris plastik yang telah bermuatan listrik dapat menarik serpihan kertas kecil.

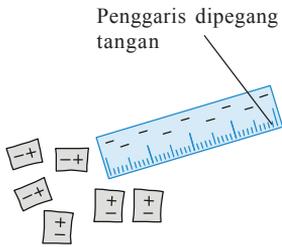
Tahukah kamu mengapa serpihan kertas dapat menempel pada penggaris plastik? Untuk mengetahui jawabannya, ikutilah uraian berikut.

Benda bermuatan positif maupun negatif dapat menarik benda netral. Benda yang bermuatan listrik berusaha memengaruhi muatan yang tidak sejenis pada benda netral dan berupaya menarik ke arahnya. Akibatnya pada benda netral tersebut terjadi pemisahan muatan. Peristiwa pemisahan muatan listrik pada benda netral akibat benda bermuatan listrik didekatkan disebut induksi listrik.

Induksi (pengaruh) listrik ini dapat digunakan untuk membuat benda netral menjadi bermuatan listrik. Benda bermuatan negatif jika didekatkan benda netral akan menarik semua muatan positif benda netral ke salah satu ujung, akibatnya ujung yang lain bermuatan negatif. Jika muatan negatif dihubungkan dengan bumi kemudian diputus, benda netral tadi akan berubah menjadi benda bermuatan positif.



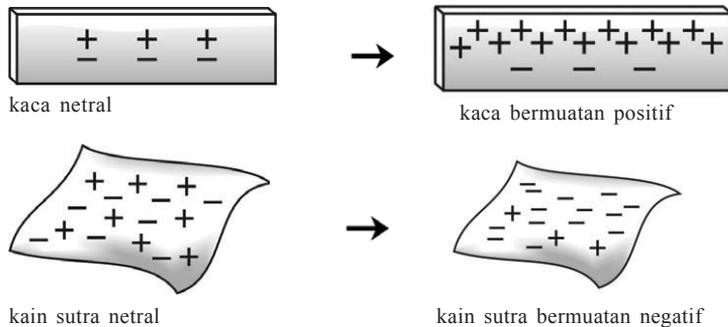
▲ Gambar 7.3 Perpindahan elektron dari kain wol ke penggaris



▲ Gambar 7.4 Penggaris yang sudah bermuatan listrik mampu menarik serpihan kertas.

Penggaris plastik yang digosok dengan kain wol dapat menarik kertas-kertas kecil. Serpihan kertas kecil dapat ditarik penggaris plastik yang telah bermuatan listrik negatif, karena kertas kecil yang netral itu terinduksi oleh muatan negatif dari mistar plastik. Elektron pada ujung kertas yang dekat dengan mistar akan ditolak dan pindah ke bagian ujung lainnya. Adapun, muatan positif kertas kecil akan ditarik dan berkumpul mendekati bagian ujung kertas yang dekat dengan penggaris. Akibat perbedaan jenis muatan tersebut, terjadilah tarik-menarik antara kertas dengan penggaris. Karena penggaris memiliki jumlah muatan yang lebih banyak, maka penggaris dapat menarik kertas kecil.

Kejadian yang sama terjadi pada batang kaca dan kain sutra yang mula-mula merupakan dua benda netral. Jika batang kaca digosok dengan kain sutra, elektron-elektron dari kaca akan berpindah menuju kain sutra. Kaca menjadi bermuatan positif, karena kekurangan elektron. Kain sutra yang mendapat tambahan elektron akan bermuatan negatif.



▲ Gambar 7.5 Batang kaca dan kain sutra sebelum dan setelah digosok

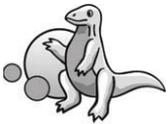
Jenis muatan yang dihasilkan bergantung jenis benda yang digosok dan jenis benda yang digunakan untuk menggosok. Kain wol dapat bermuatan positif jika digunakan untuk menggosok penggaris plastik. Namun, kain sutra dapat bermuatan negatif jika digunakan untuk menggosok kaca.

Kaca dan kain sutra mula-mula termasuk benda netral. Jika batang kaca digosok dengan kain sutra, akan terjadi perpindahan elektron dari kaca menuju kain sutra. Kaca akan kekurangan elektron sehingga bermuatan positif.



## Latihan

1. Mengapa benda yang digosok dengan benda lain akan bermuatan listrik?
  - a. negatif,
  - b. positif.
2. Apakah setiap benda yang digosok dengan benda lain akan bermuatan listrik?
3. Sebutkan bahan yang digosok dengan kain wol menjadi bermuatan listrik
4. Bermuatan apakah mika yang digosok dengan rambut kering? Mengapa? Coba jelaskan.



### C. SIFAT-SIFAT MUATAN LISTRIK

Kamu sudah mengetahui bahwa benda bermuatan listrik, baik positif atau negatif, dapat menarik serpihan kertas kecil. Bagaimanakah jika benda-benda yang bermuatan saling didekatkan? Untuk mengetahui jawabannya cobalah melakukan kegiatan berikut secara berkelompok. Sebelumnya, bentuklah satu kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.

#### Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:

*melakukan percobaan sederhana untuk menunjukkan sifat muatan listrik.*



#### Kegiatan 7.2

**Tujuan:** Mengamati sifat dua benda bermuatan listrik.

**Alat dan Bahan:**

- Batang kaca
- Sisir plastik
- Ebonit
- Kain wol
- Statif

**Cara Kerja:**

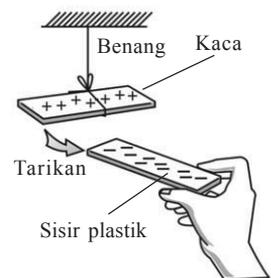
1. Gosoklah batang kaca dengan kain wol, kemudian gantungkan pada statif.
2. Sisirlah rambut keringmu dengan sisir plastik beberapa kali.
3. Dekatkan sisir plastik pada salah satu ujung batang kaca. Amatilah ujung batang kaca?
4. Gosoklah ebonit dengan kain wol kemudian gantungkan pada statif.
5. Dekatkan sisir plastik dengan ebonit. Amatilah ujung ebonit.

**Pertanyaan:**

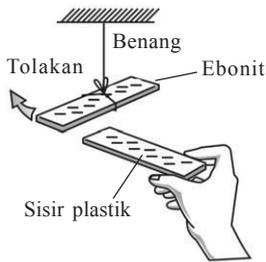
1. Apakah reaksi batang kaca dengan sisir plastik dan ebonit dengan sisir plastik berbeda? Mengapa?
2. Nyatakan kesimpulanmu dalam buku kerjamu.

Pada percobaan diperoleh bahwa batang kaca yang didekati sisir plastik akan tarik-menarik. Hal ini terjadi akibat gosokan dengan kain wol batang kaca bermuatan positif dan sisir plastik akan bermuatan negatif. Dengan demikian, muatan yang tidak sama (positif – negatif) apabila berdekatan akan saling menarik. Perbedaan terjadi pada ebonit dan sisir plastik. Ebonit yang didekati sisir plastik akan tolak-menolak. Hal ini disebabkan jenis muatan listrik yang dihasilkan akibat gosokan antara ebonit dan sisir plastik sama, yaitu muatan negatif. Jadi, muatan yang sejenis (negatif – negatif) jika berdekatan akan tolak-menolak.

Percobaan seperti Gambar 7.6 dan Gambar 7.7 menunjukkan adanya gaya tarik-menarik dan gaya tolak-menolak antara muatan dari benda yang berbeda, yaitu kaca dengan sisir plastik dan ebonit dengan sisir plastik. Dapatkah gaya tarik-menarik dan gaya tolak-menolak terjadi pada benda yang sama?



▲ Gambar 7.6 Batang kaca akan tarik-menarik dengan sisir plastik



▲ Gambar 7.7 Batang ebonit dan sisir plastik akan saling menolak

Gaya tarik-menarik atau gaya tolak-menolak antarmuatan dapat terjadi pada benda yang sama, misalnya dua batang kaca. Jika kedua batang kaca digosok dengan kain sutra dan didekatkan, akan tolak-menolak, karena kedua benda bermuatan sejenis. Hal yang sama dapat terjadi pada dua penggaris plastik yang digosok dengan kain wol.



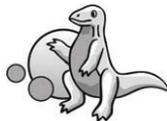
## Latihan

1. Apakah yang terjadi apabila batang plastik dan batang ebonit yang digosok dengan kain bulu saling berdekatan?
2. Apakah yang terjadi apabila batang karet keras dan batang kaca yang digosok dengan kain sutra saling berdekatan?
3. Apakah yang terjadi apabila batang plastik dan batang kaca yang digosok dengan kain bulu saling berdekatan?
4. Penggaris plastik bermuatan listrik menolak batang ebonit yang digosok dengan kain wol dan menarik batang kaca yang digosok dengan kain sutra.
  - a. Apakah jenis muatan listrik penggaris plastik?
  - b. Apakah jenis muatan batang ebonit?
  - c. Apakah jenis muatan batang kaca?
  - d. Apakah yang terjadi jika batang ebonit berdekatan dengan batang kaca?

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:

*menjelaskan secara kualitatif hubungan antara besar gaya listrik, besar muatan listrik, dan jarak antara muatan listrik.*



## D. HUKUM COULOMB

Charles Augustin de Coulomb, seorang fisikawan berkebangsaan Perancis, pada tahun 1785 pertama kali yang meneliti hubungan gaya listrik dengan dua muatan dan jarak antara keduanya dengan menggunakan sebuah neraca puntir. Untuk mengenang jasa Charles A. de Coulomb, namanya digunakan untuk satuan internasional muatan listrik, yaitu coulomb (C).

Gaya tarik-menarik atau gaya tolak-menolak antara dua muatan listrik disebut gaya Coulomb ( $F_c$ ). Apabila dua muatan yang berdekatan jenis muatannya sama, maka gaya Coulombnya berupa gaya tolak-menolak. Sebaliknya, dua muatan yang berdekatan jenis muatannya tak senama, maka gaya Coulombnya berupa gaya tarik-menarik. Besar gaya Coulomb bergantung pada:

- a. besar masing-masing muatan ( $Q_1$  dan  $Q_2$ ),
- b. kuadrat jarak antara dua muatan ( $r^2$ ).

Hukum Coulomb berbunyi: *besar gaya tolak-menolak atau gaya tarik-menarik antara dua benda bermuatan listrik, berbanding lurus dengan besar masing-masing muatan listrik dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua benda bermuatan.*

Secara matematik Hukum Coulomb dirumuskan:

$$F_c = k \frac{Q_1 \times Q_2}{r^2}$$

Dengan:

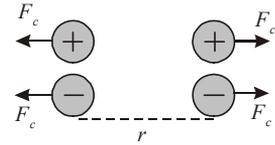
$F_c$  = gaya tolak-menolak atau gaya tarik-menarik dalam satuan newton (N)

$Q_1$  = besar muatan pertama dalam satuan coulomb (C)

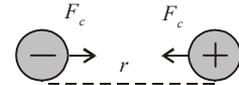
$Q_2$  = besar muatan kedua dalam satuan coulomb (C)

$r$  = jarak antara dua benda bermuatan dalam satuan meter (m)

$k$  = konstanta perbandingan besarnya  $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$



▲ Gambar 7.8 Arah gaya Coulomb dua muatan listrik yang sejenis.



▲ Gambar 7.9 Arah gaya Coulomb dua muatan listrik yang tak sejenis.



## Contoh

- Dua muatan sejenis besarnya  $+2 \times 10^{-6} \text{ C}$  dan  $+6 \times 10^{-4} \text{ C}$ . Jika jarak kedua muatan 6 cm, berapakah gaya Coulomb yang dialami kedua muatan?

### Penyelesaian

Diketahui:  $Q_1 = 2 \times 10^{-6} \text{ C}$

$Q_2 = 6 \times 10^{-4} \text{ C}$

$r = 6 \text{ cm} = 6 \times 10^{-2} \text{ m}$

Ditanya:  $F_c$

Jawab:  $F_c = k \frac{Q_1 \times Q_2}{r^2}$

$$\begin{aligned} F_c &= 9 \times 10^9 \frac{2 \times 10^{-6} \times 6 \times 10^{-4}}{(6 \times 10^{-2})^2} \\ &= \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6} \times 6 \times 10^{-4}}{36 \times 10^{-4}} = 3 \times 10^3 \text{ N} \end{aligned}$$

- Dua buah muatan besarnya  $Q_1$  dan  $Q_2$  berada pada jarak  $r$  memiliki gaya Coulomb sebesar  $F_c$ . Berapakah besar gaya Coulomb, jika:
  - muatan pertama diperbesar 6 kali,
  - jarak kedua muatan diperbesar 4 kali.

### Penyelesaian

Pada kondisi awal  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $r$  dan  $F_c$  berlaku

$$F_c = k \frac{Q_1 \times Q_2}{r^2}$$

- Pada kondisi muatan diperbesar:

$Q_1 = 6Q_1$  menyebabkan gaya Coulomb berubah menjadi  $F'$  berlaku

$$F' = k \frac{Q_1 \times Q_2}{r^2}$$

$$F' = 6k \frac{Q_1 \times Q_2}{r^2}$$

$$F' = k \frac{6Q_1 \times Q_2}{r^2}$$

$$F' = 6F_c$$

- b. Pada kondisi jarak diperbesar  $r' = 4r$ , menyebabkan gaya Coulomb berubah menjadi  $F'$  berlaku

$$F' = k \frac{Q_1 \times Q_2}{(r')^2}$$

$$F' = k \frac{Q_1 \times Q_2}{(4r)^2}$$

$$F' = k \frac{Q_1 \times Q_2}{16r^2}$$

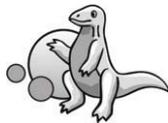
$$F' = \frac{1}{16} k \frac{Q_1 \times Q_2}{r^2}$$

$$F' = \frac{1}{16} F_C$$



## Latihan

1. Dua muatan sejenis besarnya  $+ 3 \times 10^{-6}$  C dan  $+ 64 \times 10^{-4}$  C. Jika besar gaya Coulomb yang dialami kedua muatan sebesar 27.000 N, berapakah jarak kedua muatan?
2. Dua buah muatan berada pada jarak  $r$  memiliki gaya Coulomb  $F$ . Berapakah besar gaya Coulomb jika kedua muatan jaraknya diubah menjadi 2 kali semula?
3. Dua buah muatan sejenis masing-masing  $Q$  berada pada jarak  $r$  memiliki gaya Coulomb  $F$ . Berapakah besar gaya Coulomb jika kedua muatannya diubah menjadi  $2Q$ ?



## D. PENERAPAN LISTRIK STATIS

### Untuk Diingat

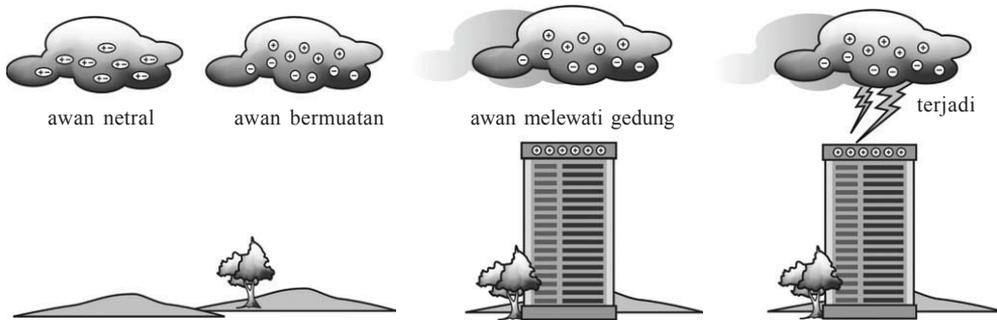
Ketika hujan badai jagan:

- berenang di laut;
- berteduh di bawah pohon yang tinggi;
- bermain di tanah lapang yang luas;
- membawa benda-benda dari logam.

### 1. Petir (Halilintar)

Sebelum hujan badai awan dalam kondisi netral, jumlah proton sama dengan jumlah elektron. Ketika hujan badai terjadi gesekan antara partikel-partikel awan dengan udara sehingga menyebabkan awan bermuatan listrik. Apabila awan melewati gedung yang tinggi, muatan negatif di dasar awan akan menginduksi bangunan gedung hingga muatan positif bergerak ke atas terkumpul di puncak gedung. Adapun, muatan negatif ditolak ke dasar gedung. Perbedaan

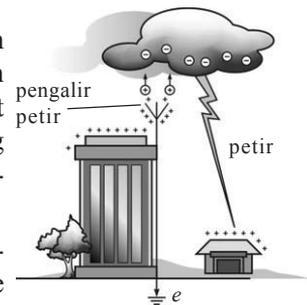
jenis muatan antara awan dengan puncak gedung menyebabkan medan listrik. Apabila muatan pada awan bertambah, gaya elektrostatis akan memaksa muatan negatif meloncat secara tiba-tiba dari dasar awan ke puncak gedung yang disertai dengan bunga api listrik. Apabila hal itu terjadi, maka dikatakan gedung tersambar petir. Pelepasan muatan listrik secara tiba-tiba menghasilkan bunga api listrik yang disebut petir. Loncatan muatan melalui udara menghasilkan cahaya sangat kuat dan panas yang menyebabkan udara memuai mendadak. Pemuaihan udara yang mendadak menghasilkan bunyi ledakan menggelegar yang disebut guntur. Petir dapat terjadi dari awan ke bumi (seperti Gambar 7.11), dari bumi ke awan, atau dari awan ke awan.



▲ Gambar 7.10 Proses terjadinya petir

Orang yang pertama kali menyatakan bahwa petir merupakan listrik statis adalah Benjamin Franklin pada tahun 1700. Dalam penyelidikannya, dia mengungkapkan bahwa listrik statis dapat bergerak cepat pada bahan-bahan tertentu dan permukaan runcing lebih banyak menarik elektron daripada permukaan datar. Bagaimanakah menyelamatkan bangunan tinggi dari bahaya petir?

Untuk menghindari bahaya petir di atas gedung perlu dipasang penangkal petir yang terbuat dari tembaga yang ditancapkan ke dalam tanah. Adapun, tembaga yang berujung runcing dipasang pada ujung bangunan.



▲ Gambar 7.11 Prinsip kerja penangkal petir

## 2. Generator Van de Graff

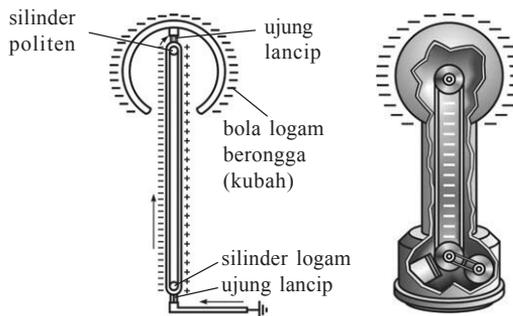
Generator Van de Graff adalah mesin pembangkit listrik yang biasa dipakai untuk penelitian di laboratorium. Meskipun jarang ditemukan dalam kehidupan sehari-hari, kamu dapat mengetahui perihal generator tersebut melalui uraian berikut.

Generator Van de Graff terdiri atas:

- dua ujung runcing yang terdapat di bagian atas dan bawah,
- sebuah silinder logam yang terdapat di bagian bawah,
- sebuah silinder politilen yang terdapat di bagian atas,

- d. sabuk karet yang menghubungkan kedua silinder,
- e. konduktor berongga berbentuk bola (kubah).

Generator Van de Graaff prinsip kerjanya sama dengan menghasilkan muatan listrik dengan cara menggosok (metode gesekan). Gesekan antara sabuk karet dengan silinder logam bagian bawah menimbulkan muatan listrik negatif pada sabuk karet. Gesekan antara sabuk karet dengan silinder politilen bagian atas menimbulkan muatan listrik positif pada sabuk karet. Gerakan sabuk karet ke atas membawa muatan negatif mengalir ke kubah melalui ujung runcing di bagian atas. Elektron akan tersebar menempati seluruh permukaan kubah. Pada kubah bagian dalam tidak terdapat elektron. Adapun, gerakan sabuk karet ke bawah membawa muatan positif. Muatan positif sabuk karet ini mengalir melalui ujung runcing bawah ke tanah untuk dinetralkan. Silinder logam bawah dijalankan dengan motor listrik, sehingga sabuk karet terus-menerus bergerak, menghasilkan muatan negatif mengalir ke kubah, sehingga terbentuk muatan listrik yang besar pada kubah generator Van de Graaff.



▲ Gambar 7.12 Generator Van de Graaff



## Rangkuman

1. Atom terdiri atas proton, neutron, dan elektron.
2. Massa dan muatan atom berpusat pada intinya, yang disebut inti atom (nukleon). Inti atom terdiri atas proton dan neutron, sedangkan elektron beredar mengelilingi inti atom.
3. Benda yang kekurangan elektron disebut benda bermuatan positif.
4. Benda yang kelebihan elektron disebut benda bermuatan negatif.
5. Benda yang memiliki jumlah proton sama dengan jumlah elektronnya disebut benda netral.

6. Sebuah benda dapat dimuati listrik dengan cara menggosok benda itu dengan benda-benda tertentu.
7. Ada dua jenis muatan listrik, yaitu muatan positif dan muatan negatif.
8. Jika dua muatan listrik yang sejenis didekatkan satu sama lain, akan saling menolak. Akan tetapi, jika dua muatan listrik tidak sejenis didekatkan satu sama lain maka akan saling menarik.



## Refleksi

Apabila kamu sudah membaca isi bab ini dengan baik, seharusnya kamu sudah dapat mengerti tentang hal-hal berikut.

1. Cara memberi muatan listrik.
2. Interaksi antarmuatan listrik
3. Hukum Coulomb

Apabila masih ada materi yang belum kamu pahami, tanyakan pada gurumu. Setelah paham, maka pelajailah bab selanjutnya.



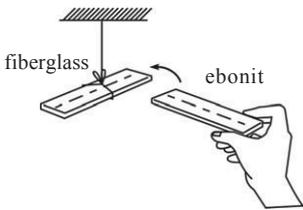
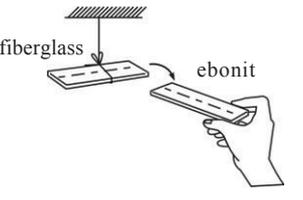
## Glosarium

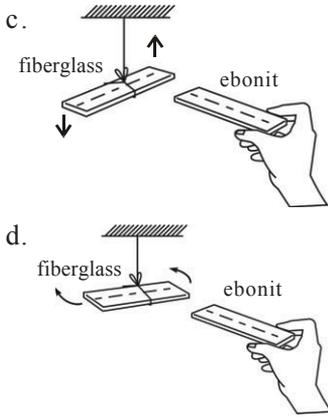
<i>atom</i>	:	partikel-partikel yang sangat kecil sebagai penyusun suatu zat (benda).
<i>elektron</i>	:	partikel bermuatan negatif.
<i>generator</i>	:	mesin pembangkit listrik
<i>guntur</i>	:	bunyi ledakan yang menggelegar akibat pemuatan udara secara tiba-tiba.
<i>induksi listrik</i>	:	proses pemisahan muatan listrik dalam suatu benda yang berbeda didekatkan dengan benda bermuatan.
<i>neutron</i>	:	partikel tak bermuatan listrik.
<i>petir</i>	:	loncatan bunga api listrik yang besar dari awan.
<i>proton</i>	:	partikel bermuatan positif.



Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu

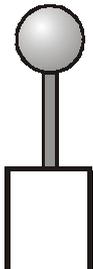
A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

- Benda yang kelebihan elektron akan bermuatan ....  
a. negatif                      c. netral  
b. positif                        d. positron
- Inti atom terdiri atas ....  
a. proton dan elektron  
b. proton dan neutron  
c. neutron dan elektron  
d. proton, neutron, dan elektron
- Muatan yang beredar mengelilingi inti atom disebut ....  
a. elektron                      c. neutron  
b. proton                         d. positron
- Benda X bermuatan positif dan benda Y bermuatan negatif. Jika kedua benda saling berdekatan maka ....  
a. benda X dan Y akan tarik-menarik  
b. benda X dan Y akan tolak-menolak  
c. benda X menolak benda Y  
d. benda X dan Y tidak terjadi interaksi
- Benda dikatakan bermuatan positif jika ....  
a. dapat menarik benda lain  
b. kekurangan proton  
c. kelebihan elektron  
d. kekurangan elektron
- Kaca yang semula netral setelah digosok dengan kain sutra akan ....  
a. kekurangan elektron  
b. kelebihan elektron  
c. mempunyai jumlah elektron dan proton sama  
d. kekurangan neutron
- Benda dikatakan netral jika ....  
a. jumlah proton lebih banyak daripada elektron  
b. jumlah elektron lebih banyak daripada proton  
c. jumlah proton sama dengan jumlah elektron  
d. jumlah neutron sama dengan jumlah proton
- Berikut ini yang bukan gejala listrik statis adalah ....  
a. balon menempel di dinding setelah digosokkan ke rambut  
b. bulu badan tertarik oleh pakaian yang baru saja diseterika  
c. kedua telapak tangan terasa panas setelah saling digosokkan  
d. ujung sisir mampu menarik serpihan kertas setelah digunakan untuk ber-sisir
- Gaya tarik atau gaya tolak antara dua muatan yang saling berdekatan disebut ....  
a. gaya Lorentz                c. gaya gravitasi  
b. gaya Coulomb              d. gaya magnet
- Fiberglass digosok dengan kain sutra digantung dengan tali. Ebonit yang telah digosok dengan bulu binatang didekatkan fiberglass. Interaksi yang benar antara fiberglass dengan ebonit ditunjukkan pada gambar ....  
a.  
  
b.  




11. Pemisahan muatan listrik positif maupun negatif pada benda netral akibat pengaruh benda bermuatan listrik di dekatnya disebut ....
- induksi elektromagnetik
  - induksi listrik
  - GGL induksi
  - arus induksi
12. Alat yang digunakan untuk menimbulkan muatan listrik yang besar disebut ....
- dinamo
  - generator
  - transformator
  - generator Van de Graff

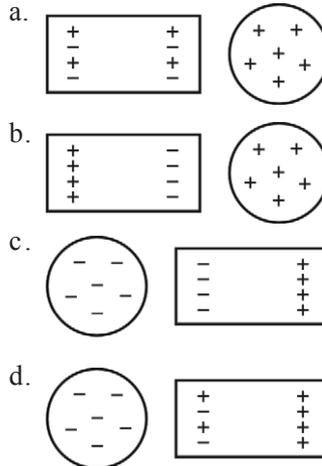
13.



Jika elektroskop (alat untuk mengetahui jenis muatan listrik) dalam keadaan netral dideteksi benda yang bermuatan negatif, daun elektroskop akan ....

- membuka, karena kedua daun bermuatan positif
- membuka, karena kedua daun bermuatan negatif
- menutup, karena kedua daun bermuatan positif
- menutup, karena kedua daun bermuatan negatif

14. Sebatang kaca bermuatan positif didekatkan kepala elektroskop yang bermuatan negatif. Pada elektroskop terjadi ....
- daun elektroskop bertambah mekar
  - daun elektroskop menguncup
  - dinding elektroskop bermuatan positif
  - bunga api terbentuk antara batang kaca dengan kepala elektroskop
15. Sebatang plastik bermuatan negatif didekatkan elektroskop bermuatan negatif. Jika kepala elektroskop disentuh dengan jari maka ....
- daun elektroskop kembali seperti semula
  - daun elektroskop bertambah mekar
  - daun elektroskop tidak berubah
  - daun elektroskop menguncup
16. Salah satu faktor yang memengaruhi besarnya gaya Coulomb adalah ....
- jarak kedua muatan
  - jenis kedua muatan
  - arah kedua muatan
  - bentuk kedua muatan
17. Gambar berikut yang menunjukkan induksi listrik yang benar adalah ....



18. Awan-awan di langit dapat bermuatan listrik, karena ....
- awan menerima muatan dari lapisan ionosfer
  - awan menerima muatan dari partikel-partikel udara di sekitarnya
  - partikel-partikel awan bergesekan dengan partikel udara
  - uap air yang mengalami kondensasi membentuk awan bermuatan
19. Dua muatan masing-masing sebesar  $6 \times 10^{-6}$  C terpisah pada jarak 3 mm. Gaya interaksi yang timbul sebesar ... ( $k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ )
- 36 N
  - 108 N
  - $3,6 \times 10^4$  N
  - $1,08 \times 10^5$  N
20. Pernyataan berikut yang *tidak* menerangkan muatan listrik statis dengan benar adalah ....
- bahan yang netral memiliki jumlah muatan positif dan negatif yang sama
  - muatan listrik statis tidak dapat mengalir secara bebas
  - bahan netral yang kehilangan elektron akan bermuatan negatif
  - pemindahan elektron terjadi pada benda netral yang digosok

**B. Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas.**

- Sebutkan tiga cara membuat benda netral menjadi bermuatan listrik.
- Mengapa berteduh di bawah pohon yang tinggi pada saat hujan lebat merupakan tindakan yang membahayakan?
- Jelaskan proses benda tertentu dapat bermuatan listrik jika digosok.
- Tentukan besar gaya tolak atau gaya tarik, jika muatan listrik benda A dan B serta jarak antara keduanya diketahui.
- Dua muatan jaraknya diubah menjadi setengah kali semula. Berapa kalikah besar gaya listrik statis yang baru?

## Bab 8

# LISTRIK DINAMIS



Sumber: *Jendela Iptek*, 2001

*Elektron yang bergerak dapat dimanfaatkan untuk keperluan hidup manusia, di antaranya untuk penerangan. Makin banyak elektron yang melewati filamen lampu pijar, makin terang cahaya yang dihasilkan. Saat ini gerak elektron tidak hanya dimanfaatkan untuk penerangan.*

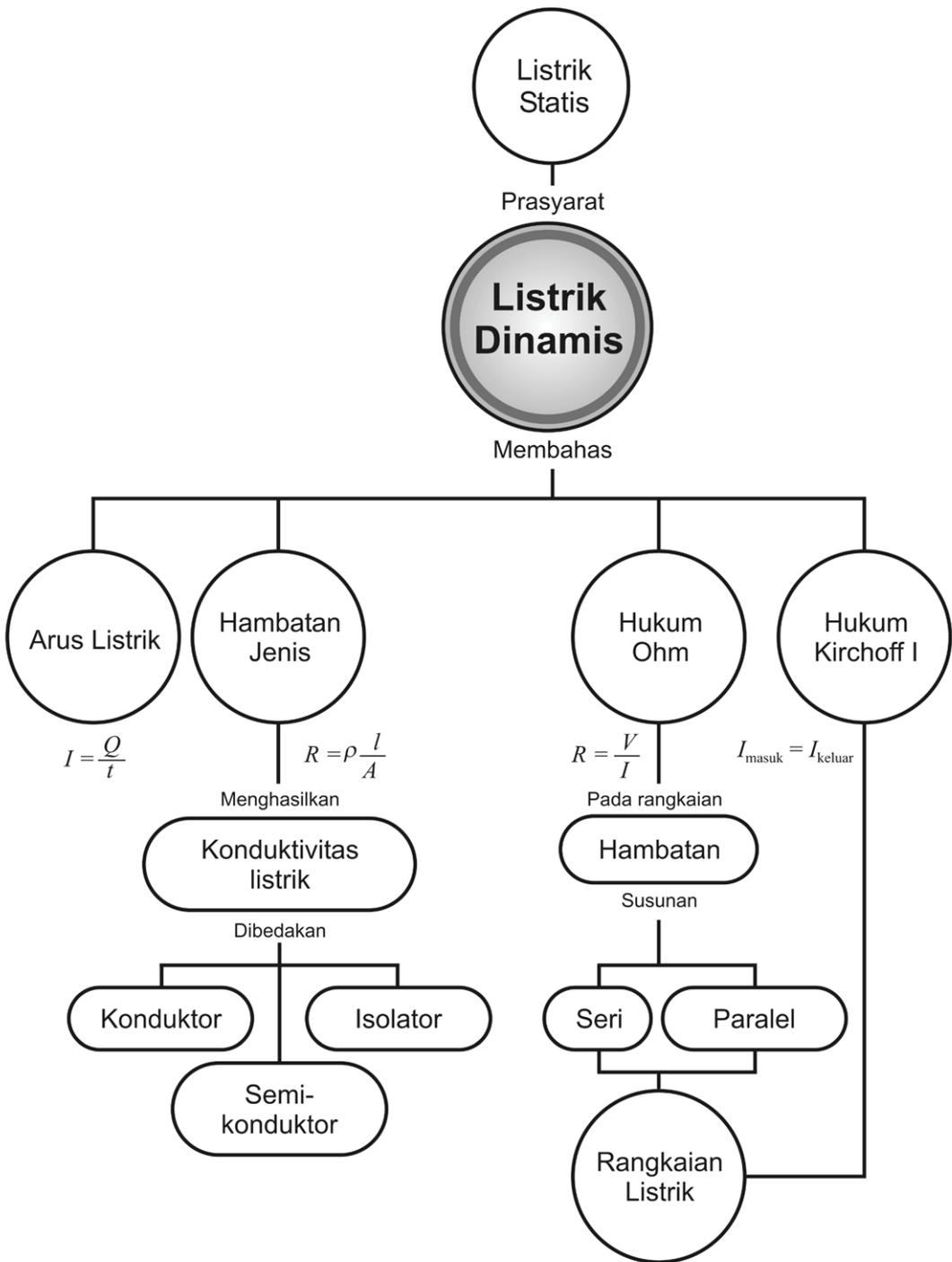
*Fenomena gerakan elektron itu akan kamu pelajari pada bab ini. Pada bab ini kamu akan mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan listrik dinamis dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.*

### ❖ Pretest ❖

1. Sebutkan faktor-faktor yang memengaruhi besar hambatan kawat penghantar.
2. Apakah yang dimaksud konduktor, isolator, dan semikonduktor?
3. Apakah fungsi rangkaian hambatan seri dan rangkaian hambatan paralel?

### ❖ Kata-Kata Kunci ❖

- arus elektron
- arus listrik
- beda potensial
- hambatan jenis
- Hukum I Kirchoff
- Hukum Ohm
- konduktivitas listrik
- rangkaian paralel
- rangkaian seri



Listrik statis dan listrik dinamis sama-sama mempelajari tentang muatan-muatan listrik pada suatu benda. Hanya bedanya pada listrik statis khusus mempelajari tentang muatan-muatan listrik dalam keadaan diam pada suatu benda. Adapun, pada listrik dinamis khusus mempelajari tentang muatan-muatan listrik (elektron) yang bergerak melalui penghantar.



## A. ARUS LISTRIK

### 1. Pengertian Arus Listrik dan Beda Potensial

Pada bab sebelumnya kamu sudah mempelajari muatan listrik pada suatu benda. Dua benda atau dua tempat yang muatan listriknya berbeda dapat menimbulkan arus listrik. Benda atau tempat yang muatan listrik positifnya lebih banyak dikatakan mempunyai potensial lebih tinggi. Adapun, benda atau tempat yang muatan listrik negatifnya lebih banyak dikatakan mempunyai potensial lebih rendah.

Dua tempat yang mempunyai beda potensial dapat menyebabkan terjadinya arus listrik. Syaratnya, kedua tempat itu dihubungkan dengan suatu penghantar. Dalam kehidupan sehari-hari, beda potensial sering dinyatakan sebagai tegangan. Selanjutnya perhatikan Gambar 8.1.

Pada Gambar 8.1, A dikatakan lebih positif atau berpotensi lebih tinggi daripada B. Arus listrik yang terjadi berasal dari A menuju B. Arus listrik terjadi karena adanya usaha penyeimbangan potensial antara A dan B. Dengan demikian dapat dikatakan, arus listrik *seakan-akan* berupa arus muatan positif. Arah arus listrik berasal dari tempat berpotensi tinggi ke tempat yang berpotensi lebih rendah.

Pada kenyataannya muatan listrik yang dapat berpindah bukan muatan positif, melainkan muatan negatif atau elektron. Karena itu, berdasarkan Gambar 8.1 yang terjadi sebenarnya adalah terjadinya aliran elektron dari tempat berpotensi lebih rendah ke tempat yang berpotensi lebih tinggi. Jadi berdasarkan uraian di atas, arus listrik terjadi jika ada perpindahan elektron.

Kedua benda bermuatan (Gambar 8.1), jika dihubungkan melalui kabel akan menghasilkan arus listrik yang besarnya dapat ditulis dalam rumus

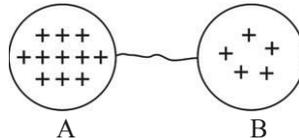
$$I = \frac{Q}{t}$$

Dengan:  $I$  = besar kuat arus, satuannya ampere (A)  
 $Q$  = besar muatan listrik, satuannya coulomb (C)  
 $t$  = waktu tempuh, satuannya sekon (s)

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:

- ☛ menjelaskan konsep arus listrik, dan beda potensial listrik
- ☛ membuat rangkaian komponen listrik dengan berbagai variasi baik seri maupun paralel.



▲ Gambar 8.1 Dua tempat berbeda potensial

### Untuk Diingat

- Arah arus listrik berlawanan dengan arah aliran elektron
- Arus listrik mengalir dari potensial tinggi menuju ke potensial rendah
- Penyebab arus listrik dapat mengalir pada dua benda yang bermuatan listrik adalah adanya beda potensial antara kedua benda

Berdasarkan uraian tersebut, arus listrik dapat didefinisikan sebagai banyaknya elektron yang berpindah dalam waktu tertentu.

Kamu sudah mengetahui bahwa perbedaan potensial akan mengakibatkan perpindahan elektron. Banyaknya energi listrik yang diperlukan untuk mengalirkan setiap muatan listrik dari ujung-ujung penghantar disebut beda potensial listrik atau tegangan listrik. Hubungan antara energi listrik, muatan listrik, dan beda potensial listrik secara matematik dirumuskan

$$V = \frac{W}{Q}$$

dengan:  $V$  = beda potensial listrik satuannya volt (V)

$W$  = energi listrik satuannya joule (J)

$Q$  = muatan listrik satuannya coulomb (C)

Dengan demikian, beda potensial adalah besarnya energi listrik untuk memindahkan muatan listrik.



### Contoh

Kuat arus listrik yang mengalir pada lampu 250 mA. Jika lampu menyala selama 10 jam, berapakah

- muatan listrik yang mengalir pada lampu?
- banyaknya elektron yang mengalir pada lampu (1 elektron =  $1,6 \times 10^{-19} \text{C}$ )

#### Penyelesaian:

Diketahui:  $I = 250 \text{ mA} = 0,25 \text{ A}$

$t = 10 \text{ jam} = 36.000 \text{ s}$

Ditanyakan: a.  $Q = \dots ?$

b.  $n_e = \dots ?$

Jawab:

$$\begin{aligned} \text{a. } Q &= I \times t \\ &= 0,25 \text{ A} \times 36.000 \text{ s} \\ &= 9.000 \text{ C} \end{aligned}$$

Jadi, muatan yang mengalir pada lampu sebesar 9.000 C.

- Karena 1 elektron ( $e$ ) mempunyai muatan  $1,6 \times 10^{-19} \text{C}$  maka untuk muatan sebesar 9.100 C mempunyai elektron sebanyak

$$n_e = \frac{Q}{e} = \frac{9.000 \text{ C}}{1,6 \times 10^{-19} \text{C}} = 1,5 \times 10^{16} \text{ elektron}$$

Jadi, pada lampu itu elektron yang mengalir sebanyak  $1,5 \times 10^{16}$  (15 diikuti nol 15 buah) elektron.

## 2. Mengukur Kuat Arus Listrik

Kuat arus listrik yang mengalir dalam penghantar atau rangkaian listrik dapat diukur besarnya dengan menggunakan amperemeter atau ammeter. Amperemeter ada dua jenis, yaitu amperemeter digital dan amperemeter jarum. Ciri sebuah amperemeter jarum adalah adanya huruf A pada permukaan skala. Bagaimanakah cara mengukur kuat arus listrik yang mengalir dalam rangkaian

listrik? Untuk lebih memahami cara mengukur kuat arus listrik, cobalah kamu lakukan Kegiatan 8.1 secara berkelompok. Sebelumnya bentuklah satu kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.

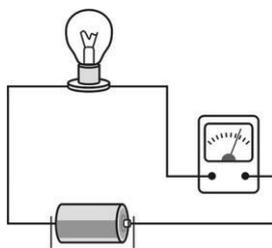


## Kegiatan 8.1

**Tujuan:** Mengukur kuat arus listrik komponen secara seri dan paralel.

**Alat dan Bahan:**

- Lampu
- Sakelar
- Amperemeter
- Baterai



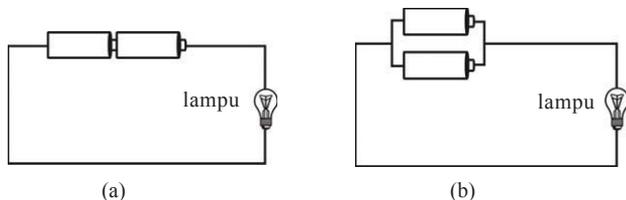
**Cara Kerja:**

1. Rangkailah peralatan yang tersedia seperti gambar.
2. Tutuplah sakelar. Amatilah lampu dan catat besar arus listrik melalui amperemeter.
3. Ulangi cara kerja nomor 1 dan 2 dengan mengganti jumlah baterai, baik secara seri maupun paralel.
4. Catatlah pengamatan kelompokmu pada sebuah tabel di buku kerjamu.

**Pertanyaan:**

1. Mengapa lampu pada rangkaian dapat menyala?
2. Mengapa ketika baterai diubah, nyala lampu juga berubah?
3. Nyatakan kesimpulan kelompokmu dalam buku kerjamu.

Dalam kehidupan sehari-hari, kamu dapat mengamati adanya gejala beda potensial di baterai atau akumulator. Beberapa baterai dapat disusun secara seri maupun paralel. Yang dimaksud susun seri adalah kutub positif disambungkan dengan kutub negatif lainnya. Adapun, untuk susun paralel adalah kutub-kutub yang sejenis disatukan. Untuk lebih jelasnya perhatikan Gambar 8.2.



▲ Gambar 8.2 Susunan listrik secara seri (a) dan paralel (b)

Untuk susun seri akan menghasilkan kuat arus listrik yang lebih besar daripada rangkaian susunan paralel. Hal itu disebabkan oleh bertambahnya beda potensial. Karena itu jika kedua macam rangkaian itu digunakan untuk menyalakan lampu, akan menghasilkan nyala yang berbeda. Dapatkah kamu menjelaskan hal tersebut?



## Cara Menggunakan Amperemeter

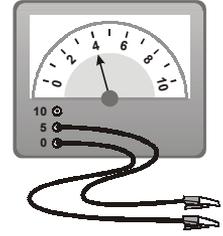
Dalam suatu rangkaian, amperemeter dipasang secara seri. Maksudnya, terminal positif amperemeter dihubungkan ke kutub negatif sumber arus. Adapun terminal negatif amperemeter dihubungkan ke kutub positif sumber arus.

Amperemeter ada yang mempunyai batas ukur dan skala terbatas. Misalnya sebuah amperemeter batas ukurnya 5A dengan skala 1–10. Jika saat digunakan jarum menunjukkan angka 4 pada skala, besar kuat arus listrik yang terukur adalah sebagai berikut.

$$\frac{\text{kuat arus}}{\text{batas ukur}} = \frac{\text{skala yang ditunjuk}}{\text{skala maksimum}}$$

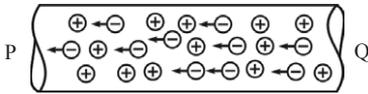
$$\frac{\text{kuat arus}}{5A} = \frac{4}{10} \text{ sehingga kuat arus} = \frac{4}{10} \times 5A = 2A$$

Dengan demikian, arus listrik yang terukur sebesar 2 A.



## Latihan

1. Ke manakah (P atukah Q) arah aliran elektron dan arah arus listrik pada kawat penghantar berikut?
2. Apakah yang dimaksud kuat arus 5 ampere?



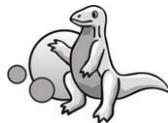
## Tugas Individu

Sediakan lampu 2,5 V, baterai 2 buah, dan kabel secukupnya. Dengan berdasarkan peralatan tersebut, rancanglah beberapa variasi rangkaian untuk menyalakan lampu. Ada berapa variasi rangkaian yang dapat kamu gunakan untuk menyalakan lampu?

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:

- menggambarkan arus listrik dan beda potensial dalam bentuk tabel dan grafik.
- menyelidiki hubungan antara arus listrik dan beda potensial dalam suatu rangkaian (Hukum Ohm).



## B. HUKUM OHM

Arus listrik dapat mengalir pada rangkaian listrik apabila dalam rangkaian itu terdapat beda potensial dan rangkaiannya tertutup. Hubungan antara kuat arus listrik dengan beda potensial listrik pertama kali diteliti oleh ahli Fisika dari Jerman bernama Georg Simon Ohm (1789–1854). Hasil penelitiannya dikenal dengan nama Hukum Ohm. Untuk memahami lebih mendalam tentang Hukum Ohm, lakukan tugas berikut secara berkelompok. Sebelumnya bentuklah kelompok yang terdiri 4 orang; 2 laki-laki dan 2 perempuan.



## Tugas Proyek

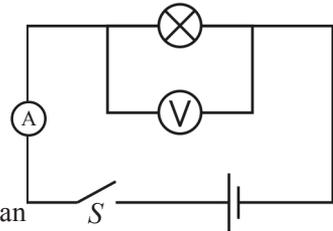
**Tujuan:** Menyelidiki Hukum Ohm

**Alat dan Bahan:**

- Lampu
- Sakelar
- Voltmeter (basicmeter)
- Amperemeter (basicmeter)
- Baterai 4 buah

**Cara Kerja:**

1. Rangkailah alat-alat seperti gambar di samping.
2. Tutup sakelar S, amati voltmeter dan amperemeter dan catat hasil pengukuran kedua alat itu ke dalam tabel.
3. Ulangilah langkah 2 dengan mengganti sumber tegangan dengan 2 baterai, 3 baterai, dan 4 baterai.
4. Buka sakelar S.
5. Hitunglah hambatan lampu dengan membandingkan kolom beda potensial (V) dan kolom kuat arus (I).
6. Buatlah grafik  $V-I$  di buku kerjamu.



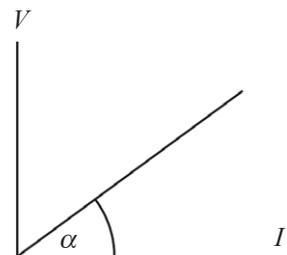
**Pertanyaan:**

1. Bagaimanakah hasil perbandingan beda potensial dengan kuat arus listrik dalam tiap-tiap percobaan?
2. Bagaimanakah nyala lampu dalam tiap-tiap percobaan?
3. Bagaimanakah bentuk grafik  $V-I$ ?
4. Apa kesimpulanmu setelah melakukan kegiatan ini?
5. Presentasikan tugasmu di muka kelas.

Hubungan antara beda potensial ( $V$ ) dengan kuat arus ( $I$ ) dapat dinyatakan dengan grafik, seperti pada Gambar 8.3. Garis kemiringan merupakan perbandingan antara ordinat dengan absis yang besarnya selalu tetap. Jika nilai perbandingan yang besarnya tetap itu didefinisikan sebagai hambatan listrik (disimbolkan dengan huruf  $R$ ) maka dapat dinyatakan dengan rumus.

$$\frac{V}{I} = R$$

Dengan:  $V$  = tegangan listrik satuan volt (V)  
 $I$  = kuat arus listrik satuan ampere (A)  
 $R$  = hambatan listrik satuan ohm ( $\Omega$ )



▲ Gambar 8.3 Grafik  $V-I$

Rumus di atas dikenal dengan nama Hukum Ohm yang menyatakan bahwa, besar kuat arus listrik yang mengalir sebanding dengan beda potensial listrik dan berbanding terbalik dengan hambatan. Untuk lebih memahami Hukum Ohm perhatikan contoh soal berikut.



## Contoh

1. Kawat penghantar kedua ujungnya memiliki beda potensial 6 volt, menyebabkan arus listrik mengalir pada kawat itu 2 A. Berapakah hambatan kawat itu?

### Penyelesaian:

Diketahui:  $V = 6$  volt

$$I = 2 \text{ A}$$

Ditanya:  $R = \dots ?$

$$\text{Jawab: } R = \frac{V}{I}$$

$$= \frac{6}{2}$$

$$= 3 \Omega$$

Jadi, hambatan kawat itu sebesar 3  $\Omega$

2. Konduktor berhambatan 400  $\Omega$  dihubungkan dengan sumber tegangan, sehingga mengalir arus listrik 500 mA. Berapakah beda potensial ujung-ujung konduktor tersebut?

### Penyelesaian:

Diketahui:  $R = 400 \Omega$

$$I = 500 \text{ mA} = 0,5 \text{ A}$$

Ditanya:  $V = \dots ?$

Jawab:  $V = I \times R$

$$= 0,5 \times 400$$

$$= 200 \text{ V}$$

Jadi, beda potensial pada kedua ujung konduktor adalah 200 V.



## Radar Sains

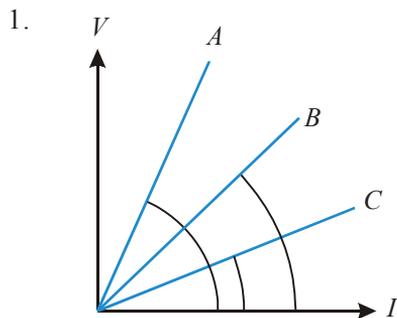
### Simbol komponen listrik.

Dalam suatu rangkaian listrik seringkali menggunakan simbol-simbol berikut.

	: sumber tegangan atau benda potensial
	: penghantar berarus listrik; arah panah menunjukkan arah aliran arus listrik.
	: hambatan listrik atau resistor
	: sakelar
	: alat ukur amperemeter
	: alat ukur voltmeter
	: alat ukur ohmmeter



## Latihan



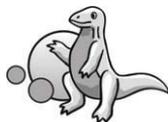
Pada grafik di samping, kawat penghantar manakah yang hambatannya paling besar? Mengapa?

2. Sebuah lampu dipasang pada rangkaian listrik dengan tegangan baterai 3V. Ternyata arus listrik yang mengalir pada lampu sebesar 500 mA. Jika tegangan diperbesar dua kali, berapakah kuat arus yang mengalir pada lampu?

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:

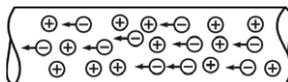
*menemukan perbedaan hambatan beberapa jenis bahan (konduktor, semikonduktor, dan isolator).*



## C. DAYA HANTAR LISTRIK

Kamu sudah mengetahui bahwa dua ujung penghantar yang mempunyai beda potensial dapat mengalirkan arus listrik. Menurutmu, apakah arus yang mengalir dalam penghantar tersebut tidak mengalami hambatan apapun? Untuk mengetahui jawabannya, ikuti uraian berikut.

Di dalam kawat penghantar arus listrik dihasilkan oleh aliran elektron. Muatan positif tidak bergerak karena terikat kuat di dalam inti atom. Ketika ujung-ujung kawat penghantar mendapat beda potensial, elektron akan mengalir melalui ruang di antara sela-sela muatan positif yang diam. Tumbukan elektron dengan muatan positif sering terjadi sehingga menghambat aliran elektron dan mengurangi arus listrik yang dihasilkan. Makin panjang kawat penghantar makin banyak tumbukan elektron yang dialami, sehingga makin besar pula hambatan yang dialami elektron. Akibatnya makin kecil arus yang mengalir.



Gambar 8.4 Elektron bergerak di sela-sela muatan positif dalam kawat penghantar

Oleh karena itu, hambatan kawat penghantar dipengaruhi oleh panjang kawat, luas penampang kawat, dan jenis kawat. Bagaimanakah pengaruh panjang kawat, luas penampang kawat, dan jenis kawat terhadap besarnya hambatan?

Untuk mengetahui pengaruh panjang kawat, luas penampang kawat, dan jenis kawat terhadap besarnya hambatan, lakukan Kegiatan 8.2 secara kelompok. Sebelumnya bentuklah kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.



## Kegiatan 8.2

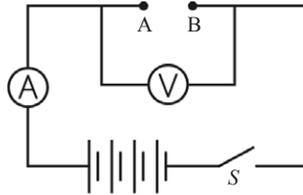
**Tujuan:** Menyelidiki hambatan kawat penghantar

**Alat dan Bahan:**

- Berbagai jenis kawat (konstanta, nikrom, tembaga, nikelin)
- Sakelar
- Voltmeter (basicmeter)
- Amperemeter (basicmeter)
- Baterai 4 buah
- Lampu

**Cara Kerja:**

1. Rangkailah alat-alat seperti gambar di bawah.



2. Letakkan kawat konstanta panjang 5 cm pada ujung AB.
3. Tutup sakelar S, amati voltmeter dan amperemeter dan catat hasil pengukuran kedua alat itu ke dalam tabel.
4. Ulangilah langkah 2 dengan mengganti kawat konstanta dengan kawat nikrom yang panjangnya sama.
5. Buka sakelar S.
6. Ujilah semua jenis kawat yang tersedia.
7. Ulangi langkah 2 s.d 6 untuk kawat tembaga yang panjangnya 5 cm, 10 cm, 15 cm, dan 20 cm. Catat hasilnya pada suatu tabel di buku kerjamu.

**Pertanyaan:**

1. Bagaimanakah hasil perbandingan tegangan dan kuat arus pada tiap-tiap percobaan berdasarkan data pada tabel?
2. Apa kegunaan lampu pada percobaan ini?
3. Apakah kesimpulanmu setelah melakukan kegiatan ini?

Percobaan di atas apabila dilakukan dengan cermat, akan menunjukkan bahwa hambatan kawat penghantar sebanding dengan panjang kawat. Kawat yang panjang hambatannya besar sehingga menyebabkan kuat arus kecil dan nyala lampu redup. Besar hambatan kawat penghantar bergantung pada jenis kawat. Kawat yang jenisnya berbeda, hambatannya juga berbeda. Hal itu dikarenakan kawat yang hambatannya jenisnya besar akan menyebabkan hambatan kawat penghantar juga besar. Hambatan jenis beberapa jenis bahan disajikan pada Tabel 8.1.

**Tabel 8.1** Hambatan jenis beberapa bahan

Jenis bahan	Hambatan jenis ( $\Omega \cdot m$ )	Jenis bahan	Hambatan jenis ( $\Omega \cdot m$ )
Perak	$5,9 \times 10^{-8}$	Wolfram	$5,5 \times 10^{-5}$
Tembaga	$1,68 \times 10^{-8}$	Germanium	$4,5 \times 10^{-1}$
Aluminium	$2,65 \times 10^{-8}$	Silikon	$2,0 \times 10^{-1}$
Platina	$10,6 \times 10^{-8}$	Kayu	$10 - 10^{11}$
Baja	$4,0 \times 10^{-7}$	Karet	$1,0 \times 10^{13}$
Mangan	$4,4 \times 10^{-7}$	Kaca	$10^{12} - 10^{13}$
Nikrom	$1,2 \times 10^{-6}$	Mika	$2,0 \times 10^{15}$
Karbon	$3,5 \times 10^{-5}$	Kuarsa	$1,0 \times 10^{18}$

Sumber: Dirangkum dari berbagai sumber.

Apabila Kegiatan 8.2 dilakukan dengan menggunakan kawat sejenis dengan panjang yang sama, tetapi luas penampangnya berbeda maka dihasilkan hambatan yang berbeda pula. Hambatan makin kecil, apabila luas penampang kawat besar. Hubungan antara hambatan kawat penghantar, panjang kawat, luas penampang kawat, dan jenis kawat secara matematis dirumuskan.

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

Dengan:  $R$  = hambatan kawat satuan ohm ( $\Omega$ )

$\rho$  = hambatan jenis kawat satuan ohm meter ( $\Omega \cdot m$ )

$l$  = panjang kawat satuan meter (m)

$A$  = luas penampang kawat satuan meter kuadrat ( $m^2$ )

Apakah pengaruh penggunaan kawat penghantar yang panjang pada jaringan listrik PLN? Penggunaan kawat penghantar yang panjang menyebabkan turunnya tegangan listrik. Tegangan listrik yang diberikan pada kawat yang panjang tidak dapat merubah besar hambatan, tetapi hanya merubah besar arus listrik yang mengalir melalui kawat itu. Jika kawat penghantar itu panjang, kuat arus listrik yang mengalir kecil seiring turunnya tegangan listrik. Oleh karena itu diperlukan tegangan yang tinggi untuk mengalirkan arus listrik. Hal ini diterapkan pada jaringan kabel listrik yang panjangnya mencapai ratusan kilometer. Agar listrik dapat dinikmati konsumen diperlukan tegangan listrik yang tinggi sampai ribuan megavolt.



## Contoh

1. Kawat tembaga panjangnya 15 m memiliki luas penampang  $5 \text{ mm}^2$ . Jika hambatan jenisnya  $1,7 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ , berapakah hambatan kawat tembaga?

### Penyelesaian:

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

$$A = 5 \text{ mm}^2 = 5 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\rho = 1,7 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$$

Ditanya:  $R = \dots ?$

Jawab:  $R = \rho \frac{l}{A}$

$$R = 1,7 \times 10^{-8} \frac{15}{5 \times 10^{-6}}$$

$$R = 1,7 \times 3 \times 10^{-2} = 5,1 \times 10^{-2} \Omega$$

Jadi, hambatan kawat tembaga itu  $5,1 \times 10^{-2} \Omega$

2. Dua kawat A dan B luas penampangnya sama dan terbuat dari bahan yang sama. Panjang kawat A tiga kali panjang kawat B. Jika hambatan kawat A  $150 \Omega$ , berapakah hambatan kawat B?

### Penyelesaian:

Diketahui:  $A_A = A_B$        $l_A = 3 l_B$

$$\rho_A = \rho_B$$

$$R_A = 150 \Omega$$

Ditanya:  $R_B = \dots ?$

Jawab:  $l_A = 3l_B$

$$\frac{R_A \times A_A}{\rho_A} = 3 \left( \frac{R_B \times A_B}{\rho_B} \right)$$

$$R_A = 3R_B$$

$$R_B = \frac{R_A}{3}$$

$$R_B = \frac{150}{3} = 30 \Omega$$

Jadi, hambatan kawat B adalah  $30 \Omega$ .

Hambatan jenis setiap bahan berbeda-beda. Bahan yang mempunyai hambatan jenis besar memiliki hambatan yang besar pula, sehingga sulit menghantarkan arus listrik. Berdasarkan daya hantar listriknya (konduktivitas listrik), bahan dibedakan menjadi tiga, yaitu konduktor, isolator, dan semikonduktor.

Konduktor adalah bahan yang mudah menghantarkan arus listrik. Bahan konduktor memiliki hambatan kecil karena hambatan jenisnya kecil. Bahan konduktor memiliki elektron pada kulit atom terluar yang gaya tariknya terhadap inti atom lemah. Dengan de-

mikian, apabila ujung-ujung konduktor dihubungkan dengan tegangan kecil saja elektron akan bergerak bebas sehingga mendukung terjadinya aliran elektron (arus listrik) melalui konduktor. Contohnya: tembaga, perak, dan aluminium.

Isolator merupakan bahan yang sulit menghantarkan arus listrik. Bahan isolator memiliki hambatan besar karena hambatan jenisnya besar. Bahan isolator memiliki elektron-elektron pada kulit atom terluar yang gaya tariknya dengan inti atom sangat kuat. Apabila ujung-ujung isolator dihubungkan dengan tegangan kecil, elektron terluarnya tidak sanggup melepaskan gaya ikat inti. Oleh karena itu, tidak ada elektron yang mengalir dalam isolator, sehingga tidak ada arus listrik yang mengalir melalui isolator. Plastik, kaca, karet busa termasuk isolator. Dapatkah isolator bersifat seperti konduktor?

Semikonduktor adalah bahan yang daya hantar listriknya berada di antara konduktor dan isolator. Semikonduktor memiliki elektron-elektron pada kulit terluar terikat kuat oleh gaya inti atom. Namun tidak sekuat seperti pada isolator. Bahan yang termasuk semikonduktor adalah karbon, silikon dan germanium. Karbon digunakan untuk membuat komponen elektronika, seperti resistor. Silikon dan germanium digunakan untuk membuat komponen elektronika, seperti diode, transistor, dan IC (*integrated circuit*).

Bahan-bahan apakah yang termasuk konduktor, isolator, dan semikonduktor? Untuk lebih memahami tentang konduktor dan isolator, lakukan kegiatan berikut secara berkelompok. Sebelumnya bentuklah kelompok yang terdiri 4 orang; 2 laki-laki dan dua perempuan.

### Radarsains

- Perbedaan mendasar antara konduktor dan isolator yaitu, letak elektron pada kulit terluar sebuah atom.
- Untuk melepaskan elektron dari ikatan inti atom diperlukan sumber tegangan yang memiliki energi.



### Kegiatan 8.3

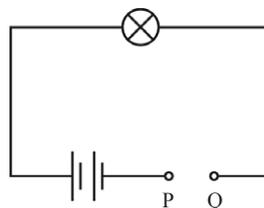
**Tujuan:** Menyelidiki perbedaan bahan isolator dan konduktor

**Alat dan Bahan:**

- Lampu
- Kabel
- Bahan-bahan (pensil, besi, seng, aluminium, tembaga, air)
- Baterai 2 buah

**Cara Kerja:**

1. Rangkailah alat-alat seperti gambar di bawah.



2. Hubungkan ujung kabel PQ dengan pensil. Apakah lampu menyala? Catat jawabanmu ke dalam tabel.
3. Ulangilah langkah 2 dengan mengganti pensil dengan bahan-bahan yang lain. Catat hasil semua pengamatanmu ke dalam tabel di buku kerjamu.

### Pertanyaan:

1. Bahan-bahan manakah yang termasuk konduktor?
2. Bahan-bahan manakah yang termasuk isolator?
3. Apakah kesimpulanmu setelah melakukan kegiatan ini?



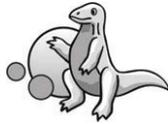
### Latihan

1. Kawat A dan kawat B berbeda jenisnya, tetapi hambatannya sama. Jika panjang kawat A enam kali panjang kawat B dan diameter kawat A 4 kali diameter kawat B. Kawat manakah yang memiliki hambatan jenis paling besar?
2. Kawat tembaga hambatannya  $R$ . Jika kawat tersebut dipotong menjadi lima bagian yang sama, berapakah besarnya hambatan sepotong kawat?
3. Dua kawat aluminium masing-masing panjangnya 4 m dan 6 m. Jika diameter kedua kawat sama, kawat manakah yang hambatannya paling besar?
4. Dua kawat P dan Q panjang dan jenisnya sama, tetapi luas penampangnya berbeda. Hambatan kawat P sebesar  $20 \Omega$ . Jika luas penampang kawat P empat kali luas penampang kawat Q, berapakah hambatan kawat Q?

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:

*menggunakan Hukum I Kirchoff untuk menghitung  $V$  dan  $I$  dalam rangkaian.*



### D. HUKUM I KIRCHOFF

Muatan listrik yang mengalir melalui rangkaian listrik bersifat kekal artinya muatan listrik yang mengalir ke titik percabangan dalam suatu rangkaian besarnya sama dengan muatan listrik yang keluar dari titik percabangan itu. Perhatikan Gambar 8.5.

Muatan  $Q_1$ ,  $Q_2$  dan  $Q_5$  menuju titik percabangan P dan muatan  $Q_3$  dan  $Q_4$  keluar dari titik percabangan P. Secara umum muatan listrik bersifat kekal, maka jumlah muatan listrik yang masuk percabangan P sama dengan jumlah muatan listrik yang keluar dari titik percabangan P. Dalam hal ini berlaku persamaan:

$$Q_{\text{masuk}} = Q_{\text{keluar}}$$

$$Q_1 + Q_2 + Q_5 = Q_3 + Q_4$$

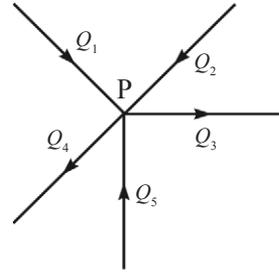
Jika muatan mengalir selama selang waktu  $t$ , kuat arus yang terjadi:

$$\frac{Q_1}{t} + \frac{Q_2}{t} + \frac{Q_5}{t} = \frac{Q_3}{t} + \frac{Q_4}{t}$$

$$I_1 + I_2 + I_5 = I_3 + I_4$$

$$I_{\text{masuk}} = I_{\text{keluar}}$$

Persamaan tersebut pertama kali dikemukakan oleh Robert Gustav Kirchoff seorang fisikawan berkebangsaan Jerman (1824 – 1887) yang dikenal dengan Hukum I Kirchoff. Hukum I Kirchoff berbunyi “jumlah kuat arus listrik yang masuk titik percabangan sama dengan jumlah kuat arus listrik yang meninggalkan titik percabangan”. Bagaimanakah penerapan Hukum I Kirchoff pada rangkaian listrik?



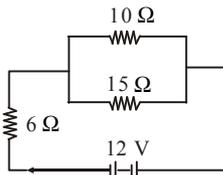
▲ Gambar 8.5 Jumlah muatan yang masuk maupun yang keluar percabangan P tiap satuan waktu sama

Hukum I Kirchoff yang membahas kuat arus yang mengalir pada rangkaian listrik dapat diterapkan pada rangkaian listrik tak bercabang (seri) maupun rangkaian listrik bercabang (paralel).



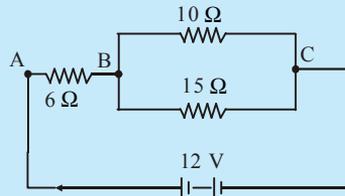
### Contoh

Gunakan Hukum Kirchoff untuk menghitung  $V$  dan  $I$  pada rangkaian berikut.



### Penyelesaian:

Untuk memudahkan penyelesaian rangkaian dapat digambar dalam bentuk berikut.



Tegangan pada rangkaian dapat ditulis

$$V = V_{AB} + V_{BC} \quad \dots \quad (i)$$

Karena berdasarkan Hukum I Kirchoff pada titik cabang B berlaku:

$$I_{masuk} = I_{keluar}$$

$$I_{6\Omega} = I_{10\Omega} + I_{15\Omega} \quad \dots \quad (ii)$$

maka kita dapat menentukan harga  $V_{AB}$

$$\begin{aligned} V_{AB} &= I_{6\Omega} R_{AB} \\ &= (I_{10\Omega} + I_{15\Omega}) R_{AB} \\ &= \left( \frac{V_{BC}}{10\Omega} + \frac{V_{BC}}{15\Omega} \right) 6\Omega \\ &= \frac{5}{30\Omega} V_{BC} \cdot 6\Omega \end{aligned}$$

$$V_{AB} = V_{BC}$$

$$\text{Sehingga } V = V_{AB} + V_{BC}$$

$$\text{dapat ditulis } V = 2V_{AB}$$

$$12 = 2V_{AB}$$

$$V_{AB} = 6 \text{ volt}$$

Dengan demikian

$$I_{6\Omega} = \frac{V_{AB}}{R_{AB}} = \frac{6 \text{ volt}}{6\Omega} = 1\text{A}$$

$$I_{10\Omega} = \frac{V_{BC}}{R_{BC}} = \frac{6 \text{ volt}}{10\Omega} = 0,6\text{A}$$

$$I_{15\Omega} = \frac{V_{BC}}{R_{BC}} = \frac{6 \text{ volt}}{15\Omega} = 0,4\text{A}$$

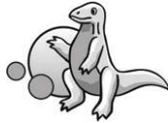
Untuk mengetahui kebenaran jawaban dapat dikembalikan ke persamaan awal yaitu

- $V = V_{AB} + V_{BC}$
- $I = I_{AB} = I_{6\Omega} = I_{10\Omega} + I_{15\Omega}$

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:

*menghitung hambatan pengganti rangkaian seri dan paralel.*



## E. RANGKAIAN HAMBATAN LISTRIK

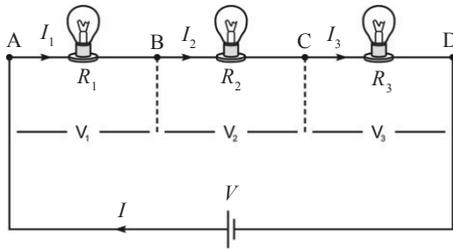
Secara umum rangkaian hambatan dikelompokkan menjadi rangkaian hambatan seri, hambatan paralel, maupun gabungan keduanya. Untuk membuat rangkaian hambatan seri maupun paralel minimal diperlukan dua hambatan. Adapun, untuk membuat rangkaian hambatan kombinasi seri-paralel minimal diperlukan tiga hambatan. Jenis-jenis rangkaian hambatan tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Oleh karena itu, jenis rangkaian hambatan yang dipilih bergantung pada tujuannya.

### 1. Hambatan seri

Dua hambatan atau lebih yang disusun secara berurutan disebut hambatan seri. Hambatan yang disusun seri akan membentuk rangkaian listrik tak bercabang. Kuat arus yang mengalir di setiap titik besarnya sama. Tujuan rangkaian hambatan seri untuk memperbesar nilai hambatan listrik dan membagi beda potensial dari sumber tegangan. Rangkaian hambatan seri dapat diganti dengan sebuah hambatan yang disebut hambatan pengganti seri ( $R_s$ ).

Tiga buah lampu masing-masing hambatannya  $R_1$ ,  $R_2$ , dan  $R_3$  disusun seri dihubungkan dengan baterai yang tegangannya  $V$  menyebabkan arus listrik yang mengalir  $I$ . Tegangan sebesar  $V$  dibagikan ke tiga hambatan masing-masing  $V_1$ ,  $V_2$ , dan  $V_3$ , sehingga berlaku:

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$



▲ Gambar 8.6 Tiga buah lampu masing-masing hambatannya  $R_1$ ,  $R_2$ , dan  $R_3$  disusun seri

Berdasarkan Hukum I Kirchoff pada rangkaian seri (tak bercabang) berlaku:

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

Berdasarkan Hukum Ohm, maka beda potensial listrik pada setiap lampu yang hambatannya  $R_1$ ,  $R_2$ , dan  $R_3$  dirumuskan:

$$V_1 = I \times R_1 \text{ atau } V_{AB} = I \times R_{AB}$$

$$V_2 = I \times R_2 \text{ atau } V_{BC} = I \times R_{BC}$$

$$V_3 = I \times R_3 \text{ atau } V_{CD} = I \times R_{CD}$$

Beda potensial antara ujung-ujung AD berlaku:

$$V_{AD} = V_{AB} + V_{BC} + V_{CD}$$

$$I \times R_S = I \times R_{AB} + I \times R_{BC} + I \times R_{CD}$$

$$I \times R_S = I \times R_1 + I \times R_2 + I \times R_3$$

Jika kedua ruas dibagi dengan  $I$ , diperoleh rumus hambatan pengganti seri ( $R_S$ ):

$$R_S = R_1 + R_2 + R_3$$

Jadi, besar hambatan pengganti seri merupakan penjumlahan besar hambatan yang dirangkai seri. Apabila ada  $n$  buah hambatan masing-masing besarnya  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ , ...,  $R_n$  dirangkai seri, maka hambatan dirumuskan:

$$R_S = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

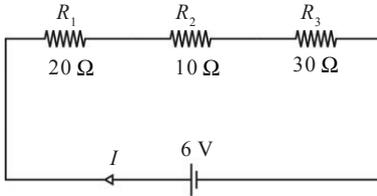
### Untuk Dingat

Hambatan yang disusun seri memiliki ciri-ciri sebagai berikut.

1. Hambatan disusun dari ujung ke ujung (berderet).
2. Terdapat satu lintasan arus listrik.
3. Kuat arus listrik yang mengalir di setiap hambatan sama besar.
4. Hambatan pengganti seri  $R_S$  selalu lebih besar dari hambatan terbesar yang disusun seri.
5. Rangkaian hambatan seri berfungsi sebagai pembagi tegangan.



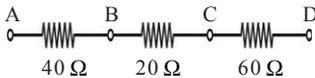
1. Perhatikan gambar berikut.



Berdasarkan gambar di atas, tentukan:

- hambatan pengganti,
- arus listrik yang mengalir pada  $R_1$ ,  $R_2$ , dan  $R_3$ , dan
- beda potensial pada masing-masing hambatan.

2. Perhatikan rangkaian berikut.



Jika  $I_{AB} = 0,25$  A, tentukan:

- hambatan total pada rangkaian,
- beda potensial pada ujung hambatan AB, BC dan CD,
- beda potensial pada ujung AD.

**Penyelesaian:**

Diketahui:  $R_1 = 20 \Omega$        $R_3 = 30 \Omega$

$R_2 = 10 \Omega$        $V = 6 \text{ V}$

Ditanya: a.  $R_s = \dots ?$

b.  $I = \dots ?$

c.  $V_1 = \dots ?$        $V_3 = \dots ?$

$V_2 = \dots ?$

Jawab:

a.  $R_s = R_1 + R_2 + R_3$   
 $= 20 + 10 + 30$   
 $= 60 \Omega$

b.  $I = \frac{V}{R_s}$   
 $= \frac{6}{60} = 0,1 \text{ A}$

$I = I_1 = I_2 = I_3 = 0,1 \text{ A}$

c.  $V_1 = I \times R_1$   
 $= 0,1 \times 20$   
 $= 2 \text{ V}$

$V_2 = I \times R_2$   
 $= 0,1 \times 10$   
 $= 1 \text{ V}$

$V_3 = I \times R_3$   
 $= 0,1 \times 30$   
 $= 3 \text{ V}$

**Penyelesaian:**

Diketahui:  $R_{AB} = 40 \Omega$        $I_{AB} = 0,25 \text{ A}$

$R_{BC} = 20 \Omega$        $R_{CD} = 60 \Omega$

Ditanya: a.  $R_s = \dots ?$

b.  $V_{AB} = \dots ?$

$V_{BC} = \dots ?$

$V_{CD} = \dots ?$

c.  $V_{AD} = \dots ?$

Jawab:

a.  $R_s = R_{AB} + R_{BC} + R_{CD}$   
 $= 40 + 20 + 60$   
 $= 120 \Omega$

b.  $V_{AB} = I_{AB} \times R_{AB}$        $V_{CD} = I_{CD} \times R_{CD}$   
 $= 0,25 \times 40$        $= 0,25 \times 60$   
 $= 10 \text{ V}$        $= 15 \text{ V}$

$V_{BC} = I_{BC} \times R_{BC}$   
 $= 0,25 \times 20 = 5 \text{ V}$

$$\begin{aligned} \text{c. Cara 1: } V_{AD} &= I \times R_S \\ &= 0,25 \times 120 = 30 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cara 2: } V_{AD} &= V_{AB} + V_{BC} + V_{CD} \\ &= 10 + 5 + 15 = 30 \text{ V} \end{aligned}$$

## 2. Hambatan Paralel

Dua hambatan atau lebih yang disusun secara berdampingan disebut hambatan paralel. Hambatan yang disusun paralel akan membentuk rangkaian listrik bercabang dan memiliki lebih dari satu jalur arus listrik. Susunan hambatan paralel dapat diganti dengan sebuah hambatan yang disebut hambatan pengganti paralel ( $R_p$ ). Rangkaian hambatan paralel berfungsi untuk membagi arus listrik.

Tiga buah lampu masing-masing hambatannya  $R_1$ ,  $R_2$ , dan  $R_3$  disusun paralel dihubungkan dengan baterai yang tegangannya  $V$  menyebabkan arus listrik yang mengalir  $I$ .

Besar kuat arus  $I_1$ ,  $I_2$ , dan  $I_3$  yang mengalir pada masing-masing lampu yang hambatannya masing-masing  $R_1$ ,  $R_2$ , dan  $R_3$  sesuai Hukum Ohm dirumuskan:

$$I_1 = \frac{V}{R_1} \quad \text{atau} \quad I_1 = \frac{V_{PQ}}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2} \quad \text{atau} \quad I_2 = \frac{V_{PQ}}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3} \quad \text{atau} \quad I_3 = \frac{V_{PQ}}{R_3}$$

Ujung-ujung hambatan  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  dan baterai masing-masing bertemu pada satu titik percabangan. Besar beda potensial (tegangan) seluruhnya sama, sehingga berlaku:

$$V = V_1 = V_2 = V_3$$

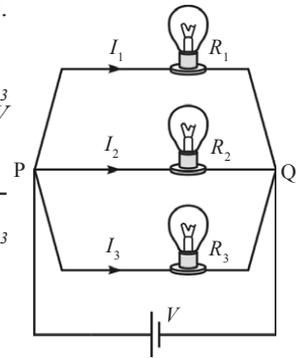
Besar kuat arus  $I$  dihitung dengan rumus:

$$I = \frac{V}{R_p}$$

Kuat arus sebesar  $I$  dibagikan ke tiga hambatan masing-masing  $I_1$ ,  $I_2$ , dan  $I_3$ . Sesuai Hukum I Kirchoff pada rangkaian paralel berlaku:

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$\frac{V}{R_p} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$



▲ Gambar 8.7 Tiga buah lampu masing-masing hambatannya  $R_1$ ,  $R_2$ , dan  $R_3$  disusun paralel

### Untuk Diingat

Hambatan yang disusun paralel memiliki ciri-ciri sebagai berikut.

1. Hambatan disusun berdampingan (sebelah menyebelah).
2. Terdapat lebih dari satu lintasan arus listrik.
3. Beda potensial di setiap ujung hambatan sama besar.
4. Hambatan pengganti paralel  $R_p$  selalu lebih kecil daripada hambatan terkecil yang disusun paralel.
5. Rangkaian hambatan paralel berfungsi sebagai pembagi kuat arus.

Jika kedua ruas dibagi dengan  $V$ , diperoleh rumus hambatan pengganti paralel:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

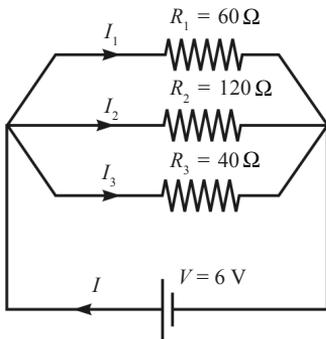
Jika ada  $n$  buah hambatan masing-masing  $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ , hambatan pengganti paralel dari  $n$  buah hambatan secara umum dirumuskan:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$



### Contoh

1. Berdasarkan gambar berikut, tentukan:



- hambatan pengganti paralel,
- arus listrik yang mengalir dalam rangkaian,
- arus listrik yang mengalir pada setiap hambatan  $R_1$ ,  $R_2$ , dan  $R_3$ .

### Penyelesaian:

Diketahui:  $R_1 = 60 \Omega$        $R_3 = 40 \Omega$   
 $R_2 = 120 \Omega$        $V = 6 \text{ V}$

- Ditanya: a.  $R_p = \dots ?$   
 b.  $I = \dots ?$   
 c.  $I_1 = \dots ?$ ,  $I_2 = \dots ?$ ,  $I_3 = \dots ?$

Jawab:

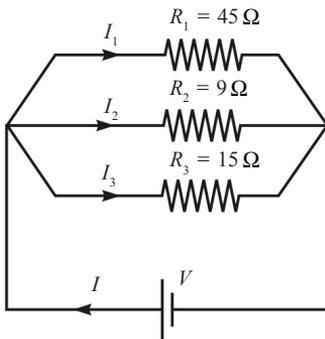
$$\begin{aligned} \text{a. } \frac{1}{R_p} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} & \text{b. } I &= \frac{V}{R_p} \\ &= \frac{1}{60} + \frac{1}{120} + \frac{1}{40} & &= \frac{6}{20} \\ &= \frac{2+1+3}{120} = \frac{6}{120} & &= 0,3 \Omega \end{aligned}$$

$$R_p = \frac{120}{6} = 20 \Omega$$

$$\begin{aligned} \text{c. } I_1 &= \frac{V}{R_1} & I_3 &= \frac{V}{R_3} \\ &= \frac{6}{60} & &= \frac{6}{40} \\ &= 0,1 \text{ A} & &= 0,15 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{V}{R_2} \\ &= \frac{6}{120} = 0,05 \text{ A} \end{aligned}$$

2. Perhatikan gambar berikut.



Jika kuat arus pada hambatan  $R_1$  sebesar 0,4 A, tentukan:

- beda potensial pada ujung-ujung hambatan,
- kuat arus pada hambatan  $R_2$  dan  $R_3$ ,
- tegangan yang dihasilkan oleh baterai, dan
- kuat arus yang dihasilkan baterai.

### Penyelesaian:

Diketahui:  $I_1 = 0,4 \text{ A}$        $R_2 = 9 \ \Omega$   
 $R_1 = 45 \ \Omega$        $R_3 = 15 \ \Omega$

- Ditanya: a.  $V_1 = \dots ?$   
 b.  $I_2 = \dots ?$ ,  $I_3 = \dots ?$   
 c.  $V = \dots ?$   
 d.  $I = \dots ?$

Jawab:

a.  $V_1 = V_2 = V_3 = I \times R_1$   
 $= 0,4 \times 45 = 18 \text{ V}$

b.  $I_2 = \frac{V_2}{R_2}$        $I_3 = \frac{V_3}{R_3}$   
 $= \frac{18}{9}$        $= \frac{18}{15}$   
 $= 2 \text{ A}$        $= 1,2 \text{ A}$

c.  $V = V_1 = V_2 = V_3 = 18 \text{ V}$

d.  $I = I_1 + I_2 + I_3$   
 $= 0,4 + 2 + 1,2 = 3,6 \text{ A}$



## Rangkuman

- Arus listrik terjadi karena adanya perpindahan elektron dari dua tempat yang potensialnya berbeda.
- Arah arus listrik dari tempat berpotensi tinggi ke tempat berpotensi lebih rendah. Arah arus listrik berkebalikan dengan arah aliran elektron.
- Besar arus listrik yang timbul karena perpindahan elektron dapat ditulis dalam rumus  $I = \frac{Q}{t}$ .
- Beda potensial listrik adalah banyaknya energi listrik yang diperlukan untuk mengalirkan setiap muatan listrik. Beda potensial listrik dirumuskan  $V = \frac{W}{Q}$ .
- Menurut Hukum Ohm, kuat arus yang melalui penghantar sebanding dengan beda potensial pada kedua ujung penghantar itu.
- Perbandingan antara beda potensial dan kuat arusnya merupakan nilai yang tetap dan disebut resistansi (hambatan). Hukum Ohm dirumuskan  $R = \frac{V}{I}$ .

7. Besar kecilnya hambatan listrik kawat penghantar dipengaruhi oleh panjang kawat penghantar ( $l$ ), luas penampang ( $A$ ), dan hambatan jenis kawat ( $\rho$ ). Besar hambatan listrik dirumuskan  $R = \rho \frac{l}{A}$
8. Konduktor adalah bahan yang mudah menghantarkan arus listrik. Contohnya tembaga dan aluminium.
9. Isolator adalah bahan yang sangat sulit menghantarkan arus listrik. Contohnya karet, plastik, dan busa.
10. Menurut hukum I Kirchoff, “jumlah arus yang masuk titik percabangan sama dengan jumlah arus yang keluar dari percabangan itu”. Hukum I Kirchoff dirumuskan:

$$I_{\text{masuk}} = I_{\text{keluar}}$$

11. Rangkaian hambatan seri adalah hambatan-hambatan yang disusun secara berurutan sehingga membentuk satu jalur arus listrik.
12. Pada rangkaian hambatan seri berlaku rumus:
  - $R_s = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$
  - $V_s = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$

Fungsi rangkaian hambatan seri adalah sebagai pembagi tegangan.

13. Rangkaian hambatan paralel adalah hambatan-hambatan yang disusun secara berdampingan satu sama lainnya, sehingga membentuk lebih dari satu jalur arus listrik.
14. Pada rangkaian hambatan paralel berlaku rumus:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

$$V_p = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n$$

Fungsi rangkaian hambatan paralel adalah sebagai pembagi arus listrik.



## Glosarium

- listrik dinamis* : muatan listrik yang bergerak.
- kuat arus listrik*: kecepatan aliran muatan listrik.
- ohm* : satuan hambatan listrik.
- ohmmeter* : alat untuk mengukur hambatan.
- konduktor* : bahan yang mudah menghantarkan arus listrik.
- isolator* : bahan yang sulit menghantarkan arus listrik.
- semikonduktor* : bahan yang daya hantar listriknya di antara konduktor dan isolator.



## Refleksi

Apabila kamu sudah membaca isi bab ini dengan baik, seharusnya kamu sudah dapat mengerti tentang hal-hal berikut.

1. Terjadinya arus listrik.
2. Penerapan Hukum Ohm dan Hukum I Kirchoff dalam rangkaian tertutup.
3. Rangkaian seri.
4. Rangkaian paralel.

Apabila masih ada materi yang belum kamu pahami, tanyakan pada gurumu. Setelah paham, maka pelajarilah bab selanjutnya.

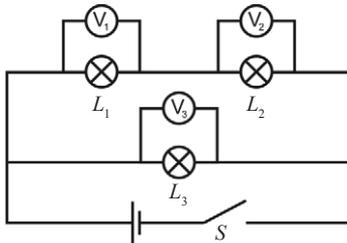


## Uji Kompetensi

### Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu

#### A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

1. Tiga lampu sejenis dirangkai seperti gambar berikut.



Jika sakelar ditutup, pernyataan berikut yang *tidak* tepat adalah ....

- a. voltmeter  $V_3$  menunjukkan lebih besar daripada  $V_1$
  - b. lampu  $L_3$  menyala lebih terang daripada lampu  $L_1$  dan  $L_2$
  - c. lampu  $L_1$  dan  $L_2$  tetap menyala, walaupun lampu  $L_3$  padam
  - d. kuat arus yang mengalir pada lampu  $L_1$  sama dengan lampu  $L_3$
2. Pernyataan berikut yang *tidak* tepat adalah ....
    - a. kuat arus listrik berbanding terbalik dengan waktu
    - b. muatan listrik berbanding terbalik dengan waktu
    - c. kuat arus listrik berbanding lurus dengan muatan
    - d. muatan listrik berbanding lurus dengan kuat arus dan waktu
  3. Muatan listrik 4.500 C mengalir melalui penghantar selama 15 menit. Kuat arus listrik yang melalui penghantar adalah ....
    - a. 0,3 A
    - b. 2 A
    - c. 3 A
    - d. 5 A
  4. Arus listrik 500 mA mengalir selama 5 menit, maka muatan listrik yang mengalir adalah ....
    - a. 500 C
    - b. 100 C
    - c. 150 C
    - d. 2.500 C
  5. Pada sebuah penghantar mengalir arus listrik 250 mA. Jika muatan yang mengalir 5.000 C membutuhkan waktu selama ....
    - a. 20 s
    - b. 4.750 s
    - c. 5.250 s
    - d. 20.000 s

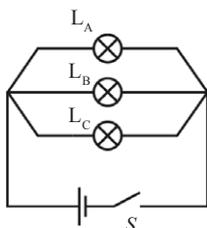
6. Perhatikan tabel berikut.

Jenis penghantar	Hambatan jenis (ohm.m)
Logam A	$1,72 \times 10^{-8}$
Logam B	$2,82 \times 10^{-8}$
Logam C	$9,8 \times 10^{-8}$
Logam D	$44 \times 10^{-8}$

Jenis kawat yang paling baik untuk menghantar arus listrik adalah logam ....

- A
- B
- C
- D

7.



Jika S ditutup, kejadian yang benar pada rangkaian di atas adalah ....

- lampu A menyala paling terang, lampu B dan lampu C redup
- lampu B menyala paling terang, lampu A dan lampu C redup
- lampu A, lampu B, dan lampu C menyala berbeda-beda
- lampu A, lampu B, dan lampu C menyala sama terang

8. Perhatikan tabel berikut.

No.	Tegangan ( $V$ ) volt	Hambatan ( $R$ ) ohm
1	4	50
2	6	10
3	12	18
4	24	80

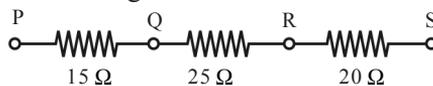
Berdasarkan tabel di atas yang menghasilkan kuat arus paling besar adalah ....

- 1
- 2
- 3
- 4

9. Seorang siswa memiliki hambatan dua buah sebesar  $180 \Omega$ , dua buah hambatan  $60 \Omega$  dan tiga buah  $90 \Omega$ . Untuk mengganti hambatan yang terbakar  $30 \Omega$ , maka yang dilakukan siswa berikut benar, *kecuali* ....

- menyusun paralel hambatan  $180 \Omega$ ,  $60 \Omega$  dan  $90 \Omega$  masing-masing dua buah.
- menyusun paralel hambatan  $180 \Omega$  dan  $90 \Omega$  masing-masing dua buah
- menyusun paralel dua buah hambatan  $60 \Omega$
- menyusun paralel tiga buah hambatan  $90 \Omega$

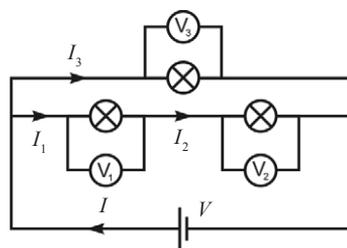
10. Perhatikan gambar berikut.



Jika  $V_{PS} = 24$  volt maka pernyataan berikut benar, *kecuali* ....

- $I = 0,4$  A dan  $V_{PQ} = 6$  V
- $V_{QR} = 10$  V dan  $V_{PQ} = 6$  V
- $I = 0,4$  A dan  $V_{RS} = 8$  V
- $V_{PQ} = 10$  V dan  $V_{RS} = 6$  V

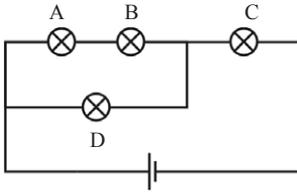
11. Tiga lampu identik dirangkai sebagai berikut.



Persamaan berikut yang benar adalah ....

Beda potensial	Kuat arus
a. $V = V_1 + V_2 + V_3$	$I = I_1 + I_2 + I_3$
b. $V = V_1 + V_2$	$I = I_1 + I_3$
c. $V = V_1 + V_3$	$I = I_1 + I_2$
d. $V = V_3$	$I = I_3$

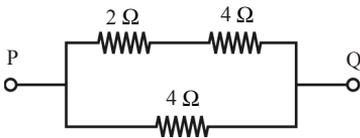
12. Perhatikan gambar berikut.



Empat lampu serupa dirangkai dengan baterai 6 volt. Lampu yang menyala paling terang adalah ....

- a. A                                      c. C  
b. B                                      d. D

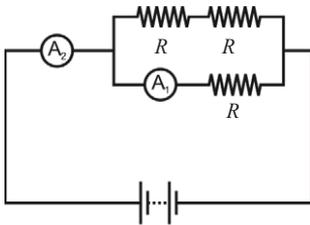
13. Tiga hambatan disusun seperti gambar berikut.



Jika beda potensial antara ujung-ujung PQ 6 volt, kuat arus yang mengalir melalui penghantar PQ adalah ....

- a. 0,5 A                                      c. 1,5 A  
b. 1,0 A                                      d. 2,5 A

14. Dua amperemeter  $A_1$  dan  $A_2$  untuk mengukur kuat arus seperti rangkaian berikut.



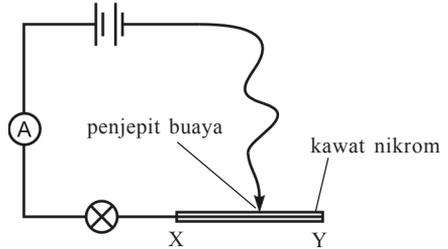
Jika amperemeter  $A_1$  menunjukkan kuat arus 0,8 A, amperemeter  $A_2$  menunjukkan ....

- a. 0,4 A                                      c. 1,2 A  
b. 0,8 A                                      d. 2,4 A

15. Suatu penghantar mempunyai hambatan  $R$ . Jika penghantar itu dipotong menjadi dua bagian yang sama dan keduanya disatukan secara paralel, hambatannya menjadi ....

- a.  $\frac{1}{4} R$                                       c.  $R$   
b.  $\frac{1}{2} R$                                       d.  $2R$

16. Berdasarkan gambar, apabila penjepit buaya digeser ke ujung Y, akan terjadi ....

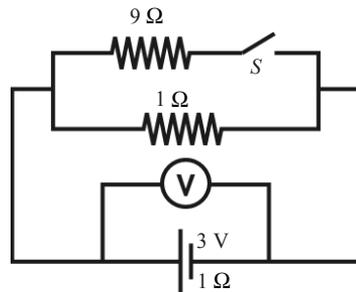


- a. kawat nikrom membara  
b. amperemeter menyimpang besar  
c. terjadi hubungan singkat  
d. lampu makin redup

17. Apabila sebuah lampu disusun seri terbakar, maka lampu-lampu lain dalam rangkaian listrik akan ....

- a. semua lampu akan turut terbakar  
b. semua lampu akan padam  
c. semua lampu akan tetap menyala  
d. semua lampu menyala lebih terang

18. Baterai yang GGL-nya 3 volt dan hambatan dalamnya 1 ohm dihubungkan dengan dua hambatan dan sakelar  $S$ . Perhatikan gambar berikut.

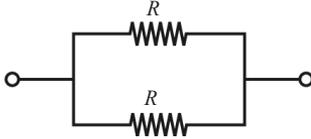


Jika sakelar  $S$  ditutup maka yang terjadi pada pembacaan voltmeter adalah ....

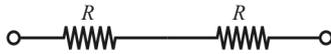
- a. bertambah                                      c. tidak berubah  
b. berkurang                                      d. tidak bergerak

19. Perbandingan antara hambatan pengganti dari gambar I dan II adalah ....

I.

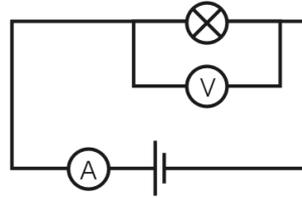


II.



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

20.

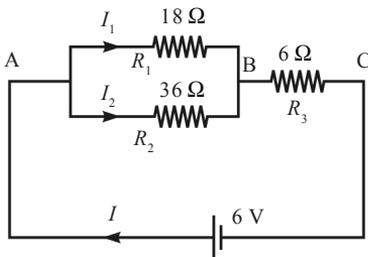


Jika amperemeter menunjukkan kuat arus 0,25 A dan voltmeter menunjukkan tegangan 6 volt, hambatan lampu adalah ....

- a. 0,5  $\Omega$                       c. 12  $\Omega$   
b. 1,5  $\Omega$                       d. 24  $\Omega$

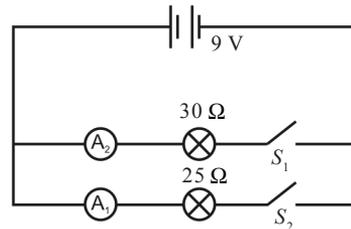
**B. Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas.**

- Jelaskan perbedaan antara arus listrik dan beda potensial listrik.
- Perhatikan gambar berikut.
- Ada 20 hambatan besarnya sama, yaitu 300 ohm. Berapakah hambatan penggantinya, apabila:
  - disusun seri,
  - disusun paralel?
- Kawat penghantar panjangnya 2 km dan hambatan jenisnya  $2,8 \times 10^{-8}$  ohm.m. Jika luas penampang kawat 5,6 mm<sup>2</sup>, berapakah hambatan kawat itu?
- Dua buah lampu hambatannya 30 ohm dan 15 ohm dirangkai dengan sumber tegangan 9 volt, seperti gambar berikut.



Hitunglah:

- hambatan pengganti,
- kuat arus yang mengalir,
- kuat arus pada  $R_1$  dan  $R_2$ ,
- tegangan pada ujung-ujung BC, dan
- tegangan pada ujung-ujung AB.



Berapakah kuat arus yang ditunjukkan amperemeter:

- $A_2$  apabila sakelar  $S_1$  ditutup dan  $S_2$  di buka,
- $A_1$  apabila sakelar  $S_1$  dibuka dan  $S_2$  di tutup,
- $A_1$  dan  $A_2$  apabila semua sakelar ditutup.

## Bab 9

# SUMBER ARUS LISTRIK



Sumber: CD Clip Art

*Untuk dapat bergerak, mobil mainan memerlukan tenaga penggerak. Tenaga itu berasal dari baterai yang ada di dalamnya. Pada baterai tersebut terjadi perubahan energi kimia menjadi energi listrik. Baterai, sebagai tempat pengubah suatu energi menjadi energi listrik, dikenal sebagai sumber arus listrik.*

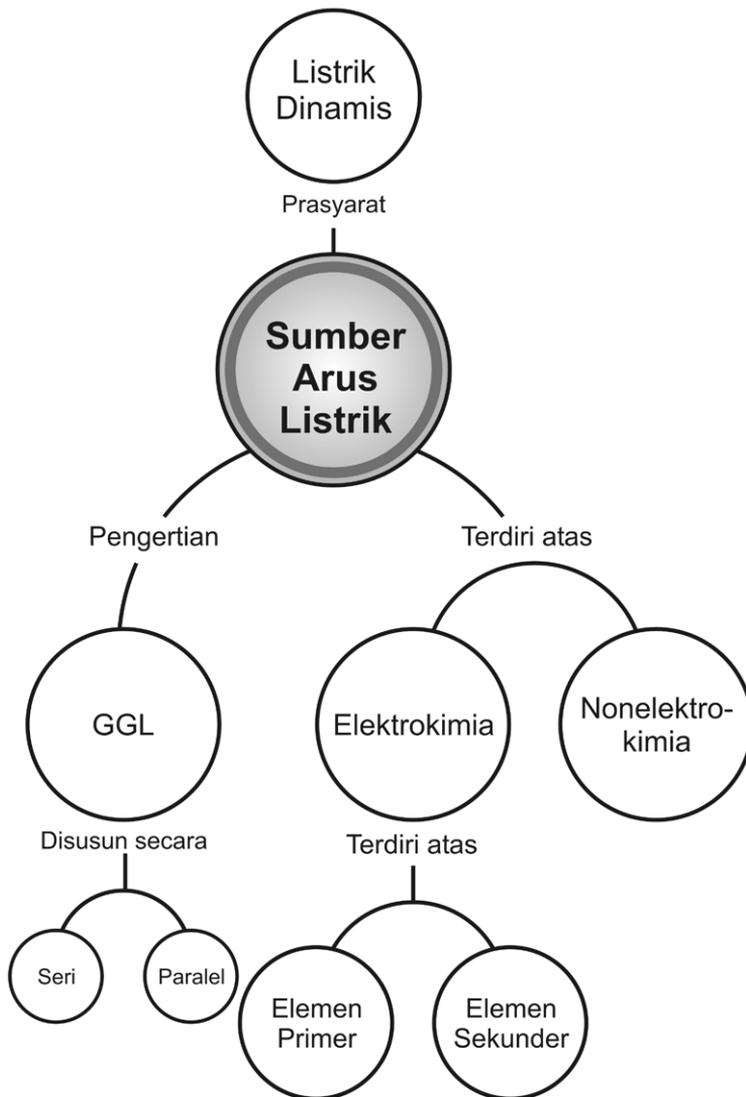
*Fenomena perubahan suatu jenis energi menjadi energi listrik itu akan kamu pelajari pada bab ini. Pada bab ini kamu akan mempelajari pengertian gaya gerak listrik dan sumber arus listrik, dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.*

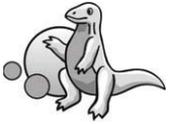
### ❖ Pretest ❖

1. Kapankah terjadinya arus listrik?
2. Sebutkan sumber arus listrik DC yang sering kamu temukan dalam kehidupan sehari-hari.
3. Alat ukur apakah yang diperlukan untuk mengukur arus listrik?

### ❖ Kata-Kata Kunci ❖

- gaya gerak listrik
- hambatan dalam
- sumber arus listrik
- tegangan jepit





## A. GAYA GERAK LISTRIK

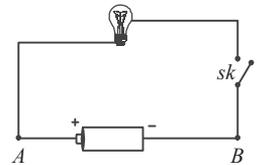
Pernahkah kamu memerhatikan tulisan 1,5 V pada baterai, atau 6 V dan 12 V pada akumulator? Besaran 1,5 V, 6 V atau 12 V yang tertulis pada badan baterai atau akumulator menunjukkan beda potensial listrik yang dimilikinya. Hal itu sering disebut gaya gerak listrik (GGL). Untuk membantumu memahami pengertian gaya gerak listrik, perhatikan Gambar 9.1 dan perhatikan pula penjelasannya.

Jika sakelar (sk) ditutup, elektron di kutub negatif baterai akan bergerak melalui penghantar menuju kutub positif. Selama dalam perjalanannya, elektron mendapat tambahan energi dari gaya tarik kutub positif. Namun, energi itu akan habis karena adanya tumbukan antarelektro; di dalam lampu tumbukan itu mengakibatkan filamen berpijar dan mengeluarkan cahaya. Sesampainya di kutub positif, elektron tetap cenderung bergerak menuju ke kutub negatif kembali. Namun, hal itu sulit jika tidak ada bantuan energi luar. Energi luar tersebut berupa energi kimia dari baterai. Energi yang diperlukan untuk memindah elektron di dalam sumber arus itulah yang disebut gaya gerak listrik (GGL).

Pada Gambar 9.1 tegangan terukur pada titik AB (misalnya menggunakan voltmeter) ketika sakelar terbuka merupakan GGL baterai. Adapun tegangan terukur ketika sakelar tertutup merupakan tegangan jepit. Nilai tegangan jepit selalu lebih kecil daripada gaya gerak listrik. Tahukah kamu mengapa demikian?

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:  
*menjelaskan konsep gaya gerak listrik (GGL) sumber arus listrik.*



▲ Gambar 9.1 Rangkaian terbuka



## Latihan

1. Apakah perbedaan antara GGL dengan tegangan jepit?
2. Buatlah skema rangkaian untuk mengukur tegangan pada setiap lampu yang terdiri atas: dua lampu, sakelar, dua voltmeter, dan dua buah baterai.

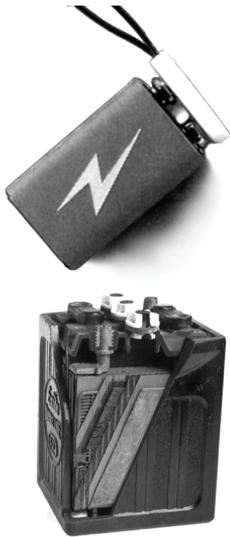


## B. SUMBER ARUS LISTRIK

Kamu sudah mengetahui bagaimana terjadinya arus listrik. Selain itu kamu juga sudah mengenal komponen yang dapat membantu gerakan elektron dalam suatu rangkaian. Suatu komponen yang berfungsi sebagai tempat untuk mengubah satu jenis energi, misalnya energi kimia dan energi gerak, menjadi energi listrik disebut sumber arus listrik. Contohnya baterai, akumulator, dan generator.

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:  
*menjelaskan susunan dan cara kerja elemen primer dan elemen sekunder*



▲ Gambar 9.2 Macam-macam sumber arus listrik searah

Sumber arus listrik dibedakan menjadi dua, yaitu sumber arus listrik bolak-balik (AC) dan sumber arus listrik searah (DC). Sumber arus listrik AC dihasilkan oleh dinamo arus AC dan generator. Ada beberapa macam sumber arus searah, misalnya sel volta, elemen kering (baterai), akumulator, solar sel, dan dinamo arus searah. Elemen volta, batu baterai, dan akumulator merupakan sumber arus searah yang dihasilkan oleh reaksi kimia. Oleh karena itu, elemen volta, batu baterai, dan akumulator sering disebut elektrokimia. Dikatakan elektrokimia sebab alat tersebut mengubah energi kimia menjadi energi listrik.

Elemen dibedakan menjadi dua, yaitu elemen primer dan elemen sekunder. Elemen primer adalah elemen yang setelah habis muatannya tidak dapat diisi kembali. Contohnya elemen volta dan batu baterai. Elemen sekunder adalah elemen yang setelah habis muatannya dapat diisi kembali. Contohnya akumulator (aki). Pada elemen volta, baterai, dan akumulator terdapat tiga bagian utama, yaitu

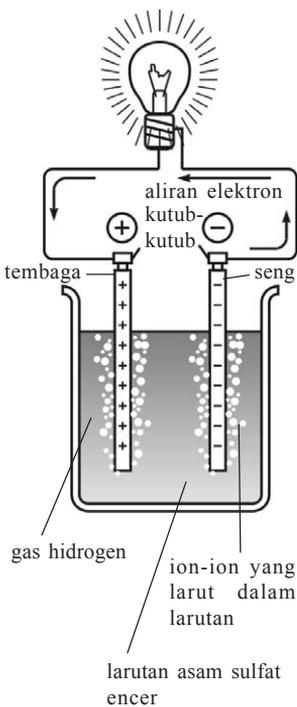
- anode, elektrode positif yang memiliki potensial tinggi,
- katode, elektrode negatif yang memiliki potensial rendah,
- larutan elektrolit, cairan yang dapat menghantarkan arus listrik.

Untuk lebih memahami prinsip kerja beberapa contoh elektrokimia, ikutilah uraian berikut.

### 1. Elemen Volta

Elemen Volta dikembangkan pertama kali oleh Fisikawan Italia bernama Allessandro Volta (1790-1800) dengan menggunakan sebuah bejana yang diisi larutan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dan dua logam tembaga (Cu) dan seng (Zn). Bagian utama elemen Volta, yaitu

- kutub positif (anode) terbuat dari tembaga (Cu),
- kutub negatif (katode) terbuat dari seng (Zn),
- larutan elektrolit terbuat dari asam sulfat ( $H_2SO_4$ ).



▲ Gambar 9.3 Elemen volta

Lempeng tembaga memiliki potensial tinggi, sedangkan lempeng seng memiliki potensial rendah. Jika kedua lempeng logam itu dihubungkan melalui lampu, lampu akan menyala. Hal ini membuktikan adanya arus listrik yang mengalir pada lampu. Ketika lampu menyala, larutan elektrolit akan bereaksi dengan logam tembaga maupun seng sehingga menghasilkan sejumlah elektron yang mengalir dari seng menuju tembaga. Adapun, reaksi kimia pada elemen Volta adalah sebagai berikut.

- Pada larutan elektrolit terjadi reaksi  

$$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+ + SO_4^{2-}$$
- Pada kutub positif terjadi reaksi  

$$Cu + 2H^+ \longrightarrow \text{polarisasi } H_2$$

- Pada kutub negatif terjadi reaksi



Reaksi kimia pada elemen Volta akan menghasilkan gelembung-gelembung gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ). Gas hidrogen tidak dapat bereaksi dengan tembaga, sehingga gas hidrogen hanya menempel dan menutupi lempeng tembaga yang bersifat isolator listrik. Hal ini menyebabkan terhalangnya aliran elektron dari seng menuju tembaga maupun arus listrik dari tembaga menuju seng. Peristiwa tertutupnya lempeng tembaga oleh gelembung-gelembung gas hidrogen disebut polarisasi. Adanya polarisasi gas hidrogen pada lempeng tembaga menyebabkan elemen Volta mampu mengalirkan arus listrik hanya sebentar. Tegangan yang dihasilkan setiap elemen Volta sekitar 1,1 volt. Penggunaan larutan elektrolit yang berupa cairan merupakan kelemahan elemen Volta karena dapat membasahi peralatan lainnya.

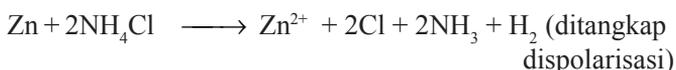
## 2. Elemen Kering

Elemen kering disebut juga baterai. Elemen kering pertama kali dibuat oleh Leclance. Bagian utama elemen kering adalah

- kutub positif (anode) terbuat dari batang karbon (C),
- kutub negatif (katode) terbuat dari seng (Zn),
- larutan elektrolit terbuat dari amonium klorida ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ),
- dispolarisator terbuat dari mangan dioksida ( $\text{MnO}_2$ ).

Baterai disebut elemen kering, karena elektrolitnya merupakan campuran antara serbuk karbon, batu kawi, dan salmiak yang berwujud pasta (kering). Batang karbon (batang arang) memiliki potensial tinggi, sedangkan lempeng seng memiliki potensial rendah. Jika kedua elektrode itu dihubungkan dengan lampu maka lampu akan menyala. Hal ini membuktikan adanya arus listrik yang mengalir pada lampu. Ketika lampu menyala, larutan elektrolit akan bereaksi dengan seng. Adapun, reaksi kimia pada batu baterai adalah sebagai berikut.

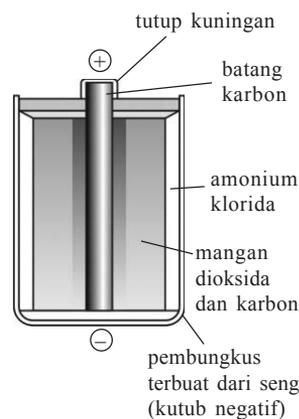
- Pada larutan elektrolit terjadi reaksi



- Pada dispolarisator terjadi reaksi



Reaksi kimia pada batu baterai akan menghasilkan gelembung-gelembung gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ). Gas hidrogen akan ditangkap dan bereaksi dengan dispolarisator yang berupa mangan dioksida ( $\text{MnO}_2$ ) menghasilkan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), sehingga pada batu baterai tidak terjadi polarisasi gas hidrogen yang mengganggu jalannya arus listrik. Bahan yang dapat menghilangkan polarisasi gas hidrogen



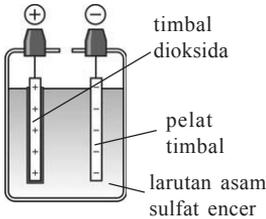
▲ Gambar 9.4 Susunan batu baterai

disebut dispolarisator. Adanya bahan dispolarisator pada batu baterai, menyebabkan arus listrik yang mengalir lebih lama. Setiap batu baterai menghasilkan tegangan 1,5 volt. Elemen kering (batu baterai) banyak dijual di toko karena memiliki keunggulan antara lain tahan lama (awet), praktis karena bentuk sesuai kebutuhan, dan tidak membasahi peralatan karena elektrolitnya berupa pasta (kering).

### 3. Akumulator

Akumulator sering disebut aki. Elektrode akumulator baik anode dan katode terbuat dari timbal (Cu) berpori. Bagian utama akumulator, yaitu

- kutup positif (anode) terbuat dari timbal dioksida ( $\text{PbO}_2$ ),
- kutub negatif (katode) terbuat dari timbal murni (Pb),
- larutan elektrolit terbuat dari asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dengan kepekatan 30%.



▲ Gambar 9.5 Susunan satu sel akumulator

Lempeng timbal dioksida dan timbal murni disusun saling bersisipan akan membentuk satu pasang sel akumulator yang saling berdekatan dan dipisahkan oleh bahan penyekat berupa isolator. Beda potensial yang dihasilkan setiap satu sel akumulator 2 volt. Dalam kehidupan sehari-hari, ada akumulator 12 volt yang digunakan untuk menghidupkan starter mobil atau untuk menghidupkan lampu sein depan dan belakang mobil. Akumulator 12 volt tersusun dari 6 pasang sel akumulator yang disusun seri. Kemampuan akumulator dalam mengalirkan arus listrik disebut kapasitas akumulator yang dinyatakan dengan satuan Ampere Hour (AH). Kapasitas akumulator 50 AH artinya akumulator mampu mengalirkan arus listrik 1 ampere yang dapat bertahan selama 50 jam tanpa pengisian kembali.

#### a. Proses Pengosongan Akumulator

Pada saat akumulator digunakan, terjadi perubahan energi kimia menjadi energi listrik dan terjadi perubahan anode, katode dan elektrolitnya. Pada anode terjadi perubahan yaitu timbal dioksida ( $\text{PbO}_2$ ) menjadi timbal sulfat ( $\text{PbSO}_4$ ). Perubahan yang terjadi pada katode adalah timbal murni (Pb) menjadi timbal sulfat ( $\text{PbSO}_4$ ). Adapun pada larutan elektrolit terjadi perubahan, yaitu asam sulfat pekat menjadi encer, karena pada pengosongan akumulator terbentuk air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Susunan akumulator adalah sebagai berikut.

- Kutub positif (anode) terbuat dari timbal dioksida ( $\text{PbO}_2$ ).
- Kutub negatif (katode) terbuat dari timbal murni (Pb).
- Larutan elektrolit terbuat dari asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dengan kepekatan 30%.

Ketika akumulator digunakan, terjadi reaksi antara larutan elektrolit dengan timbal dioksida dan timbal murni sehingga menghasilkan elektron dan air. Reaksi kimia pada akumulator yang dikosongkan adalah sebagai berikut.

- Pada elektrolit :  $\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$
- Pada anode:  $\text{PbO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
- Pada katode :  $\text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} \longrightarrow \text{PbSO}_4$

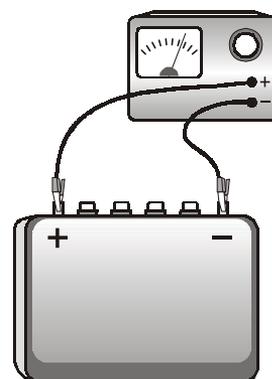
Pada saat akumulator digunakan, baik anode maupun katode perlahan-lahan akan berubah menjadi timbal sulfat ( $\text{PbSO}_4$ ). Jika hal itu terjadi, maka kedua kutubnya memiliki potensial sama dan arus listrik berhenti mengalir. Terbentuknya air pada reaksi kimia menyebabkan kepekatan asam sulfat berkurang, sehingga mengurangi massa jenisnya. Keadaan ini dikatakan akumulator kosong (habis).

### b. Proses Pengisian Akumulator

Akumulator termasuk elemen sekunder, sehingga setelah habis dapat diisi kembali. Pengisian akumulator sering disebut penyetruman akumulator. Pada saat penyetruman akumulator terjadi perubahan energi listrik menjadi energi kimia. Perubahan yang terjadi pada anode, yaitu timbal sulfat ( $\text{PbSO}_4$ ) berubah menjadi timbal dioksida ( $\text{PbO}_2$ ). Perubahan pada anode, yaitu timbal sulfat ( $\text{PbSO}_4$ ) berubah menjadi timbal murni ( $\text{Pb}$ ). Kepekatan asam sulfat akan berubah dari encer menjadi pekat, karena ketika akumulator disetrum terjadi penguapan air. Bagaimanakah cara menyetrum akumulator?

Untuk menyetrum akumulator diperlukan sumber tegangan DC lain yang memiliki beda potensial yang lebih besar. Misalnya akumulator 6 volt kosong harus disetrum dengan sumber arus yang tegangannya lebih dari 6 volt. Kutub-kutub akumulator dihubungkan dengan kutub sumber tegangan. Kutub positif sumber tegangan dihubungkan dengan kutub positif akumulator. Adapun, kutub negatif sumber tegangan dihubungkan dengan kutub negatif akumulator. Rangkaian ini menyebabkan aliran elektron sumber tegangan DC berlawanan dengan arah aliran elektron akumulator.

Elektron-elektron pada akumulator dipaksa kembali ke elektrode akumulator semula, sehingga dapat membalik reaksi kimia pada kedua elektrodanya. Agar hasil penyetruman akumulator lebih baik, maka arus yang digunakan untuk mengisi kecil dan waktu pengisian lama. Besarnya arus listrik diatur dengan reostat. Pada saat pengisian terjadi penguapan asam sulfat, sehingga menambah kepekatan asam sulfat dan permukaan asam sulfat turun. Oleh sebab itu, perlu ditambah air akumulator kembali.



▲ Gambar 9.6 Rangkaian proses pengisian akumulator.

Susunan akumulator yang akan diisi dalam keadaan masih kosong, yaitu

- kutub positif (anode) terbuat dari timbal dioksida ( $\text{PbSO}_4$ ),
- kutub negatif (katode) terbuat dari timbal murni ( $\text{PbSO}_4$ ),
- larutan elektrolit terbuat dari asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) encer.

Reaksi kimia saat akumulator diisi, yaitu

- pada elektrolit :  $\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$
- pada anode :  $\text{PbSO}_4 + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$
- pada katode:  $\text{PbSO}_4 + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{Pb} + \text{H}_2\text{SO}_4$

Jadi, saat penyetruman akumulator pada prinsipnya mengubah anode dan katode yang berupa timbal sulfat ( $\text{PbSO}_4$ ) menjadi timbal dioksida ( $\text{PbO}_2$ ) dan timbal murni (Pb).

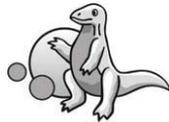


## Latihan

1. Apakah yang dimaksud sumber arus searah?
2. Apakah yang dimaksud kapasitas aki?
3. Apakah kelemahan elemen Volta?
4. Apakah perbedaan antara elemen primer dengan elemen sekunder?
5. Perubahan energi apakah yang terjadi pada saat aki
  - a. digunakan,
  - b. diisi.

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:  
*mengukur tegangan antara kutub-kutub sumber tegangan dan tegangan jepit (tegangan terpakai)*

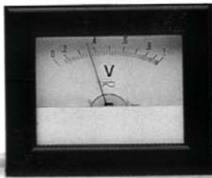


### C. PENGUKURAN TEGANGAN LISTRIK

Kamu sudah mengetahui bahwa alat ukur listrik yang cukup penting, selain amperemeter, adalah voltmeter. Amperemeter digunakan untuk mengetahui kuat arus listrik dalam suatu rangkaian tertutup. Adapun, voltmeter digunakan untuk mengukur beda potensial. Misalnya beda potensial antara kutub-kutub baterai atau beda potensial di dua titik suatu rangkaian listrik.

Dalam suatu rangkaian, penggunaan voltmeter secara paralel. Maksudnya, terminal positif voltmeter (berwarna merah) dihubungkan dengan kutub positif batu baterai. Adapun kutub negatif voltmeter dihubungkan dengan kutub negatif batu baterai.

Salah satu contoh penggunaan voltmeter yaitu pada pengukuran gaya gerak listrik dan tegangan jepit suatu rangkaian. Untuk lebih jelasnya, lakukan Kegiatan 9.1 secara berkelompok. Sebelumnya, bentuklah satu kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.



Sumber: *Jendela Iptek*, 2001

▲ Gambar 9.7 Voltmeter

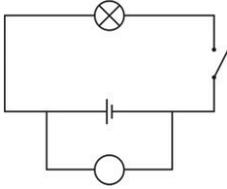


## Kegiatan 9.1

- Tujuan:**
1. Mengukur ggl elemen.
  2. Mengukur tegangan jepit.

**Alat dan Bahan:**

- Lampu 1,5 V
- Sakelar
- Baterai
- Voltmeter



**Cara Kerja:**

1. Rangkailah alat dan bahan yang tersedia seperti gambar.
2. Ukurlah tegangan baterai sebelum sakelar ditutup.
3. Tutuplah sakelar. Amatilah nyala lampu dan angka yang ditunjukkan skala voltmeter.
4. Pasangkan lagi sebuah lampu secara seri terhadap lampu pertama.
5. Tutuplah sakelar. Amatilah nyala kedua lampu dan angka yang ditunjukkan skala voltmeter.
6. Catatlah hasil pengamatan kelompokmu pada tabel di buku kerjamu.
7. Ulangilah cara kerja 1–5 dengan menambah baterai secara seri.

**Pertanyaan:**

1. Lebih besar manakah antara gaya gerak listrik baterai dengan tegangan jepitnya?
2. Bagaimanakah besar tegangan jepit untuk menyalakan lampu yang berbeda?
3. Nyatakan kesimpulan kelompokmu di buku kerjamu.

Perbedaan antara besarnya GGL dengan tegangan jepit menimbulkan adanya kerugian tegangan. Baterai atau sumber arus listrik lainnya memiliki hambatan dalam. Dalam suatu rangkaian, hambatan dalam ( $r$ ) selalu tersusun seri dengan hambatan luar ( $R$ ). Perhatikan Gambar 9.8.

Berdasarkan gambar, rumus Hukum Ohm dapat ditulis sebagai berikut.

$$V = IR$$

$$E = I(R + r)$$

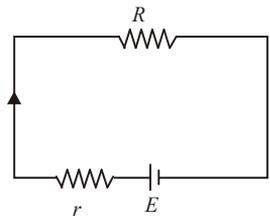
Untuk beberapa elemen yang dipasang secara seri berlaku

$$E_{total} = E_1 + E_2 + \dots + E_n = nE$$

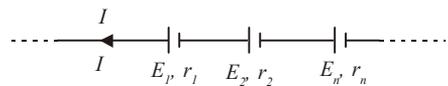
$$r_{total} = r_1 + r_2 + \dots + r_n = nr$$

Sehingga

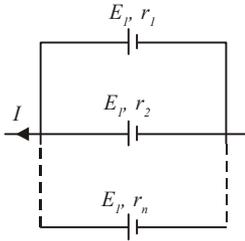
$$I = \frac{nE}{R + nr}$$



▲ Gambar 9.8 Hambatan dalam



▲ Gambar 9.9 Rangkaian elemen secara seri



▲ Gambar 9.10 Rangkaian elemen secara paralel

Untuk beberapa elemen yang dipasang secara paralel berlaku

$$E_{total} = E_1 = E_2 = E_n = E$$

$$\frac{1}{r_{total}} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n}$$

$$r_{total} = \frac{r}{n}$$

Sehingga

$$I = \frac{E}{R + \frac{r}{n}}$$

Keberadaan hambatan dalam itu adalah yang menyebabkan menyebabkan kerugian tegangan. Kerugian tegangan dilambangkan dengan  $U$  satuannya volt. Hubungan antara GGL, tegangan jepit, dan kerugian tegangan dirumuskan.

$$E = V + U \quad \text{dengan: } E = \text{gaya gerak listrik satuannya volt (V)}$$

$$V = \text{tegangan jepit satuannya volt (V)}$$

$$U = \text{kerugian tegangan satuannya volt (V)}$$



## Contoh

1. Dua baterai masing 1,5 V dengan hambatan dalam 0,5  $\Omega$  dihubungkan ke hambatan 14  $\Omega$ . Berapakah tegangan jepitnya jika kedua baterai dipasang seri?

### Penyelesaian:

$$\text{Diketahui: } E = 1,5 \text{ V} \quad n = 2$$

$$r = 0,5 \text{ } \Omega \quad R = 14 \text{ } \Omega$$

Ditanyakan:  $V = \dots ?$

$$\begin{aligned} \text{Jawab: } I &= \frac{nE}{R + nr} \\ &= \frac{2 \times 1,5}{14 + 2 \cdot 0,5} \\ &= \frac{3}{15} = 0,2 \text{ A} \end{aligned}$$

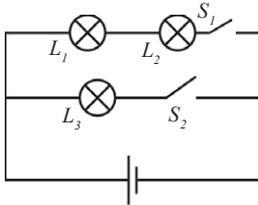
Sehingga besar tegangan jepitnya

$$\begin{aligned} V &= I \cdot R \\ &= 0,2 \text{ A} \times 14 \Omega = 2,8 \text{ volt} \end{aligned}$$

Jadi kerugian tegangan atau tegangan yang hilang adalah

$$\begin{aligned} E &= V + U \\ V &= E - U \\ &= 3 \text{ volt} - 2,8 \text{ volt} = 0,2 \text{ volt} \end{aligned}$$

2. Tiga buah lampu identik dirangkai seperti gambar berikut.



Sakelar manakah yang harus ditutup agar tegangan jepit lebih besar? Mengapa?

### Penyelesaian:

Diketahui:  $L_1 = L_2 = L_3$

Ditanyakan:  $V = \dots ?$

Jawab:

- Jika  $S_1$  ditutup dan  $S_2$  dibuka tegangan jepitnya

$$V_{S_1} = V_{L_1} + V_{L_2}$$

- Jika  $S_2$  ditutup dan  $S_1$  dibuka tegangan jepitnya  $V_{S_2} = V_{L_3}$

Karena lampu sama, maka  $V_1 = V_2 = V_3$ , akibatnya

$V_{S_1} > V_{S_2}$  artinya tegangan jepit pada sakelar 1 ( $S_1$ ) akan menghasilkan tegangan yang lebih besar daripada sakelar  $S_2$  yang ditutup.



## Rangkuman

1. Sumber arus listrik adalah alat yang berfungsi sebagai tempat pengubah suatu energi menjadi energi listrik. Sumber arus listrik searah contohnya elemen Volta, batu baterai, akumulator, dan sel surya.
2. Elemen dibedakan menjadi dua, yaitu elemen primer dan elemen sekunder. Elemen primer adalah elemen yang jika beda potensialnya sama dengan nol (habis) tidak dapat diisi kembali. Misalnya, elemen kering (batu baterai) dan elemen Volta. Elemen sekunder adalah elemen yang dapat diisi kembali jika beda potensialnya sama dengan nol, misalnya aki.
3. Elemen kering, yaitu elemen Volta dan aki yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik.
4. Amperemeter yang digunakan untuk mengukur kuat arus listrik dipasang seri.
5. Gaya gerak listrik adalah beda potensial antara kutub-kutub sumber tegangan sebelum mengalirkan arus listrik.
6. Tegangan jepit adalah beda potensial antara kutub-kutub sumber tegangan pada saat mengalirkan arus listrik.
7. Kerugian tegangan adalah besarnya tegangan yang hilang akibat adanya hambatan dalam.
8. Untuk beberapa elemen yang dipasang seri akan menghasilkan kuat arus sebesar

$$I = \frac{nE}{R + nr}$$

9. Untuk beberapa elemen yang dipasang paralel akan menghasilkan kuat arus sebesar

$$I = \frac{E}{R + \frac{r}{n}}$$



## Refleksi

Apabila kamu sudah membaca isi bab ini dengan baik, seharusnya kamu sudah dapat mengerti tentang hal-hal berikut.

1. Gaya gerak listrik.
2. Sumber arus listrik.
3. Tegangan jepit.

Apabila masih ada materi yang belum kamu pahami, tanyakan pada gurumu. Setelah paham, maka pelajailah bab selanjutnya.



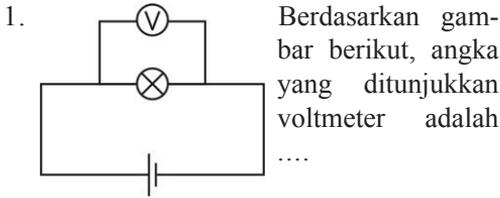
## Glosarium

<i>aki</i>	:	elemen yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi kimia atau sebaliknya.
<i>amperemeter</i>	:	alat untuk mengukur kuat arus listrik.
<i>anode</i>	:	elektrode yang bermuatan positif.
<i>dispolarisator</i>	:	bahan yang dapat menghilangkan polarisasi.
<i>elektrode</i>	:	kutub sumber tegangan yang memiliki beda potensial.
<i>elektrokimia</i>	:	sumber arus listrik yang dihasilkan oleh reaksi kimia.
<i>elemen kering</i>	:	elemen yang menggunakan larutan elektrolitnya berupa pasta (kering).
<i>hambatan dalam</i>	:	hambatan yang terdapat di dalam suatu sumber arus yang bersifat menghambat gerak elektron di antara kutub-kutub.
<i>katode</i>	:	elektrode yang bermuatan negatif.
<i>polarisasi</i>	:	peristiwa tertutupnya lempeng tembaga oleh pada elektrokimia gelembung-gelembung gas hidrogen.
<i>voltmeter</i>	:	alat untuk mengukur besar beda potensial atau tegangan listrik.



Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu

A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.



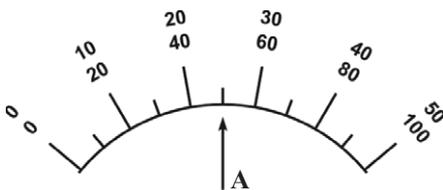
- a. tegangan jepit
- b. tegangan maksimum
- c. tegangan sumber
- d. tegangan minimum

2. Sebuah sumber tegangan beda potensialnya 24 volt artinya ....
- a. sumber tegangan mengeluarkan energi 24 joule untuk mengalirkan arus listrik 2 ampere
  - b. sumber tegangan mengeluarkan energi 48 joule untuk memindahkan muatan 2 coulomb
  - c. sumber tegangan mengeluarkan energi listrik 48 joule selama 2 detik
  - d. sumber tegangan berfungsi dengan baik pada tegangan 24 volt untuk mengalirkan muatan listrik 1 coulomb

3. Data alat:
- 1. akumulator
  - 2. generator
  - 3. elemen kering
  - 4. dinamo
- Alat di atas yang dapat menimbulkan beda potensial DC adalah ...

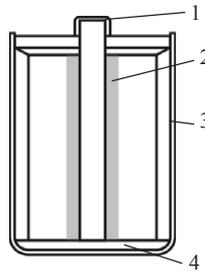
- a. 1, 2 dan 3
- b. 1 dan 3
- c. 2 dan 4
- d. 4

4. Perhatikan gambar berikut.



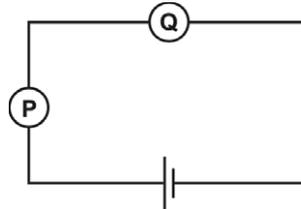
- Jika batas ukur amperemeter 1 A, besar kuat arus yang terukur adalah ....
- a. 5 A
  - b. 10 A
  - c. 15 A
  - d. 40 A

5. Bagian baterai yang ditunjukkan nomor 2 dan 3 adalah ....



- a. karbon dan seng
- b. amonium klorida dan batang arang
- c. mangan dioksida dan karbon
- d. mangan dioksida dan amonium klorida

6. Jika rangkaian berikut untuk mengukur kuat arus pada lampu maka ....



- a. P adalah sakelar dan Q adalah lampu
- b. P adalah amperemeter dan Q adalah lampu
- c. P adalah voltmeter dan Q adalah sakelar
- d. P adalah amperemeter dan Q adalah voltmeter

7. Kuat arus 3 A artinya ....
- a. muatan listrik 300 C mengalir selama 100 menit
  - b. muatan listrik 1.800 C mengalir selama 10 menit
  - c. muatan listrik 3 C mengalir selama 6 menit
  - d. muatan listrik 9 C mengalir selama 3 menit

8. Tiga puluh batu baterai, masing-masing 1,5 V, disusun paralel akan menghasilkan GGL total sebesar ....
- 1,5 volt
  - 3,0 volt
  - 10 volt
  - 15 volt

9. Perhatikan tabel berikut.

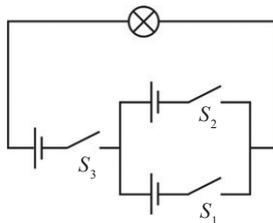
Sumber tegangan	Kuat arus	Nyala lampu
3 V	0,24 A	Redup
4 V	0,32 A	Agak terang
6 V	0,48 A	Terang
12 V	0,72 A	Terang sekali

Berikut ini yang bukan kesimpulan dari tabel di atas adalah ....

- nyala lampu tidak tergantung oleh tegangan dan kuat arus
- nyala lampu tergantung tegangan dan kuat arus

- nyala lampu makin terang, jika tegangan makin besar
- kuat arus makin besar, nyala lampu makin terang

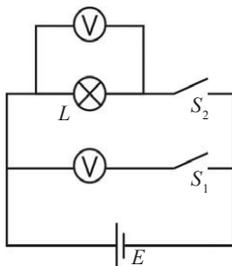
10. Lampu akan menyala paling terang bila sakelar ....



- $S_1$  dan  $S_2$  ditutup,  $S_3$  terbuka
- $S_1$ ,  $S_2$ , dan  $S_3$  tertutup
- $S_1$  dan  $S_2$  terbuka,  $S_3$  tertutup
- $S_1$  dan  $S_3$  tertutup,  $S_2$  terbuka

## B. Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas.

1. Perhatikan gambar berikut.



- Jika sakelar  $S_1$  ditutup dan  $S_2$  terbuka voltmeter menunjukkan 6 V, apakah yang terukur pada voltmeter?
- Jika sakelar  $S_1$  dibuka dan  $S_2$  ditutup menunjukkan 5,6 V, apakah yang terukur pada voltmeter?
- Berapakah kerugian tegangan bila sakelar  $S_1$  dibuka dan  $S_2$  ditutup?

- Apakah yang dimaksud gaya gerak listrik (GGL)?
- Bagaimanakah prinsip kerja elemen listrik (primer dan sekunder)?
- Apa perbedaan proses pengosongan (pemakaian) akumulator dengan pengisian-pengisian?
- Empat buah baterai masing-masing 1,5V dan hambatan dalamnya  $0,5 \Omega$ . Berapakah kerugian tegangannya jika baterai-baterai itu dipasang secara paralel ke hambatan 1 ohm?

## Bab 10

# ENERGI DAN DAYA LISTRIK



Sumber: *Ensiklopedi Iptek*, 2004

*Listrik merupakan sesuatu yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari. Hampir semua peralatan rumah tangga saat ini menggunakan energi listrik. Energi listrik diperoleh dari hasil perubahan berbagai bentuk energi lain.*

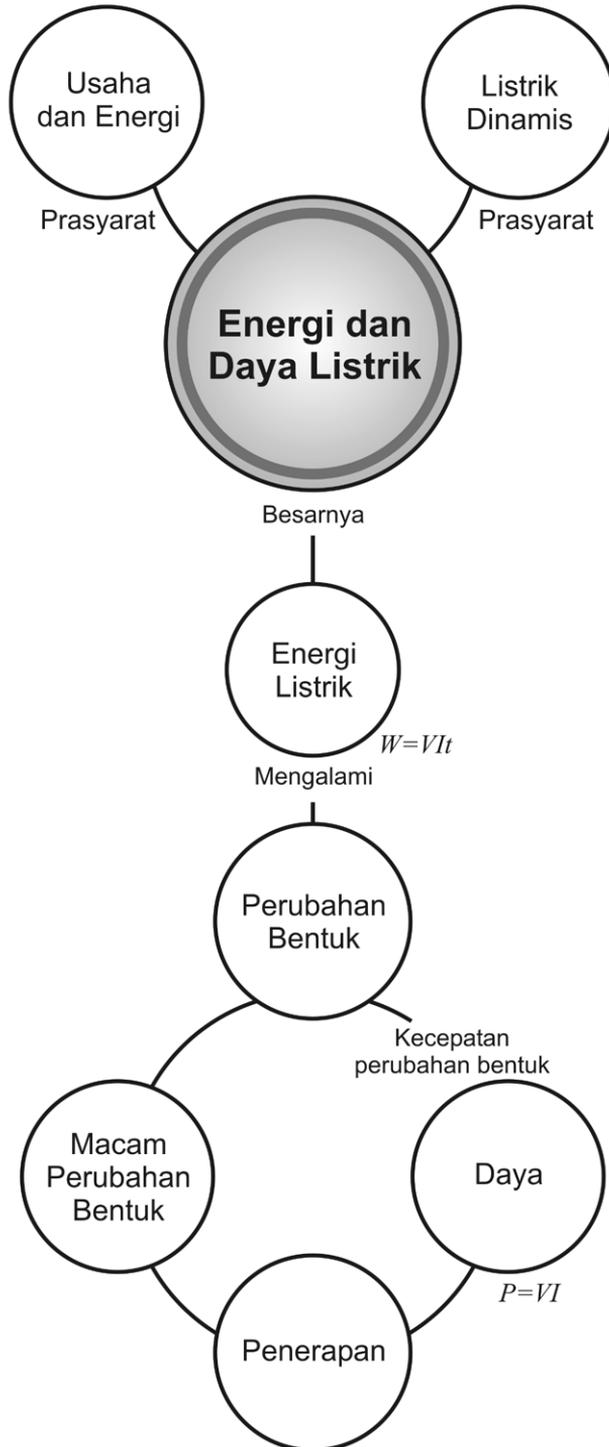
*Fenomena energi listrik dan pemanfaatannya akan kamu pelajari pada bab ini. Pada bab ini kamu akan mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan energi dan daya listrik serta pemanfaatannya dalam kehidupan sehari-hari.*

### ❖ Pretest ❖

1. Perubahan energi apakah yang terjadi pada televisi yang sedang ditonton?
2. Manakah yang lebih menguntungkan, menggunakan lampu pijar atau TL?
3. Sebutkan macam-macam tenaga yang digunakan untuk pembangkit listrik.

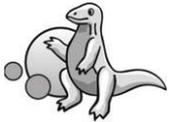
### ❖ Kata-Kata Kunci ❖

- daya listrik
- energi listrik
- kWh-meter



Pada saat proses pembelajaran kelas VIII, kamu sudah mempelajari energi dan daya yang berhubungan dengan gerak. Di kelas IX ini, kamu akan lebih memperdalam energi, khususnya yang berhubungan dengan listrik.

Energi yang dihasilkan bergantung sumber energinya. Jika energi berasal dari angin, energi yang dihasilkan disebut energi angin. Jika energi berasal dari panas bumi, energi yang dihasilkan disebut energi panas bumi. Coba kamu sebutkan beberapa contoh energi lain dan sumbernya.



## A. ENERGI LISTRIK

Energi listrik dapat berubah menjadi bentuk energi lain. Untuk mengubah energi listrik menjadi energi lain diperlukan alat listrik. Setrika merupakan alat listrik yang memiliki hambatan, jika digunakan memerlukan tegangan, arus listrik, dan waktu penggunaan. Hambatan, tegangan, kuat arus, dan waktu itulah yang memengaruhi besar energi listrik. Bagaimanakah merumuskan hubungan energi listrik dengan hambatan, tegangan, kuat arus, dan waktu?

Untuk menjawab pertanyaan di atas lakukan Kegiatan 10.1 secara berkelompok. Sebelumnya bentuklah satu kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:

*menjelaskan hubungan antara tegangan, kuat arus, dan energi listrik.*



## Kegiatan 10.1

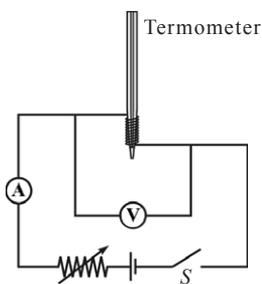
- Tujuan:**
1. Mengamati hubungan energi listrik dengan hambatan, tegangan, kuat arus, dan waktu
  2. Menunjukkan perubahan energi listrik menjadi energi bentuk lain (panas)

**Alat dan Bahan:**

- Baterai 6 buah
- Reostat
- Amperemeter
- Kawat nikelin
- Sakelar
- Termometer
- Voltmeter
- Stopwatch

**Cara Kerja:**

1. Lilitkan kawat nikelin pada badan termometer kemudian susunlah alat seperti gambar.
2. Pasang dua baterai dan catatlah suhu awal termometer ke dalam tabel.
3. Hidupkan sakelar bersamaan menghidupkan stopwatch dan catat kenaikan suhu setiap 5 menit.
4. Catat kuat arus dan tegangan yang terukur pada amperemeter dan voltmeter.
5. Matikan sakelar dan ulangi langkah 1 s.d 4 sesuai data dalam tabel pengamatan.



6. Catatlah hasil pengamatan kelompokmu pada sebuah tabel di buku kerjamu.

**Pertanyaan:**

1. Bagaimanakah pengaruh tegangan, kuat arus, jumlah lilitan dan waktu terhadap kenaikan suhu termometer?
2. Nyatakan kesimpulan kelompokmu dalam buku kerjamu.
3. Diskusikan hasilnya dengan kelompokmu. Kemudian bandingkan dengan hasil diskusi kelompok lain.

Jika kegiatan tersebut kamu lakukan dengan cermat, akan kamu peroleh hubungan antara tegangan, kuat arus, jumlah lilitan, dan waktu terhadap kenaikan suhu. Kenaikan suhu makin besar jika tegangan membesar, kuat arus membesar, dan waktu makin lama. Dengan demikian, besar energi listrik dapat ditulis dalam bentuk persamaan berikut.

$$W = V \times I \times t$$

- Dengan:  $W$  = besar energi listrik (joule)  
 $V$  = besar tegangan listrik (volt)  
 $I$  = besar kuat arus listrik (ampere)  
 $t$  = selang waktu (sekon)

Berdasarkan rumus di atas dapat dikatakan bahwa besar energi listrik bergantung oleh tegangan listrik, kuat arus listrik, dan waktu listrik mengalir. Energi listrik akan makin besar, jika tegangan dan kuat arus makin besar serta selang waktu makin lama.

Karena menurut Hukum Ohm  $V = IR$ , maka persamaan tersebut dapat diturunkan menjadi persamaan berikut.

$$W = I^2 R t = \frac{V^2}{R} t$$

Dapatkah kamu membuktikan kebenaran penurunan rumus di atas?

Satuan energi listrik dalam SI adalah joule (J). Adapun, satuan energi listrik yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah kWh (kilowatt hour atau kilowatt jam).

Dalam hal ini

$$\begin{aligned} 1 \text{ kWh} &= 1 \text{ kilo} \times 1 \text{ watt} \times 1 \text{ jam} \\ &= 1.000 \times 1 \text{ watt} \times 3.600 \text{ sekon} \\ &= 3.600.000 \text{ watt sekon} \\ &= 3,6 \times 10^6 \text{ joule} \end{aligned}$$

Selain itu dalam kehidupan sehari-hari, energi listrik sering dimanfaatkan sebagai pemanas (misalnya setrika, solder, atau heater).



## Contoh

1. Lampu yang dipasang di ruang tamu rumah Bapak Budi tegangannya 220 V mengalir arus listrik 2 A selama 5 menit. Tentukan besar energi listrik yang diperlukan lampu untuk menyala dengan baik.
2. Alat listrik hambatannya 600 ohm digunakan selama 20 menit. Jika energi listrik yang digunakan 7.200 joule, berapakah tegangan pada alat tersebut?
3. Sebuah setrika hambatannya 100 ohm digunakan selama 15 menit. Jika energi listrik yang ditimbulkan 22.500 J, tentukan kuat arus listrik yang mengalir pada setrika.

### Penyelesaian:

Diketahui:  $V = 220 \text{ V}$

$$I = 2 \text{ A}$$

$$t = 5 \text{ menit} = 300 \text{ s}$$

Ditanyakan:  $W = \dots ?$

Jawab: 
$$W = V \times I \times t$$

$$= 220 \times 2 \times 300$$

$$= 132.000 \text{ J} = 132 \text{ kJ}$$

### Penyelesaian:

Diketahui:  $R = 600 \ \Omega$

$$t = 20 \text{ menit} = 1.200 \text{ s}$$

$$W = 7.200 \text{ J}$$

Ditanyakan:  $V = \dots ?$

Jawab: 
$$V^2 = \frac{W \times R}{t}$$

$$V^2 = \frac{7.200 \times 600}{1.200}$$

$$V^2 = 3.600$$

$$V = \sqrt{3.600} = 60 \text{ V}$$

### Penyelesaian:

Diketahui:  $R = 100 \ \Omega$

$$t = 15 \text{ menit} = 900 \text{ s}$$

$$W = 22.500 \text{ J}$$

Ditanyakan:  $I = \dots ?$

Jawab: 
$$I^2 = \frac{W}{R \times t}$$

$$I^2 = \frac{22.500}{100 \times 900}$$

$$I^2 = 0,25$$

$$I = \sqrt{0,25} = 0,5 \text{ A}$$

4. Dua buah lampu disusun seri masing-masing mempunyai hambatan  $12 \Omega$  dan  $18 \Omega$  menyala selama 10 menit. Keduanya dipasang pada tegangan 6 volt.
- Tentukan besar energi listrik yang diperlukan pada masing-masing lampu.
  - Tentukan besar seluruh energi listrik yang diperlukan.

### Penyelesaian:

Diketahui:  $t = 10 \text{ menit} = 600 \text{ s}$

$$R_1 = 12 \Omega$$

$$R_2 = 18 \Omega$$

$$V = 6 \text{ V}$$

Ditanyakan a.  $W_1 = \dots ?$        $W_2 = \dots ?$

b.  $W_t = \dots ?$

Jawab:  $R_s = R_1 + R_2$   
 $= 12 + 18$   
 $= 30 \Omega$

$$I = \frac{V}{R_s}$$

$$= \frac{6}{30} = 0,2 \text{ A}$$

a.  $W_1 = P \times R_1 \times t$   
 $= 0,2^2 \times 12 \times 600$   
 $= 288 \text{ J}$

$W_2 = P \times R_2 \times t$   
 $= 0,2^2 \times 18 \times 600$   
 $= 432 \text{ J}$

b.  $W_t = P \times R_s \times t$   
 $= 0,2^2 \times 30 \times 600$   
 $= 720 \text{ J}$

atau  $W_t = \frac{V^2}{R_s} \times t$   
 $= \frac{6^2}{30} \times 600$   
 $= 720 \text{ J}$



### Latihan

- Solder dihubungkan dengan tegangan listrik 220 V, sehingga mengalir arus listrik pada elemen pemanas 2 A. Berapakah energi listrik yang digunakan solder apabila dipakai selama:
  - 10 detik,
  - 5 menit,
  - 1 jam.
- Tiga buah lampu disusun kombinasi menyala selama 5 menit seperti gambar berikut.
  - Tentukan besarnya energi listrik yang diperlukan pada masing-masing lampu.
  - Tentukan besar seluruh energi listrik yang diperlukan.
- Elemen pemanas dihubungkan dengan tegangan listrik 220 V mengalir arus listrik 3 A. Jika elemen tersebut dicelupkan ke dalam 2 kg air selama 5 menit dan kalor jenis air  $4.200 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ , berapakah kenaikan suhu air?



## B. DAYA LISTRIK

Masih ingatkah kamu konsep daya saat belajar di kelas VIII? Pengertian daya pada mekanika menjadi dasar penurunan daya pada listrik dinamik. Pada mekanika, yang dimaksud dengan daya adalah kecepatan melakukan usaha. Adapun, pada listrik dinamik, daya listrik adalah jumlah energi listrik yang digunakan tiap detik. Besar daya listrik dirumuskan sebagai berikut.

$$P = \frac{W}{t}$$

Karena  $W = VI t$ , maka persamaan daya listrik dapat ditulis sebagai berikut.

$$P = VI$$

Adapun, menurut Hukum Ohm  $V = IR$  sehingga persamaan daya juga dapat ditulis sebagai berikut.

$$P = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

dengan:  $P$  = daya listrik satuannya watt (W)  
 $V$  = tegangan listrik satuannya volt (V)  
 $I$  = kuat arus listrik satuannya ampere (A)  
 $R$  = hambatan listrik satuannya ohm ( $\Omega$ )

Cobalah kamu buktikan kebenaran penurunan rumus daya tersebut.

Satuan daya listrik dalam SI adalah watt (W). Untuk daya listrik yang besar menggunakan satuan kilowatt (kW) atau megawatt (MW), dimana

$$1 \text{ kW} = 1.000 \text{ watt} = 10^3 \text{ watt}$$

$$1 \text{ MW} = 1.000.000 \text{ watt} = 10^6 \text{ watt}$$



### Contoh

- Lampu dipasang pada tegangan 220 V mengalir arus listrik 500 mA. Tentukan besar daya pada lampu.

#### Penyelesaian:

Diketahui:  $V = 220$  volt

$$I = 500 \text{ mA} = 0,50 \text{ A}$$

Ditanyakan:  $P = \dots ?$

$$\begin{aligned} \text{Jawab: } P &= V \times I \\ &= 220 \times 0,5 \\ &= 110 \text{ watt} \end{aligned}$$

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:

- menjelaskan hubungan antara energi dan daya listrik;
- menerapkan konsep energi dan daya listrik dalam penggunaan energi listrik di rumah tangga berdasarkan angka yang tertera pada kWh-meter

### Untuk Diingat

- Daya merupakan kecepatan perubahan bentuk energi listrik ke bentuk energi lainnya.
- Pada umumnya daya listrik tercantum pada alat-alat listrik.

2. Pada alat listrik yang hambatannya 600 ohm mengalir arus listrik 250 mA. Berapakah daya alat itu?

### Penyelesaian:

Diketahui :  $R = 600 \Omega$

$$I = 250 \text{ mA} = 0,25 \text{ A}$$

Ditanya:  $P = \dots ?$

Jawab:  $P = I^2 \times R$

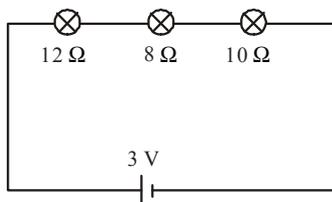
$$P = 0,25^2 \times 600$$

$$= 37,5 \text{ watt}$$



### Latihan

1. Gambar berikut adalah dua buah lampu yang dinyalakan pada tegangan 3 V. Tentukan daya pada masing-masing lampu.
2. Dua lampu A dan B dipasang seri. Jika daya lampu A sama dengan 6 kali daya lampu B, berapakah perbandingan hambatan antara lampu A dengan B?



3. Elemen pemanas dayanya 70 watt digunakan untuk memanaskan air selama 10 menit menyebabkan kenaikan suhu air 40°C. Jika kalor jenis air 4.200 J/kg°C, berapakah massa air?

### Diskusi

(Menumbuhkan Rasa Ingin Tahu)

*Bola lampu pijar yang filamennya putus akan menyala lebih terang jika filamen dapat tersambung kembali. Namun, sesaat setelah itu lampu padam. Mengapa demikian?*

#### 1. Daya Listrik pada Suatu Alat Listrik

Alat listrik yang dijual di toko biasanya sudah tercantum daya dan tegangan yang dibutuhkan alat itu. Misalnya, lampu bertuliskan 60 W/220 V, setrika bertuliskan 300W/220 V, dan pompa air bertuliskan 125 W/220 V.

Lampu bertuliskan 60 W/220 V artinya lampu akan menyala dengan baik, jika dipasang pada tegangan 220 volt dan selama 1 detik banyaknya energi listrik yang diubah menjadi energi cahaya 60 joule.

Jika lampu dipasang pada tegangan lebih besar dari 220 V maka lampu akan rusak. Sebaliknya, jika dipasang pada tegangan kurang dari 220 V, lampu menyala kurang terang.

Ada kalanya alat-alat listrik tidak mencantumkan daya listriknya, tetapi tertulis tegangan dan kuat arus. Misalnya, motor listrik bertuliskan 220 V- 0,5 A. Artinya motor akan bekerja dengan baik jika dipasang pada tegangan 220 volt dan akan mengalir arus listrik 0,5 ampere.

## 2. Penggunaan Satuan kWh (kilowatt jam)

Alat untuk mengukur energi listrik yang digunakan dalam rumah tangga disebut kWh-meter (meteran listrik). Alat itu terdiri atas sebuah motor yang kecepatannya bergantung daya alat listrik yang digunakan dan waktu penggunaan. Angka yang ditunjukkan merupakan integrasi besaran daya kali waktu atau energi listrik.



Sumber: Dok. Penerbit

▲ Gambar 10.1 Meteran listrik



### Contoh

1. Enam buah lampu masing-masing 60 watt menyala selama 2 jam. Berapa kWh-nya energi listrik yang diperlukan?

#### Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Diketahui: } P &= 6 \times 60 \text{ watt} \\ &= 360 \text{ W} \\ t &= 2 \text{ jam} \end{aligned}$$

Ditanyakan:  $W = \dots ?$

$$\begin{aligned} \text{Jawab: } W &= P \times t \\ &= 360 \times 2 \\ &= 720 \text{ Wh} \\ &= 0,72 \text{ kWh} \end{aligned}$$

2. Alat listrik bertuliskan 250 W/220 V menyala selama 10 jam. Berapa kWh energi listrik yang diperlukan?

#### Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Diketahui: } P &= 250 \text{ W} \\ V &= 220 \text{ V} \\ t &= 10 \text{ jam} \end{aligned}$$

Ditanyakan:  $W = ?$

$$\begin{aligned} \text{Jawab: } W &= P \times t \\ &= 250 \times 10 \\ &= 2.500 \text{ Wh} = 2,5 \text{ kWh} \end{aligned}$$

3. Sebuah lampu pijar bertuliskan 220 V/100 W. Tentukan daya lampu jika dipasang pada sumber tegangan 220 V dan 110 V.

#### Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Diketahui: } V &= 220 \text{ volt} \\ P &= 100 \text{ W} \end{aligned}$$

Ditanyakan:  $P_{220}$  dan  $P_{110} = \dots ?$

Jawab:

Sesuai spesifikasi lampu, jika dipasang pada tegangan 220 V daya lampu sebesar 100 W.

Adapun hambatan lampu sebesar

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{(220 \text{ V})^2}{100 \text{ W}} = 484 \ \Omega$$

Nilai hambatan tersebut tidak berubah meskipun lampu dipasang pada sumber tegangan yang berbeda. Jika lampu dipasang pada tegangan 110 V, dayanya menjadi:

$$P_{110} = \frac{V^2}{R} = \frac{(110 \text{ V})^2}{484 \Omega} = 25 \text{ watt}$$

Jadi lampu 100 watt jika dipasang pada tegangan 110 V dayanya turun menjadi 25 watt (lebih redup).

Pernahkah kamu membayar rekening listrik rumahmu ke PLN? Pada dasarnya pelanggan PLN menggunakan energi listrik setiap bulannya. Besar kecil penggunaan energi itulah yang digunakan sebagai dasar untuk membayar rekening listrik. Banyaknya energi listrik (dalam satuan kWh) yang digunakan dapat dibaca pada meteran listrik. Adapun, harga per kWh ditentukan oleh PLN.



## Contoh

Dalam rumah tangga tiap hari menggunakan:

- 2 buah lampu 60 W menyala 5 jam,
- 4 buah lampu 20 W menyala 5 jam,
- sebuah TV 150 W menyala 4 jam,
- sebuah setrika 300 W menyala 2 jam.

Seandainya harga tiap kWh Rp1.000,00, hitunglah rekening listrik yang harus dibayar selama satu bulan.

### Penyelesaian:

Diketahui:  $P_1 = 2 \times 60 = 120 \text{ W}$ ,  $t_1 = 5 \text{ jam}$   
 $P_2 = 4 \times 20 = 80 \text{ W}$ ,  $t_2 = 5 \text{ jam}$   
 $P_3 = 1 \times 150 = 150 \text{ W}$ ,  $t_3 = 4 \text{ jam}$   
 $P_4 = 1 \times 300 = 300 \text{ W}$ ,  $t_4 = 2 \text{ jam}$   
 Harga 1 kWh = Rp1.000,00

Ditanyakan: Rekening = ?

Jawab:  $W_1 = P_1 \times t_1 = 120 \times 5 = 600 \text{ Wh}$   
 $W_2 = P_2 \times t_2 = 80 \times 5 = 400 \text{ Wh}$   
 $W_3 = P_3 \times t_3 = 150 \times 4 = 600 \text{ Wh}$   
 $W_4 = P_4 \times t_4 = 300 \times 2 = 600 \text{ Wh}$   
 $W_{1\text{hari}} = 2.200 \text{ Wh} = 2,2 \text{ kWh}$   
 $W_{1\text{bulan}} = 30 \times W_{1\text{hari}}$   
 $= 30 \times 2,2 = 66 \text{ kWh}$   
 Rekening  $= W_{1\text{bulan}} \times \text{Harga kWh}$   
 $= 66 \times \text{Rp } 1.000,00 = \text{Rp } 66.000,00$



## Tugas Individu

Perhatikan kWh-meter yang ada di rumahmu. Selanjutnya hitunglah penggunaan energi listrik yang terpakai selama 1 bulan.

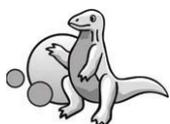


## Latihan

1. Apakah artinya TV bertuliskan 300 W/220 V?
2. Lampu bertuliskan 40 W/220 V, berapakah hambatan lampunya?
3. Lampu bertuliskan 120 W/220 V, dipasang pada tegangan 110 V. Berapakah daya lampu?
4. Sebuah rumah tangga setiap hari menggunakan alat-alat listrik sebagai berikut.
  - 4 buah lampu masing-masing 10 watt menyala 10 jam,
  - sebuah setrika 300 watt dipakai 1 jam,
  - sebuah TV 100 watt hidup selama 6 jam,
  - sebuah tape recorder 60 watt berbunyi selama 2 jam.

Jika harga per kWh Rp1.000,00 hitunglah:

- a. energi listrik yang digunakan selama 1 hari,
- b. energi listrik yang digunakan selama 1 minggu,
- c. energi listrik yang digunakan selama 1 bulan (30 hari),
- d. rekening listrik yang harus dibayar.



## C. PERUBAHAN ENERGI LISTRIK

Manusia menggunakan sumber-sumber energi yang disediakan alam sejak dulu. Dari sekian banyak bentuk energi yang kita ketahui, energi listrik merupakan salah satu bentuk energi yang paling mudah diubah ke dalam bentuk energi yang lain. Oleh karena itu, setiap ditemukan bentuk energi baru, orang cenderung mengubahnya menjadi berbentuk energi listrik sebelum dimanfaatkan.

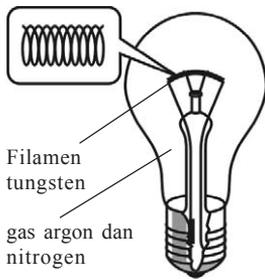
Satu bentuk energi dapat berubah ke bentuk energi yang lain. Untuk mengubah bentuk energi listrik diperlukan alat listrik. Energi listrik dapat diubah ke berbagai bentuk energi antara lain energi cahaya, energi kalor, energi bunyi, energi kinetik, dan energi kimia. Kamu sudah menunjukkan perubahan energi listrik menjadi energi panas pada Kegiatan 10.1.

Perubahan bentuk energi listrik selalu memenuhi hukum kekekalan energi. Hukum tersebut berbunyi *energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan, tetapi hanya dapat berubah dari bentuk energi satu ke bentuk energi yang lain.*

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:

*menunjukkan perubahan energi listrik menjadi bentuk energi lain.*



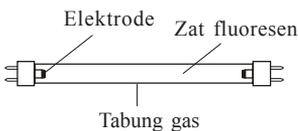
▲ Gambar 10.2 Lampu pijar

## 1. Perubahan Energi Listrik Menjadi Energi Cahaya

Ambillah sebuah lampu pijar, dan coba perhatikan. Ternyata, pada lampu tertulis 20 W/220 V. Kemudian hubungkan dengan stop kontak listrik PLN. Apa yang terjadi? Ternyata, lampu menyala. Perubahan bentuk energi apakah yang terjadi pada lampu pijar?

Lampu pijar dan lampu neon merupakan alat listrik yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi cahaya dan energi kalor. Di dalam ruang kaca lampu pijar, terdapat filamen yang mudah terbakar yang terbuat dari kawat wolfram halus yang dibuat spiral. Di dalam bola kaca diisi gas argon dan nitrogen bertekanan rendah yang berguna untuk menyerap energi kalor dari filamen yang berpijar, sehingga filamen tidak cepat putus. Ketika arus listrik mengalir, filamen berpijar sampai suhu 1.000 °C menghasilkan cahaya dan kalor. Lampu ini apabila digunakan terasa panas karena banyak energi listrik yang berubah menjadi energi kalor, sehingga lampu tidak hemat listrik.

Lampu tabung (TL) sering disebut lampu neon. Lampu ini terbuat dari tabung kaca yang bentuknya bermacam-macam. Di dalam tabung kaca diisi gas raksa dan pada kedua ujungnya terdapat elektrode. Jika kedua elektrode dihubungkan dengan tegangan tinggi menyebabkan terjadinya loncatan elektron yang menimbulkan api listrik. Loncatan elektron ini dapat menyebabkan gas raksa memancarkan sinar ultraviolet yang tidak tampak oleh mata. Agar sinar yang dihasilkan dapat dilihat, dinding tabung kaca bagian dalam dilapisi zat fluoresensi. Dinding kaca berlapis zat itu akan memendarkan cahaya ketika terkena sinar ultraviolet. Cahaya yang dipancarkan berupa cahaya putih dan tidak panas.



▲ Gambar 10.3 Lampu neon

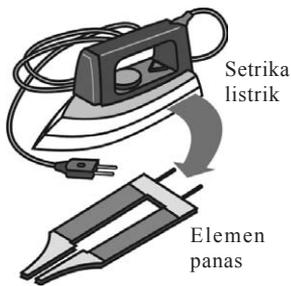
Dibandingkan lampu pijar, lampu TL memiliki kelebihan. Pada lampu TL lebih banyak energi listrik yang berubah menjadi energi cahaya. Lampu ini hemat listrik karena kalor yang ditimbulkan kecil dan tidak terlalu panas ruang di sekitarnya. Sekarang ini, lampu jenis TL dibuat dalam berbagai bentuk dan memiliki keunggulan hemat energi.

## 2. Perubahan Energi Listrik Menjadi Energi Kalor

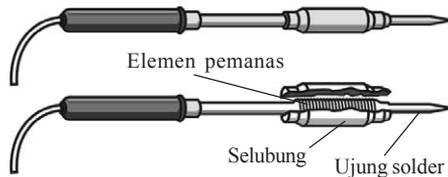
Ambillah sebuah setrika listrik atau solder dan hubungkan dengan stop kontak listrik PLN dan tunggu beberapa saat. Mengapa dasar setrika terasa panas? Dari manakah asalnya panas? Perubahan bentuk energi apakah yang terjadi pada setrika?

Setrika listrik dan solder merupakan alat yang dapat merubah energi listrik menjadi energi kalor (panas). Bagian dalam setrika listrik terdapat elemen pemanas yang terbuat dari bahan konduktor yang hambatan jenisnya besar. Elemen pemanas diletakkan di antara alas berupa besi dengan penutup setrika yang dipisahkan bahan

isolator. Ketika dialiri arus listrik, elemen tersebut akan menghasilkan energi kalor dan suhunya naik. Energi kalor yang dihasilkan dihantarkan ke lapisan besi, sehingga lapisan besi ikut panas.



▲ Gambar 10.4 Setrika listrik



▲ Gambar 10.5 Solder listrik

Solder listrik merupakan alat untuk memasang komponen elektronika pada papan rangkai. Bagian dalam solder listrik berisi elemen pemanas yang terbuat dari bahan konduktor yang hambatan jenisnya besar. Elemen pemanas diletakkan di dalam selubung solder. Ketika dialiri arus listrik, elemen tersebut akan menghasilkan energi kalor dan suhunya naik. Energi kalor yang dihasilkan dihantarkan ke mata solder. Logam mata solder memiliki titik lebur yang lebih tinggi daripada titik lebur timah solder. Suhu solder yang terlalu tinggi akan merusak komponen solder.



## Latihan

1. Sebutkan alat-alat yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi gerak.
2. Sebutkan alat-alat yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi suara.
3. Sebutkan alat-alat listrik yang digunakan setiap hari di rumahmu. Perubahan bentuk energi apakah yang terjadi pada alat-alat itu?



## D. PENGHEMATAN ENERGI LISTRIK

Sumber energi ada yang dapat diperbarui dan ada pula yang tidak dapat diperbarui. Sebagian besar sumber energi yang kita gunakan di rumah dan untuk angkutan merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbarui. Akibatnya pada suatu saat akan terjadi krisis energi. Karena jumlah permintaan energi melebihi batas energi yang tersedia di bumi, maka para ahli menunjukkan bahwa minyak bumi dan batu bara di dunia ini akan habis dalam kurun waktu tertentu.

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:

*mempraktikkan penghematan energi listrik dalam kehidupan sehari-hari.*

Walaupun energi listrik yang disediakan PLN cukup besar namun belum mencukupi kebutuhan listrik secara nasional. Karena masih terdapat daerah di tanah air ini yang belum mendapat suplai listrik. Pemerintah terus mengembangkan penyediaan energi listrik guna pemerataan penggunaan listrik untuk meningkatkan perkembangan industri di seluruh tanah air.

Sumber energi yang terbatas dan banyaknya permintaan listrik di tanah air mendorong kita untuk menghemat energi di antaranya penghematan energi listrik. Pemanfaatan energi listrik secara efektif perlu digalakkan pada seluruh pengguna energi listrik. Jatah daya listrik yang diberikan PLN perlu dimanfaatkan sebaik-baiknya.

Berikut ini beberapa usaha penghematan energi listrik.

- Mematikan saklar alat listrik yang tidak digunakan.
- Menyalakan lampu setelah gelap.
- Mengganti lampu pijar dengan lampu TL.
- Memilih alat-alat listrik yang berdaya rendah.
- Membuat ruangan berjendela.
- Mencari sumber-sumber energi alternatif yang dapat diperbarui.
- Menemukan alat-alat baru yang menggunakan tenaga surya.



## Latihan

1. Mengapa kita harus menghemat energi?
2. Ambillah bukti pembayaran rekening listrik di rumahmu. Di sebalik rekening terdapat cara tepat menghemat listrik. Apa sajakah itu?



## Rangkuman

1. Besar energi listrik tergantung pada tegangan, kuat arus, dan waktu.

Besar energi listrik dirumuskan dengan

$$W = V I t = I^2 R t = \frac{V^2}{R} \times t$$

2. Satuan kWh digunakan untuk :
  - a. menghitung energi yang dihabiskan dalam rumah tangga yang berlangganan listrik,
  - b. menghitung rekening listrik.

3. Daya listrik adalah besar energi listrik per satuan waktu.

Daya listrik dirumuskan :

$$P = V \times I = I^2 \times R = \frac{V^2}{R}$$

4. Suatu alat listrik akan mengalami penurunan daya jika dipasang pada sumber tegangan yang lebih rendah. Adapun, nilai hambatan alat listrik tersebut selalu tetap.
5. Energi listrik merupakan salah satu bentuk energi yang paling mudah diubah ke bentuk energi yang lain.
6. Cara menghemat energi listrik antara lain:
  - a. matikan lampu saat pergi,
  - b. nyalakan lampu saat gelap,
  - c. gunakan alat-alat rumah tangga yang daya listriknya rendah.



## Tugas Proyek

Kerjakan tugas proyek ini secara berkelompok.

Sediakan seperangkat percobaan yang terdiri atas pemanas, baterai, amperemeter, stopwatch, dan termometer.

Kamu sudah mengetahui bahwa energi dapat berubah bentuk. Berdasarkan peralatan yang ada cobalah merancang percobaan untuk mengetahui perubahan energi listrik ke energi panas. Ingat energi listrik dapat ditulis dalam persamaan  $E = V I t$ , sedangkan energi panas dapat ditulis  $Q = m c \Delta T$ .

Uji cobakanlah hasil rancanganmu dan bandingkan hasilnya terhadap rancangan kelompok lain.



## Refleksi

Apabila kamu sudah membaca isi bab ini dengan baik, seharusnya kamu sudah dapat mengerti tentang hal-hal berikut.

1. Besar energi listrik.
2. Besar daya listrik.
3. Energi listrik yang terpakai di rumah.
4. Cara penghematan energi listrik.

Apabila masih ada materi yang belum kamu pahami, tanyakan pada gurumu. Setelah paham, maka pelajailah bab selanjutnya.



## Glosarium

- kWh* : kilowatt hour (kilowatt jam), salah satu satuan energi listrik selain joule.
- sel surya* : sel yang dapat mengubah energi cahaya menjadi energi listrik secara langsung.
- rekening listrik* : hitungan pembayaran listrik yang secara periodik dilakukan (biasanya sekali dalam sebulan).



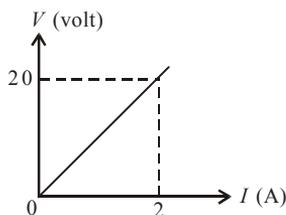
## Uji Kompetensi

Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu

### A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

- Perubahan energi pada foto sel adalah ....
  - energi cahaya menjadi energi listrik
  - energi kimia menjadi energi listrik
  - energi cahaya menjadi energi kimia
  - energi kimia menjadi energi cahaya
- Solder listrik dayanya 30 watt memiliki hambatan 120 ohm. Tegangan solder adalah ....
  - 0,25 V
  - 40 V
  - 60 V
  - 3.600 V
- Pompa air dayanya 128 watt dan hambatannya 800 ohm. Kuat arus pada pompa adalah ....
  - 0,2 A
  - 0,3 A
  - 0,4 A
  - 0,8 A
- Alat listrik digunakan pada tegangan 3,5 V mengalir arus listrik 0,01 A selama 5 jam. Banyaknya energi listrik yang diperlukan adalah ....
  - 0,035 J
  - 0,175 J
  - 630 J
  - 1.010 J
- Lampu dialiri arus listrik 500 mA. Jika hambatannya 140 ohm, daya lampu adalah ....
  - 35 watt
  - 70 watt
  - 7.000 watt
  - 70.000 watt
- Setrika bertuliskan 100 W/220 V, saat digunakan elemennya putus. Jika elemen itu diperbaiki dengan kawat konstanta yang tiap meter hambatannya 121 ohm maka dibutuhkan kawat konstanta sepanjang ....
  - 1 m
  - 2 m
  - 3 m
  - 4 m
- Alat pengering membutuhkan energi listrik 8.000 J selama 30 menit. Jika hambatan alat itu 360 ohm, tegangan pada alat tersebut adalah ....
  - 13,5 volt
  - 30 volt
  - 40 volt
  - 60 volt

8. Lampu menyala ditunjukkan grafik berikut. Hambatan dan daya lampu adalah ....

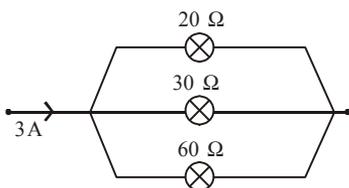


- a. 10 ohm dan 40 watt  
 b. 0,1 ohm dan 18 watt  
 c. 18 ohm dan 22 watt  
 d. 22 ohm dan 40 watt
9. Alat listrik berikut yang memiliki hambatan paling besar adalah ....

No.	Jenis alat	Bertuliskan
a.	Blender	125 W/220 V
b.	Mikser	150 W/220 V
c.	Kulkas	60 W/220 V
d.	Pompa air	100 W/220 V

10. Berikut yang *bukan* cara menghemat energi adalah ....
- a. nyalakan lampu saat diperlukan  
 b. pilih alat listrik yang daya listriknya besar  
 c. matikan kompor saat pergi  
 d. pakai bak penampungan air
11. Berikut ini yang bukan satuan daya listrik adalah ....
- a. joule/detik                      c. ampere<sup>2</sup>. ohm  
 b. volt.ampere                      d. volt.ohm<sup>2</sup>
12. Besaran yang mempunyai satuan kWh adalah ....
- a. energi listrik                      c. hambatan listrik  
 b. daya listrik                      d. tegangan listrik

13.



- Gambar berikut menunjukkan tiga buah lampu menyala selama 5 menit. Energi listrik yang diperlukan adalah ....
- a. 18.000 J                      c. 45.000 J  
 b. 27.000 J                      d. 54.000 J

14. Berikut ini yang tidak memengaruhi banyaknya tagihan rekening listrik yang harus dibayarkan kepada PLN adalah ....
- a. angka kWh yang tertera pada kWh meter besar  
 b. lamanya penggunaan alat-alat listrik  
 c. banyak lampu yang digunakan  
 d. harga alat-alat elektronik
15. Perhatikan tabel berikut.

No.	$I$ (A)	$R$ (ohm)	$P$ (watt)
1.	2	50	200
2.	4	100	40.000
3.	3	600	5.400
4.	6	200	1.200

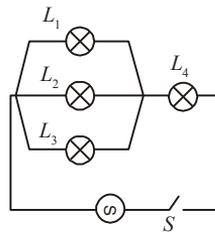
Berdasarkan tabel, yang menyatakan hubungan yang benar adalah ....

a. 1, 2 dan 3                      c. 2 dan 4  
 b. 1 dan 3                      d. 4

16. Lampu mampu menyala 30 menit membutuhkan energi 2.700 J. Apabila lampu diharapkan menyala 45 menit, dibutuhkan tambahan energi sebesar ....
- a. 1.350 J                      c. 3.500 J  
 b. 1.500 J                      d. 4.050 J
17. Data alat:
1. Oven                      4. Magic Jar  
 2. Bor listrik                      5. Rice Cooker  
 3. Mikser                      6. Mesin cuci
- Alat yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi kinetik ditunjukkan oleh nomor ....
- a. 1, 2, dan 3                      c. 2, 4, dan 6  
 b. 1, 4, dan 5                      d. 2, 3 dan 6
18. Elemen pemanas hambatannya 100 ohm, selama 20 menit mengalir arus listrik 0,5 A. Energi kalor yang ditimbulkan adalah ....
- a. 10 kalori                      c. 7.200 kalori  
 b. 1.000 kalori                      d. 30.000 kalori

19. Dalam upaya mengatasi krisis energi listrik perlu dibangun reaktor atom. Perubahan energi yang diharapkan pada reaktor ini adalah ....
- energi listrik menjadi energi kimia
  - energi kimia menjadi energi nuklir
  - energi nuklir menjadi energi listrik
  - energi listrik menjadi energi nuklir

20. Empat buah lampu identik, jika sakelar ditutup lampu yang menyala paling terang adalah ....



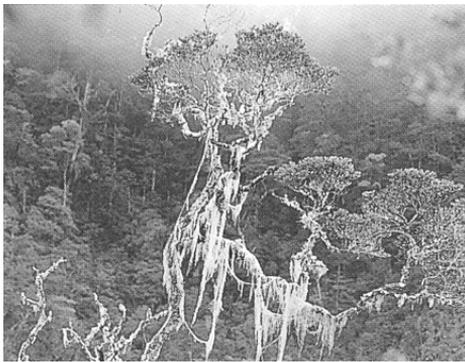
- $L_1$
- $L_2$
- $L_3$
- $L_4$

**B. Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas.**

- Sebuah lampu dipasang pada tegangan 220 volt dan kuat arus yang mengalir 2 ampere. Berapakah energi yang diperlukan selama 5 menit?
- Sebuah oven hambatannya 600 ohm dialiri arus listrik 0,5 ampere. Berapakah energi kalor yang dihasilkan selama 6 menit?
- Lampu TL dan lampu pijar bertuliskan sama 60 W/220 V. Mengapa lampu TL menyala lebih terang daripada lampu pijar, walaupun menggunakan energi listrik yang sama besarnya? Jelaskan dengan singkat.
- Sebuah setrika bertuliskan 220 V/100 W menyala 10 menit. Berapakah energi kalor yang ditimbulkan?
- Sebuah keluarga berlangganan listrik, setiap hari menggunakan alat-alat sebagai berikut.
  - 6 lampu 20 watt menyala 5 jam
  - sebuah TV 300 watt menyala 3 jam
  - sebuah sanyo 125 watt menyala 2 jam
  - sebuah kulkas 100 watt menyala 8 jam
  - sebuah setrika 300 watt menyala 2 jam
 Jika harga per kWh Rp1.000,00 berapakah rekening listrik yang harus dibayar tiap bulan (30 hari)?

# Bab 11

# KEMAGNETAN



Sumber: Indonesian Heritage, 2002

*Malu bertanya sesat di jalan. Ketika berada di hutan yang sangat lebat seperti gambar di samping, hingga sinar matahari pun tidak mampu menembus pepohonan, seseorang akan sangat mudah tersesat. Tidak ada yang dapat ditanya, mana arah utara. Namun, jika saat itu dia membawa kompas, permasalahannya dapat diatasi.*

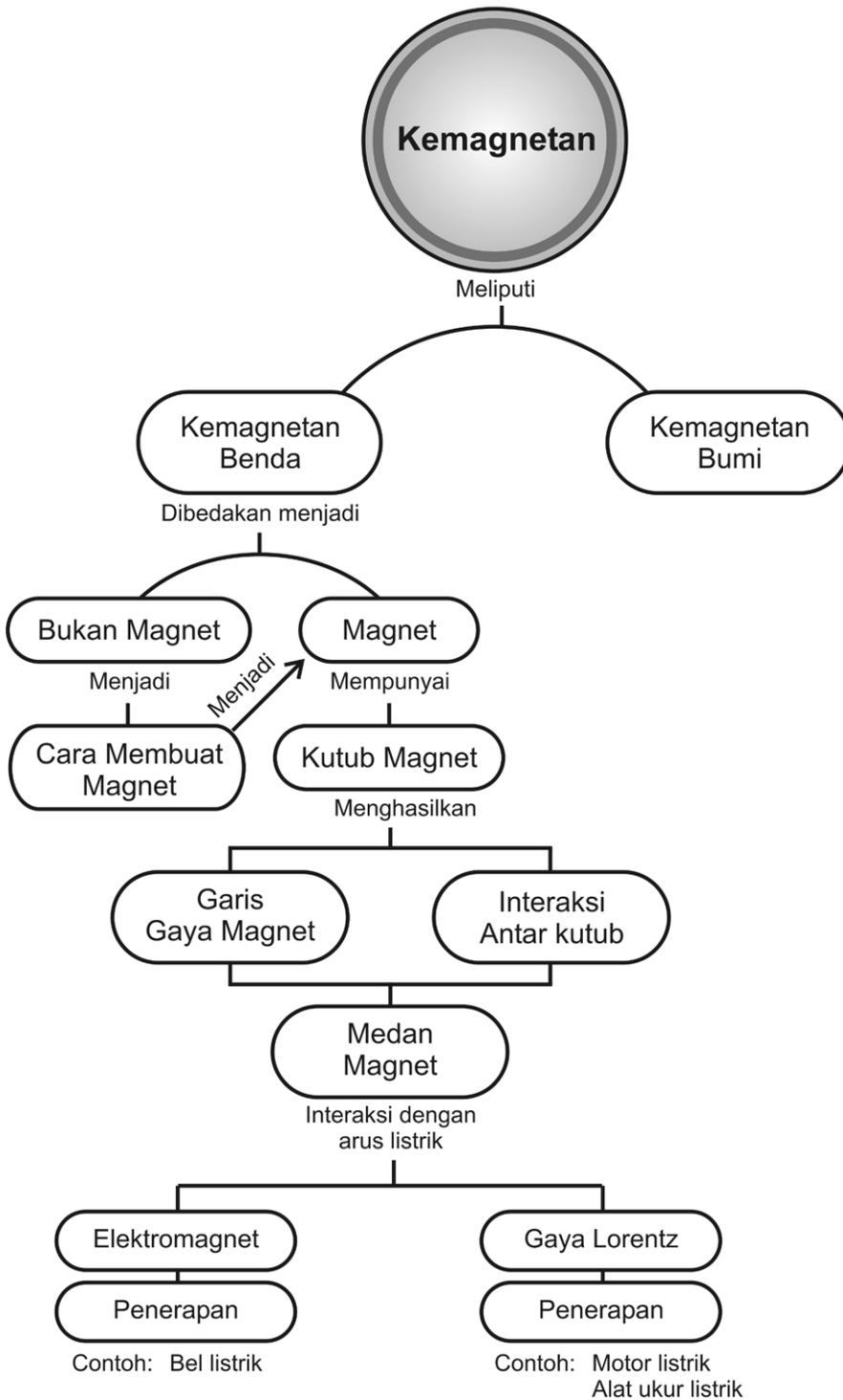
*Fenomena penampakan magnet sebagai kompas atau penunjuk arah, akan kamu pelajari pada bab ini. Pada bab ini kamu akan mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan gejala kemagnetan.*

## ❖ Pretest ❖

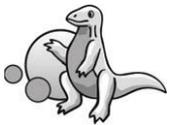
1. Termasuk gaya sentuh ataukah tak sentuh gaya magnet itu?
2. Benda apakah yang dapat ditarik magnet?
3. Sebutkan tiga contoh benda di sekitarmu yang menggunakan magnet.
4. Sebutkan cara membuat magnet yang kamu ketahui.

## ❖ Kata-Kata Kunci ❖

- deklinasi
- elektromagnet
- garis gaya magnet
- gaya Lorentz
- inklinasi
- kutub magnet
- medan magnet



Pada era teknologi yang serba modern ini magnet memegang peranan yang sangat penting. Dari pengembangan sains, telah berhasil membuat alat transportasi yang menggunakan magnet yang disebut kereta api monorel. Berbagai alat menggunakan magnet seperti alat-alat rumah tangga dan alat-alat komunikasi. Apakah sebenarnya magnet itu? Bagaimanakah prinsip kerja alat-alat itu berdasarkan kemagnetan?



## A. KEMAGNETAN BAHAN

Kita dapat menggolongkan benda berdasarkan sifatnya. Pernahkah kamu melihat benda yang dapat menarik benda logam lain? Kemampuan suatu benda menarik benda lain yang berada di dekatnya disebut kemagnetan. Berdasarkan kemampuan benda menarik benda lain dibedakan menjadi dua, yaitu benda magnet dan benda bukan magnet. Namun, tidak semua benda yang berada di dekat magnet dapat ditarik. Benda yang dapat ditarik magnet disebut benda magnetik. Benda yang tidak dapat ditarik magnet disebut benda nonmagnetik.

Benda yang dapat ditarik magnet ada yang dapat ditarik kuat, dan ada yang ditarik secara lemah. Oleh karena itu, benda dikelompokkan menjadi tiga, yaitu benda feromagnetik, benda paramagnetik, dan benda diamagnetik. Benda yang ditarik kuat oleh magnet disebut benda feromagnetik. Contohnya besi, baja, nikel, dan kobalt. Benda yang ditarik lemah oleh magnet disebut benda paramagnetik. Contohnya platina, tembaga, dan garam. Benda yang ditolak oleh magnet dengan lemah disebut benda diamagnetik. Contohnya timah, aluminium, emas, dan bismuth.

Benda-benda magnetik yang bukan magnet dapat dijadikan magnet. Benda itu ada yang mudah dan ada yang sulit dijadikan magnet. Baja sulit untuk dibuat magnet, tetapi setelah menjadi magnet sifat kemagnetannya tidak mudah hilang. Oleh karena itu, baja digunakan untuk membuat magnet tetap (magnet permanen).

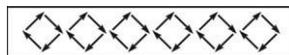
Besi mudah untuk dibuat magnet, tetapi jika setelah menjadi magnet sifat kemagnetannya mudah hilang. Oleh karena itu, besi digunakan untuk membuat magnet sementara (magnet remanen).

Setiap benda magnetik pada dasarnya terdiri magnet-magnet kecil yang disebut magnet elementer. Cobalah mengingat kembali teori partikel zat di kelas VII. Benda yang bukan magnet arah magnet elementernya tidak beraturan. Adapun, benda magnet arah magnet elementernya teratur. Perhatikan Gambar 11.2. Oleh sebab itu, prinsip membuat magnet adalah mengubah susunan magnet elementer yang tidak beraturan menjadi searah dan teratur. Ada tiga cara membuat magnet, yaitu menggosok, induksi, dan arus listrik.

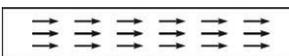
### Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:

- ☛ membedakan benda magnet dengan benda bukan magnet;
- ☛ mendemonstrasikan cara membuat magnet dan cara menghilangkan sifat kemagnetan



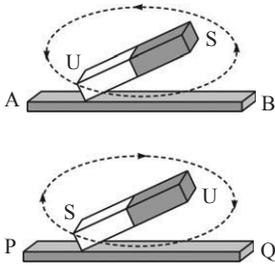
▲ Gambar 11.1 Susunan magnet elementer besi/baja sebelum menjadi magnet



▲ Gambar 11.2 Susunan magnet elementer besi/baja yang telah menjadi magnet

## 1. Membuat Magnet dengan Cara Menggosok

Besi yang semula tidak bersifat magnet, dapat dijadikan magnet. Caranya besi digosok dengan salah satu ujung magnet tetap. Arah gosokan dibuat searah agar magnet elementer yang terdapat pada besi letaknya menjadi teratur dan mengarah ke satu arah. Apabila magnet elementer besi telah teratur dan mengarah ke satu arah, dikatakan besi dan baja telah menjadi magnet.



▲ Gambar 11.3 Ujung terakhir gosokan menjadi kutub selatan

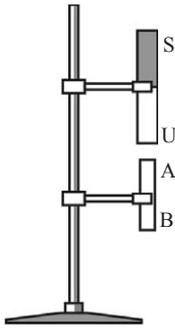
Ujung-ujung besi yang digosok akan terbentuk kutub-kutub magnet. Kutub-kutub yang terbentuk tergantung pada kutub magnet yang digunakan untuk menggosok.

Pada ujung terakhir besi yang digosok, akan mempunyai kutub yang berlawanan dengan kutub ujung magnet penggosoknya. Untuk lebih jelasnya perhatikan Gambar 11.3.

## 2. Membuat Magnet dengan Cara Induksi

Besi dan baja dapat dijadikan magnet dengan cara induksi magnet. Besi dan baja diletakkan di dekat magnet tetap. Magnet elementer yang terdapat pada besi dan baja akan terpengaruh atau terinduksi magnet tetap yang menyebabkan letaknya teratur dan mengarah ke satu arah. Besi atau baja akan menjadi magnet sehingga dapat menarik serbuk besi yang berada di dekatnya.

Ujung besi yang berdekatan dengan kutub magnet batang, akan terbentuk kutub yang selalu berlawanan dengan kutub magnet penginduksi. Apabila kutub utara magnet batang berdekatan dengan ujung A besi, maka ujung A besi menjadi kutub selatan dan ujung B besi menjadi kutub utara atau sebaliknya.

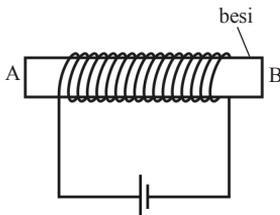


▲ Gambar 11.4 Ujung A besi menjadi kutub selatan

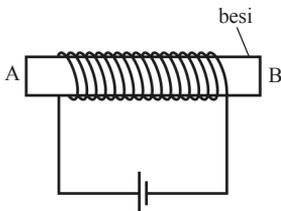
## 3. Membuat Magnet dengan Cara Arus Listrik

Selain dengan cara induksi, besi dan baja dapat dijadikan magnet dengan arus listrik. Besi dan baja dililiti kawat yang dihubungkan dengan baterai. Magnet elementer yang terdapat pada besi dan baja akan terpengaruh aliran arus searah (DC) yang dihasilkan baterai. Hal ini menyebabkan magnet elementer letaknya teratur dan mengarah ke satu arah. Besi atau baja akan menjadi magnet dan dapat menarik serbuk besi yang berada di dekatnya. Magnet yang demikian disebut magnet listrik atau elektromagnet.

Besi yang berujung A dan B dililiti kawat berarus listrik. Kutub magnet yang terbentuk bergantung pada arah arus ujung kumparan. Jika arah arus berlawanan jarum jam maka ujung besi tersebut menjadi kutub utara. Sebaliknya, jika arah arus searah putaran jarum jam maka ujung besi tersebut terbentuk kutub selatan. Dengan demikian, ujung A kutub utara dan B kutub selatan atau sebaliknya.

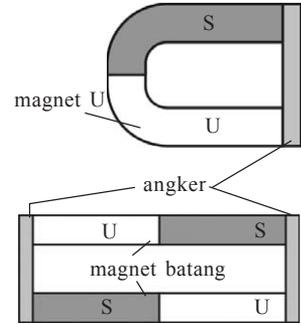


▲ Gambar 11.4 Ujung A besi menjadi kutub utara



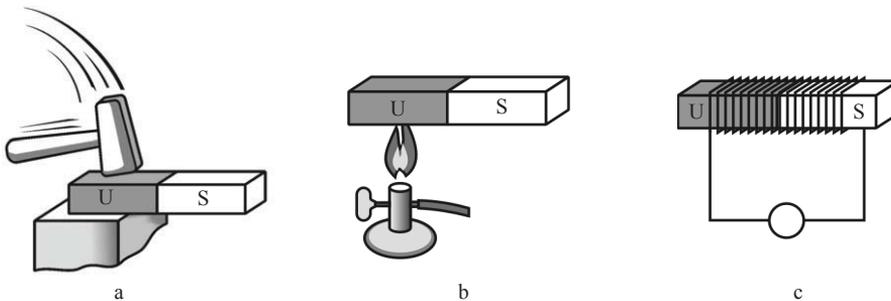
▲ Gambar 11.6 Ujung A besi menjadi kutub selatan

Setelah kita dapat membuat magnet tentu saja ingin menyimpannya. Agar sifat kemagnetan sebuah magnet dapat tahan lama, maka dalam menyimpan magnet diperlukan angker (sepotong besi) yang dipasang pada kutub magnet. Pemasangan angker bertujuan untuk mengarahkan magnet elementer hingga membentuk rantai tertutup. Untuk menyimpan dua buah magnet batang diperlukan dua angker yang dihubungkan dengan dua kutub magnet yang berlawanan. Jika berupa magnet U untuk menyimpan diperlukan satu angker yang dihubungkan pada kedua kutubnya.



▲ Gambar 11.4 Cara menyimpan magnet

Kamu sudah mengetahui benda magnetik dapat dijadikan magnet. Sebaliknya magnet juga dapat dihilangkan kemagnetannya. Bagaimana caranya? Sebuah magnet akan hilang sifat kemagnetannya jika magnet dipanaskan, dipukul-pukul, dan dialiri arus listrik bolak-balik. Magnet yang mengalami pemanasan dan pemukulan akan menyebabkan perubahan susunan magnet elementernya. Akibat pemanasan dan pemukulan magnet elementer menjadi tidak teratur dan tidak searah. Penggunaan arus AC menyebabkan arah arus listrik yang selalu berubah-ubah. Perubahan arah arus listrik memengaruhi letak dan arah magnet elementer. Apabila letak dan arah magnet elementer berubah, sifat kemagnetannya hilang.



▲ Gambar 11.8 Cara menghilangkan sifat kemagnetan (dipukul, dibakar, atau dialiri arus AC)



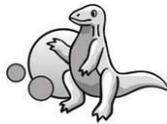
## Latihan

1. Apakah yang terjadi pada besi dan baja apabila arah gosokan ujung magnet tetap arahnya bolak-balik ?
2. Mengapa jika kaca digosok dengan magnet tetap, berapapun lamanya gosokan kaca tidak dapat menjadi magnet?
3. Mengapa magnet yang dibakar akan hilang sifat kemagnetannya?

## Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:

*menunjukkan sifat kutub magnet.*



## B. KUTUB MAGNET

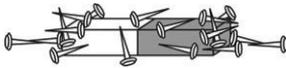
Di awal bab ini kamu sudah mengenal istilah kutub magnet. Selanjutnya di bagian ini kamu akan lebih memperdalam sifat-sifat kutub magnet. Jika magnet batang ditaburi serbuk besi atau paku-paku kecil, sebagian besar serbuk besi maupun paku akan melekat pada kedua ujung magnet. Bagian kedua ujung magnet akan lebih banyak serbuk besi atau paku yang menempel daripada di bagian tengahnya. Hal itu menunjukkan bahwa gaya tarik magnet paling kuat terletak pada ujung-ujungnya. Ujung magnet yang memiliki gaya tarik paling kuat itulah yang disebut kutub magnet. Bagaimana menentukan jenis kutub magnet?

Sebuah magnet batang yang tergantung bebas dalam keadaan setimbang, ujung-ujungnya akan menunjuk arah utara dan arah selatan bumi. Ujung magnet yang menunjuk arah utara bumi disebut kutub utara magnet. Sebaliknya, ujung magnet yang menunjuk arah selatan bumi disebut kutub selatan magnet.

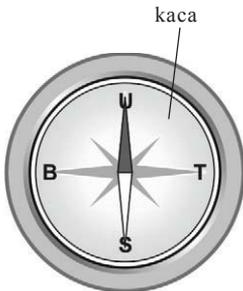
Setiap magnet memiliki dua kutub, yaitu kutub utara dan kutub selatan. Alat yang digunakan untuk menunjukkan arah utara bumi atau geografis disebut kompas. Kompas merupakan magnet jarum yang dapat bergerak bebas pada sebuah poros. Pada keadaan setimbang salah satu ujung magnet jarum menunjuk arah utara dan ujung lainnya menunjuk arah selatan.

Kamu sudah mengetahui bahwa magnet mempunyai dua kutub, yaitu kutub utara dan kutub selatan. Apabila dua kutub magnet didekatkan akan saling mengadakan interaksi. Jenis interaksi bergantung jenis-jenis kutub yang berdekatan. Apakah yang terjadi jika kutub utara sebuah magnet didekatkan dengan kutub utara magnet lain? Atau sebaliknya, apakah yang terjadi jika kutub utara sebuah magnet didekatkan dengan kutub selatan magnet lain?

Untuk mengetahui interaksi antarkutub dua magnet, cobalah melakukan kegiatan berikut secara berkelompok. Sebelumnya, bentuklah satu kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.



▲ Gambar 11.9 Kutub magnet memiliki gaya paling kuat



▲ Gambar 11.10 Kompas merupakan alat penunjuk arah

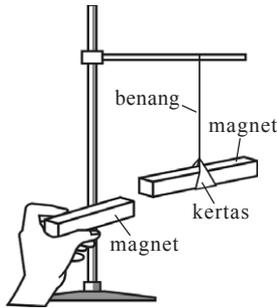


### Kegiatan 11.1

**Tujuan:** Mengetahui interaksi antarkutub

**Alat dan Bahan:**

- Magnet batang alnico
- Spidol
- Benang
- Statif



### Cara Kerja:

1. Ikatlah sebuah magnet batang di tengah-tengahnya dan gantungkan pada statif.
2. Setelah dalam keadaan seimbang, dekati kutub magnet dengan kutub sejenis magnet yang lain.
3. Amatilah keadaan magnet.
4. Ulangi cara kerja nomor 2–3, tetapi menggunakan kutub magnet yang berlawanan jenis.

### Pertanyaan:

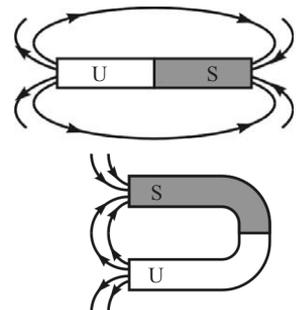
1. Apa yang terjadi jika dua kutub sejenis berinteraksi atau berdekatan?
2. Apa yang terjadi jika dua kutub berlawanan jenis berinteraksi?
3. Nyatakan kesimpulan kelompokmu di buku kerjamu.

Kamu sudah melakukan kegiatan berupa menginteraksikan dua magnet; jika kutubnya senama akan saling menolak tetapi jika kutubnya berbeda akan saling menarik. Pada saat dua magnet terpisah jarak yang jauh, belum terasa adanya gaya tarik atau gaya tolak. Makin dekat kedua magnet, makin terasa kuat gaya tarik atau gaya tolaknya.

Jika di sekitar magnet batang diletakkan benda-benda magnetik, benda-benda itu akan ditarik oleh magnet. Makin dekat dengan magnet, gaya tarik yang dialami benda makin kuat. Makin jauh dari magnet makin kecil gaya tarik yang dialami benda. Ruang di sekitar magnet yang masih terdapat pengaruh gaya tarik magnet disebut medan magnet. Pada tempat tertentu benda tidak mendapat pengaruh gaya tarik magnet. Benda yang demikian dikatakan berada di luar medan magnet. Medan magnet tidak dapat dilihat dengan mata. Namun, keberadaan dan polanya dapat ditunjukkan.

Garis-garis yang menggambarkan pola medan magnet disebut garis-garis gaya magnet. Garis-garis gaya magnet tidak pernah berpotongan satu sama lainnya. Garis-garis gaya magnet keluar dari kutub utara, masuk (menuju) ke kutub selatan. Makin banyak jumlah garis-garis gaya magnet makin besar kuat medan magnet yang dihasilkan. Apapun bentuknya sebuah magnet memiliki medan magnet yang digambar berupa garis lengkung.

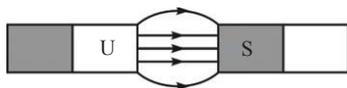
Dua kutub magnet yang tidak sejenis saling berdekatan pola medan magnetnya juga berupa garis lengkung yang keluar dari kutub utara magnet menuju kutub selatan magnet. Bagaimanakah kerapatan pola medan magnet dua kutub magnet yang makin berdekatan?



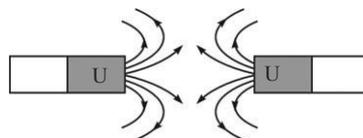
▲ Gambar 11.11 Arah garis-garis gaya magnet batang

Pada dua kutub magnet yang tak sejenis, garis-garis gaya magnetnya keluar dari kutub utara dan masuk ke kutub selatan magnet lain. Itulah sebabnya dua kutub magnet yang tidak sejenis saling tarik-menarik.

Pada dua kutub magnet yang sejenis, garis-garis gaya magnet yang keluar dari kutub utara masing-masing cenderung saling menolak. Mengapa? Karena arah garis gaya berlawanan, terjadilah tolak-menolak antara garis-garis gaya yang keluar kedua kutub utara magnet. Hal itulah yang menyebabkan dua kutub yang sejenis saling menolak.



▲ Gambar 11.12 Arah garis-garis gaya dua kutub magnet batang yang tak sejenis



▲ Gambar 11.13 Arah garis-garis gaya dua kutub magnet batang yang sejenis



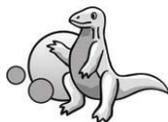
## Latihan

1. Apakah perbedaan antara kutub utara dan kutub selatan sebuah magnet?
2. Sebutkan dua sifat-sifat kutub magnet yang saling berdekatan.
3. Apakah yang dimaksud medan magnet?
4. Bagaimanakah pengaruh jumlah garis gaya magnet terhadap kekuatan magnet?

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:

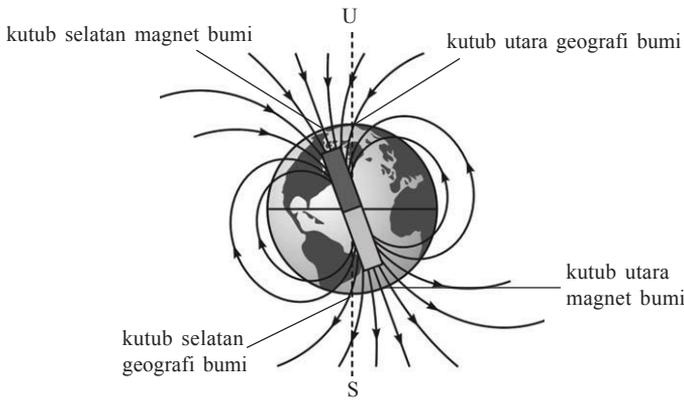
*memaparkan teori kemagnetan bumi.*



## C. KEMAGNETAN BUMI

### 1. Bumi Sebagai Magnet

Kamu sudah mengetahui sebuah magnet batang yang tergantung bebas akan menunjuk arah tertentu. Pada bagian ini, kamu akan mengetahui mengapa magnet bersikap seperti itu. Pada umumnya sebuah magnet terbuat dari bahan besi dan nikel. Keduanya memiliki sifat kemagnetan karena tersusun oleh magnet-magnet elementer. Batuan-batuan pembentuk bumi juga mengandung magnet elementer. Bumi dipandang sebagai sebuah magnet batang yang besar yang membujur dari utara ke selatan bumi. Magnet bumi memiliki dua kutub, yaitu kutub utara dan selatan. Kutub utara magnet bumi terletak di sekitar kutub selatan bumi. Adapun kutub selatan magnet bumi terletak di sekitar kutub utara bumi. Magnet bumi memiliki medan magnet yang dapat memengaruhi jarum kompas dan magnet batang yang tergantung bebas.



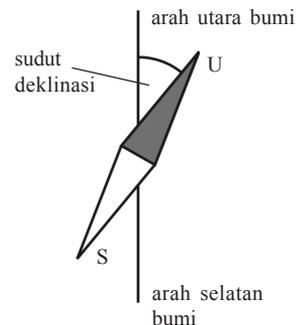
▲ Gambar 11.14 Letak magnet bumi menyimpang terhadap utara-selatan geografis

Medan magnet bumi digambarkan dengan garis-garis lengkung yang berasal dari kutub selatan bumi menuju kutub utara bumi. Magnet bumi tidak tepat menunjuk arah utara-selatan geografis. Penyimpangan magnet bumi ini akan menghasilkan garis-garis gaya magnet bumi yang menyimpang terhadap arah utara-selatan geografis. Adakah pengaruh penyimpangan magnet bumi terhadap jarum kompas?

## 2. Deklinasi dan Inklinasi

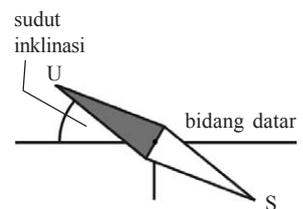
Ambillah sebuah kompas dan letakkan di atas meja dengan penunjuk utara (N) tepat menunjuk arah utara. Amatilah kutub utara jarum kompas. Apakah kutub utara jarum kompas tepat menunjuk arah utara (N)? Berapakah sudut yang dibentuk antara kutub utara jarum kompas dengan arah utara (N)?

Jika kita perhatikan kutub utara jarum kompas dalam keadaan setimbang tidak tepat menunjuk arah utara dengan tepat. Penyimpangan jarum kompas itu terjadi karena letak kutub-kutub magnet bumi tidak tepat berada di kutub-kutub bumi, tetapi menyimpang terhadap letak kutub bumi. Hal ini menyebabkan garis-garis gaya magnet bumi mengalami penyimpangan terhadap arah utara-selatan bumi. Akibatnya penyimpangan kutub utara jarum kompas akan membentuk sudut terhadap arah utara-selatan bumi (geografis). Sudut yang dibentuk oleh kutub utara jarum kompas dengan arah utara-selatan geografis disebut *deklinasi* (Gambar 11.15).



▲ Gambar 11.15 Deklinasi

Pernahkah kamu memerhatikan mengapa kedudukan jarum kompas tidak mendatar. Penyimpangan jarum kompas itu terjadi karena garis-garis gaya magnet bumi tidak sejajar dengan permukaan bumi (bidang horizontal). Akibatnya, kutub utara jarum kompas menyimpang naik atau turun terhadap permukaan bumi. Penyimpangan kutub utara jarum kompas akan membentuk sudut terhadap bidang datar permukaan bumi. Sudut yang dibentuk oleh kutub utara jarum kompas dengan bidang datar disebut *inklinasi* (Gambar 11.16). Alat yang digunakan untuk menentukan besar inklinasi disebut inklinator.



▲ Gambar 11.16 Inklinasi



## Soal Tantangan

Buktikan bahwa kutub utara magnet bumi terletak di sekitar kutub selatan bumi, sebaliknya dengan kutub selatan magnet bumi.

### Tujuan Pembelajaran

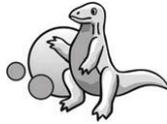
Tujuan belajarmu adalah dapat:

*menjelaskan sifat medan magnet di sekitar kawat berarus listrik.*

### Radar Sains

*Arah penyimpangan magnet jarum kompas ketika berada di sekitar arus listrik dapat diterangkan sebagai berikut.*

*Anggaphlah arus listrik terletak di antara telapak tangan kanan dan magnet jarum kompas. Jika arus listrik searah dengan keempat jari, kutub utara magnet jarum akan menyimpang sesuai ibu jari. Cara penentuan arah simpangan magnet jarum kompas demikian disebut kaidah telapak tangan kanan.*



## D. MEDAN MAGNET DI SEKITAR ARUS LISTRIK

Medan magnet di sekitar kawat berarus listrik ditemukan secara tidak sengaja oleh Hans Christian Oersted (1770-1851), ketika akan memberikan kuliah bagi mahasiswa. Oersted menemukan bahwa di sekitar kawat berarus listrik magnet jarum kompas akan bergerak (menyimpang). Penyimpangan magnet jarum kompas akan makin besar jika kuat arus listrik yang mengalir melalui kawat diperbesar. Arah penyimpangan jarum kompas bergantung arah arus listrik yang mengalir dalam kawat.

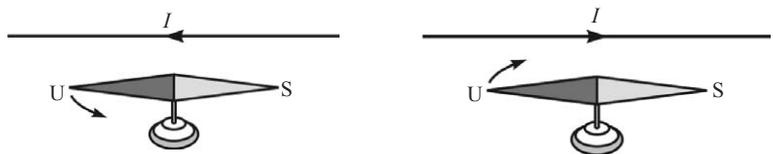
Gejala itu terjadi jika kawat dialiri arus listrik. Jika kawat tidak dialiri arus listrik, medan magnet tidak terjadi sehingga magnet jarum kompas tidak bereaksi.

Perubahan arah arus listrik ternyata juga memengaruhi perubahan arah penyimpangan jarum kompas. Perubahan jarum kompas menunjukkan perubahan arah medan magnet.

Bagaimanakah menentukan arah medan magnet di sekitar penghantar berarus listrik?

Jika arah arus listrik mengalir sejajar dengan jarum kompas dari kutub selatan menuju kutub utara, kutub utara jarum kompas menyimpang berlawanan dengan arah putaran jarum jam.

Jika arah arus listrik mengalir sejajar dengan jarum kompas dari kutub utara menuju kutub selatan, kutub utara jarum kompas menyimpang searah dengan arah putaran jarum jam.

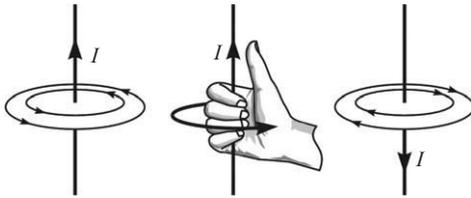


▲ Gambar 11.17 Arah penyimpangan kutub utara jarum jam kompas di sekitar kawat berarus

## 1. Pola Medan Magnet di Sekitar Arus Listrik

Gejala penyimpangan magnet jarum di sekitar arus listrik membuktikan bahwa arus listrik dapat menghasilkan medan magnet.

Arah medan magnet yang ditimbulkan arus listrik dapat diterangkan melalui aturan atau kaidah berikut. Anggaplah suatu penghantar berarus listrik digenggam tangan kanan. Perhatikan Gambar 11.18. Jika arus listrik searah ibu jari, arah medan magnet yang timbul searah keempat jari yang menggenggam. Kaidah yang demikian disebut kaidah tangan kanan menggenggam.



▲ Gambar 11.18 Kaidah tangan kanan menggenggam



### Tugas Individu

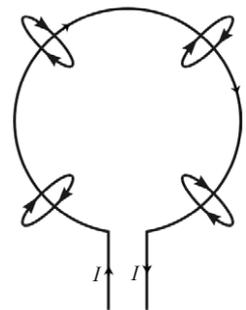
Rancanglah suatu kegiatan untuk membuktikan adanya medan magnet di sekitar penghantar berarus listrik. Peralatan yang tersedia antara lain serbuk besi, penghantar, kertas, dan baterai. Gambarlah sketsa model kegiatanmu.

## 2. Solenoida

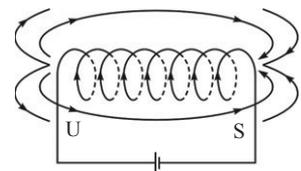
Pada uraian sebelumnya kamu sudah mempelajari medan magnet yang timbul pada penghantar lurus. Bagaimana jika penghantarnya melingkar dengan jumlah banyak? Sebuah penghantar melingkar jika dialiri arus listrik akan menghasilkan medan listrik seperti Gambar 11.19.

Penghantar melingkar yang berbentuk kumparan panjang disebut solenoida. Medan magnet yang ditimbulkan oleh solenoida akan lebih besar daripada yang ditimbulkan oleh sebuah penghantar melingkar, apalagi oleh sebuah penghantar lurus. Tahukah kamu mengapa demikian?

Jika solenoida dialiri arus listrik maka akan menghasilkan medan magnet. Medan magnet yang dihasilkan solenoida berarus listrik bergantung pada kuat arus listrik dan banyaknya kumparan. Garis-garis gaya magnet pada solenoida merupakan gabungan dari garis-garis gaya magnet dari kawat melingkar. Gabungan itu akan menghasilkan medan magnet yang sama dengan medan magnet sebuah magnet batang yang panjang. Kumparan seolah-olah mempunyai dua kutub, yaitu ujung yang satu merupakan kutub utara dan ujung kumparan yang lain merupakan kutub selatan.



▲ Gambar 11.19 Medan magnet penghantar melingkar

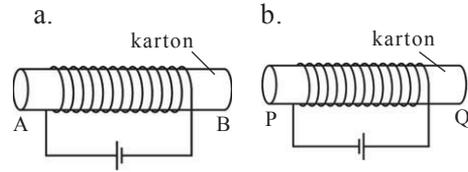


▲ Gambar 11.20 Arah garis-garis gaya magnet pada solenoida



## Latihan

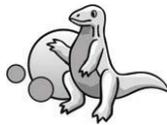
1. Apakah pengaruh arah arus listrik terhadap arah medan magnet?
2. Bagaimanakah pola medan magnet dari kawat berarus listrik?
3. Di manakah titik yang memiliki medan magnet paling kuat pada kawat melingkar berarus listrik?
4. Tentukan letak kutub utara dan selatan gambar solenoida berarus listrik berikut.



### Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:

*menjelaskan cara kerja elektromagnet dan penerapannya dalam beberapa teknologi.*



## E. ELEKTROMAGNET

Masih ingatkah kamu cara membuat magnet menggunakan arus listrik? Di bagian ini kamu akan lebih mendalami tentang magnet listrik tersebut. Magnet listrik atau elektromagnet sangat erat hubungannya dengan solenoida.

Medan magnet yang dihasilkan oleh solenoida berarus listrik tidak terlalu kuat. Agar medan magnet yang dihasilkan solenoida berarus listrik bertambah kuat, maka di dalamnya harus dimasukkan inti besi lunak. Besi lunak merupakan besi yang tidak dapat dibuat menjadi magnet tetap. Solenoida berarus listrik dan dilengkapi dengan besi lunak itulah yang dikenal sebagai elektromagnet.

### 1. Faktor yang Memengaruhi Kekuatan Elektromagnet

Apakah yang memengaruhi besar medan magnet yang dihasilkan elektromagnet? Sebuah elektromagnet terdiri atas tiga unsur penting, yaitu jumlah lilitan, kuat arus, dan inti besi.

Makin banyak lilitan dan makin besar arus listrik yang mengalir, makin besar medan magnet yang dihasilkan. Selain itu medan magnet yang dihasilkan elektromagnet juga tergantung pada inti besi yang digunakan. Makin besar (panjang) inti besi yang berada dalam solenoida, makin besar medan magnet yang dihasilkan elektromagnet. Jadi kemagnetan sebuah elektromagnet bergantung besar kuat arus yang mengalir, jumlah lilitan, dan besar inti besi yang digunakan.

Elektromagnet menghasilkan medan magnet yang sama dengan medan magnet sebuah magnet batang yang panjang. Elektromagnet juga mempunyai dua kutub yaitu ujung yang satu merupakan kutub utara dan ujung kumparan yang lain merupakan kutub selatan.

Dibandingkan magnet biasa, elektromagnet banyak mempunyai keunggulan. Karena itulah elektromagnet banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Beberapa keunggulan elektromagnet antara lain sebagai berikut.

- Kemagnetannya dapat diubah-ubah dari mulai yang kecil sampai yang besar dengan cara mengubah salah satu atau ketiga dari kuat arus listrik, jumlah lilitan dan ukuran inti besi.
- Sifat kemagnetannya mudah ditimbulkan dan dihilangkan dengan cara memutus dan menghubungkan arus listrik menggunakan sakelar.
- Dapat dibuat berbagai bentuk dan ukuran sesuai dengan kebutuhan yang dikehendaki.
- Letak kutubnya dapat diubah-ubah dengan cara mengubah arah arus listrik.

### Untuk Diingat

*Kekuatan elektromagnet akan bertambah, jika:*

- arus yang melalui kumparan bertambah,*
- jumlah lilitan diperbanyak,*
- memperbesar/memperpanjang inti besi.*



### Latihan

- Apakah yang dimaksud elektromagnet?
- Sebutkan tiga cara memperbesar medan magnet yang dihasilkan elektromagnet.

## 2. Kegunaan Elektromagnet

Beberapa peralatan sehari-hari yang menggunakan elektromagnet antara lain seperti berikut.

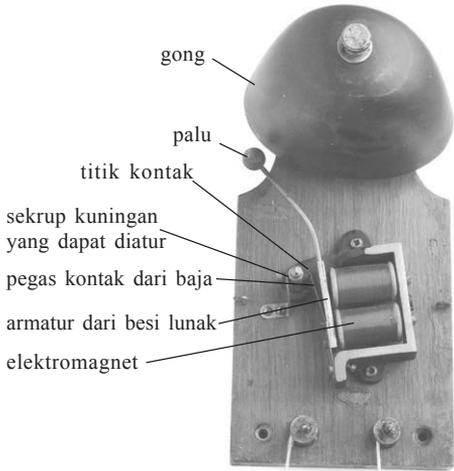
### a. Bel listrik

Bel listrik terdiri atas dua elektromagnet dengan setiap solenoida dililitkan pada arah yang berlawanan (perhatikan Gambar 11.21). Apabila sakelar ditekan, arus listrik akan mengalir melalui solenoida. Teras besi akan menjadi magnet dan menarik kepingan besi lentur dan pengetuk akan memukul bel (lonceng) menghasilkan bunyi. Tarikan kepingan besi lentur oleh elektromagnet akan memisahkan titik sentuh dan sekrup pengatur yang berfungsi sebagai interuptor. Arus listrik akan putus dan teras besi hilang kemagnetannya. Kepingan besi lentur akan kembali ke kedudukan semula. Teras besi akan menjadi magnet dan menarik kepingan besi lentur dan pengetuk akan memukul bel (lonceng) menghasilkan bunyi kembali. Proses ini berulang-ulang sangat cepat dan bunyi lonceng terus terdengar.

### b. Relai

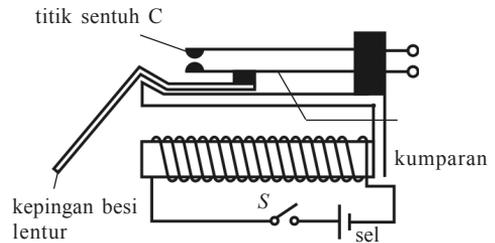
Relai berfungsi sebagai sakelar untuk menghubungkan atau memutuskan arus listrik yang besar pada rangkaian lain dengan menggunakan arus listrik yang kecil. Ketika sakelar S ditutup arus

listrik kecil mengalir pada kumparan. Teras besi akan menjadi magnet (elektromagnet) dan menarik kepingan besi lentur. Titik sentuh C akan tertutup, menyebabkan rangkaian lain yang membawa arus besar akan tersambung. Apabila sakelar S dibuka, teras besi hilang kemagnetannya, keping besi lentur kembali ke kedudukan semula. Titik sentuh C terbuka dan rangkaian listrik lain terputus.



Sumber: *Jendela Iptek*, 2001

▲ Gambar 5.21 Susunan bel listrik



▲ Gambar 5.22 Diagram relai

### c. Telepon

Telepon terdiri dari dua bagian yaitu bagian pengirim (mikrofon) dan bagian penerima (telepon). Prinsip kerja bagian mikrofon adalah mengubah gelombang suara menjadi getaran-getaran listrik. Pada bagian pengirim ketika seseorang berbicara akan menggetarkan diafragma aluminium. Serbuk-serbuk karbon yang terdapat pada mikrofon akan tertekan dan menyebabkan hambatan serbuk karbon mengecil. Getaran yang berupa sinyal listrik akan mengalir melalui rangkaian listrik.

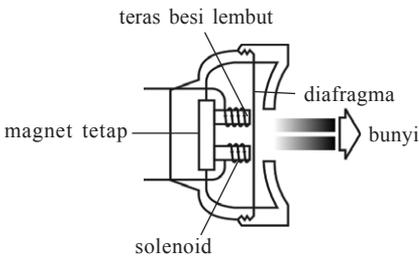
Prinsip kerja bagian telepon adalah mengubah sinyal listrik menjadi gelombang bunyi. Sinyal listrik yang dihasilkan mikrofon diterima oleh pesawat telepon. Apabila sinyal listrik berubah-ubah mengalir pada kumparan, teras besi akan menjadi elektromagnet yang kekuatannya berubah-ubah (perhatikan Gambar 11.23). Diafragma besi lentur di hadapan elektromagnet akan ditarik dengan gaya yang berubah-ubah. Hal ini menyebabkan diafragma bergetar. Getaran diafragma memengaruhi udara di hadapannya, sehingga udara akan dimampatkan dan diregangkan. Tekanan bunyi yang dihasilkan sesuai dengan tekanan bunyi yang dikirim melalui mikrofon.

#### d. Katrol Listrik

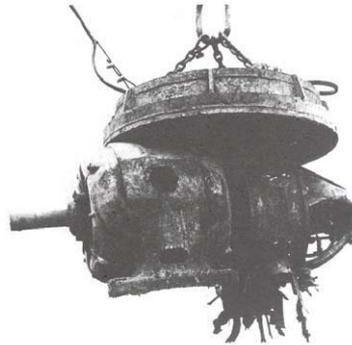
Elektromagnet yang besar digunakan untuk mengangkat sampah logam yang tidak terpakai. Apabila arus dihidupkan katrol listrik akan menarik sampah besi dan memindahkan ke tempat yang dikehendaki. Apabila arus listrik dimatikan, sampah besi akan jatuh. Dengan cara ini sampah yang berupa tembaga, aluminium, dan seng dapat dipisahkan dengan besi.

Kebaikan katrol listrik adalah:

- mampu mengangkat sampah besi dalam jumlah besar
- dapat mengangkat/memindahkan bongkahan besi yang tanpa rantai
- membantu memisahkan antara logam feromagnetik dan bukan feromagnetik.



▲ Gambar 11.23 Susunan telepon



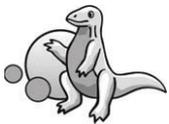
Sumber: IPP, 2002

▲ Gambar 11.24 Katrol listrik



### Latihan

- Mengapa menambah jumlah lilitan dapat menghasilkan kemagnetan yang lebih besar?
- Bagaimana cara penentuan elektromagnet?



### F. GAYA LORENTZ

Di depan telah dijelaskan bahwa kawat berarus listrik menimbulkan medan magnet. Apakah yang terjadi jika kawat berarus listrik berada dalam medan magnet tetap?

Interaksi medan magnet dari kawat berarus dengan medan magnet tetap akan menghasilkan gaya magnet. Pada peristiwa ini terdapat hubungan antara arus listrik, medan magnet tetap, dan gaya magnet. Hubungan besaran-besaran itu ditemukan oleh fisikawan

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:

- menemukan penggunaan gaya Lorentz pada beberapa alat listrik sehari-hari.
- menyadari pentingnya pemanfaatannya kemagnetan dalam produk teknologi

Belanda, Hendrik Anton Lorentz (1853–1928). Dalam penyelidikannya Lorentz menyimpulkan bahwa besar gaya yang ditimbulkan berbanding lurus dengan kuat arus, kuat medan magnet, panjang kawat dan sudut yang dibentuk arah arus listrik dengan arah medan magnet. Untuk menghargai jasa penemuan H.A. Lorentz, gaya tersebut disebut gaya Lorentz. Apabila arah arus listrik tegak lurus dengan arah medan magnet, besar gaya Lorentz dirumuskan.

$$F = B \times I \times l$$

Dengan:

$F$  = gaya Lorentz satuan newton (N)

$B$  = kuat medan magnet satuan tesla (T).

$l$  = panjang kawat satuan meter (m)

$I$  = kuat arus listrik satuan ampere (A)

Berdasarkan rumus di atas tampak bahwa apabila arah arus listrik tegak lurus dengan arah medan magnet, besar gaya Lorentz bergantung pada panjang kawat, kuat arus listrik, dan kuat medan magnet. Gaya Lorentz yang ditimbulkan makin besar, jika panjang kawat, kuat arus listrik, dan kuat medan magnet makin besar.



### Contoh

Kawat panjangnya 2 m berada tegak lurus dalam medan magnet 20 T. Jika kuat arus listrik yang mengalir 400 mA, berapakah besar gaya Lorentz yang dialami kawat?

#### Penyelesaian:

Diketahui:  $l = 2 \text{ m}$

$B = 20 \text{ T}$

$I = 400 \text{ mA} = 0,4 \text{ m}$

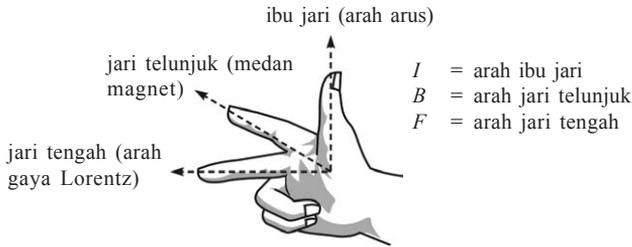
Ditanya:  $F = \dots ?$

Jawab:  $F = l \times I \times B$

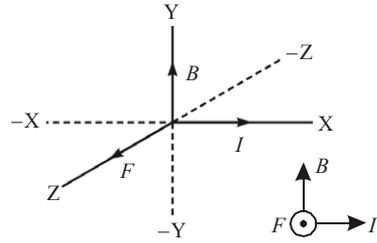
$= 2 \times 0,4 \times 20$

$= 16 \text{ N}$

Arah gaya Lorentz bergantung pada arah arus listrik dan arah medan magnet. Untuk menentukan arah gaya Lorentz digunakan kaidah atau aturan tangan kanan. Caranya rentangkan ketiga jari yaitu ibu jari, jari telunjuk, dan jari tengah sedemikian hingga membentuk sudut  $90^\circ$  (saling tegak lurus). Jika ibu jari menunjukkan arah arus listrik ( $I$ ) dan jari telunjuk menunjukkan arah medan magnet ( $B$ ) maka arah gaya Lorentz searah jari tengah ( $F$ ). Dalam bentuk tiga dimensi, arah yang tegak lurus mendekati pembaca diberi simbol  $\odot$ . Adapun arah yang tegak lurus menjauhi pembaca diberi simbol  $\otimes$ . Perhatikan Gambar 11.26.



▲ Gambar 11.25 Menentukan arah gaya Lorentz dengan kaidah tangan kanan



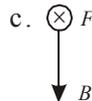
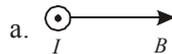
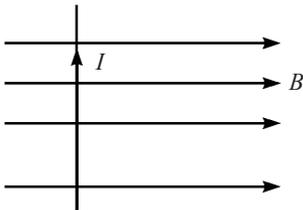
▲ Gambar 11.26 Arah gaya Lorentz digambarkan pada tiga dimensi

Gaya Lorentz yang ditimbulkan kawat berarus listrik dalam medan magnet dapat dimanfaatkan untuk membuat alat yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi gerak. Alat yang menerapkan gaya Lorentz adalah motor listrik dan alat-alat ukur listrik. Motor listrik banyak dijumpai pada tape recorder, pompa air listrik, dan komputer. Adapun, contoh alat ukur listrik yaitu amperemeter, voltmeter, dan ohmmeter.



## Latihan

- Sebutkan tiga cara memperbesar gaya Lorentz yang ditimbulkan kawat berarus dalam medan magnet.
- Berdasarkan gambar berikut, tentukan besarnya gaya Lorentz. ( $I = 4 \text{ A}$ ,  $B = 8 \text{ T}$ ,  $l = 10 \text{ m}$ )
- Tentukan arah gaya Lorentz gambar berikut.



## Rangkuman

- Gaya tarik magnet yang paling kuat berada pada ujung-ujungnya. Ujung magnet itu disebut kutub magnet.
- Ada tiga cara membuat magnet yaitu menggosok dengan magnet tetap, induksi, dan menggunakan arus listrik.

3. Medan magnet adalah ruang di sekitar magnet yang masih memiliki pengaruh gaya tarik atau gaya tolak magnet.
4. Garis gaya magnet adalah garis-garis lengkung yang menggambarkan pola medan magnet. Garis gaya magnet keluar dari kutub utara menuju kutub selatan.
5. Kutub magnet sejenis berdekatan saling tolak-menolak dan berlawanan jenis tarik-menarik.
6. Kutub utara magnet bumi terletak di sekitar kutub selatan geografis. Adapun kutub selatan magnet bumi terletak di sekitar kutub utara geografis.
7. Sudut yang dibentuk kutub utara jarum kompas dengan arah utara selatan geografis disebut deklinasi. Adapun, sudut yang dibentuk kutub utara jarum kompas dengan arah horizontal disebut inklinasi.
8. Menurut Oersted di sekitar kawat berarus listrik terdapat medan magnet.
9. Elektromagnet adalah kumparan berarus listrik yang di dalamnya terdapat inti besi. Kekuatan elektromagnet tergantung pada kuat arus, jumlah lilitan, dan inti besi.
10. Gaya Lorentz gaya interaksi antara medan magnet dari arus listrik dan medan magnet tetap. Besarnya dapat ditulis dalam bentuk rumus

$$F = B \times I \times l$$



## Refleksi

Apabila kamu sudah membaca isi bab ini dengan baik, seharusnya kamu sudah dapat mengerti tentang hal-hal berikut.

1. Cara membuat magnet.
2. Garis gaya magnet dan medan magnet.
3. Kemagnetan bumi.
4. Medan magnet yang ditimbulkan arus listrik.
5. Gaya Lorentz.

Apabila masih ada materi yang belum kamu pahami, tanyakan pada gurumu. Setelah paham, maka pelajailah bab selanjutnya.



## Glosarium

- interuptor* : pemutus arus.
- kemagnetan* : gejala fisika pada bahan yang memiliki kemampuan menimbulkan medan magnet.
- kutub magnet* : kedua ujung besi (magnet) yang paling kuat daya tariknya.
- magnet elementer* : bagian terkecil dari magnet yang masih mempunyai sifat magnet.
- motor listrik* : alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi gerak.
- solenoida* : kumparan yang panjang.
- relai* : alat yang bekerja atas dasar penggunaan arus yang kecil untuk menghubungkan atau memutuskan arus listrik yang besar.



## Uji Kompetensi

### Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu

#### A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

- Berikut ini yang termasuk bahan magnetik dan nonmagnetik adalah ....
  - besi dan nikel
  - baja dan bismut
  - nikel dan baja
  - seng dan emas
- Garis-garis lengkung yang keluar dari kutub utara menuju kutub selatan sebuah magnet disebut ....
  - kutub magnet
  - garis-garis gaya magnet
  - medan magnet
  - fluks magnet
- Gaya tarik magnet paling kuat terletak pada ....
  - seluruh bagian magnet
  - salah satu ujung magnet
  - bagian ujung-ujung magnet
  - bagian tengah magnet
- Berikut ini cara membuat magnet, *kecuali* ....
  - cara alami
  - cara induksi
  - cara menggosok
  - cara arus listrik
- Perhatikan gambar berikut.

A

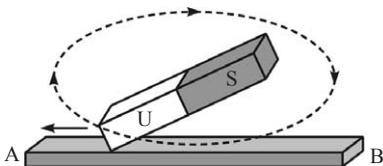
B

C

Benda A dapat menarik benda B dan tidak dapat menarik benda C. Pernyataan berikut benar, *kecuali* ....

  - benda A sebuah magnet
  - benda B merupakan benda magnetik
  - benda C merupakan benda nonmagnetik
  - benda C merupakan benda feromagnetik

6. Perhatikan gambar berikut ini.



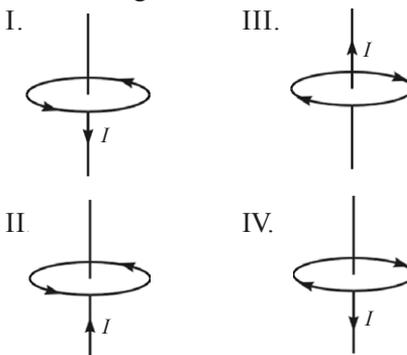
Jika besi/baja telah menjadi magnet, pernyataan berikut benar, *kecuali* ....

- A kutub utara dan B kutub selatan
  - A kutub selatan dan B kutub utara
  - A dan B kutub selatan
  - A dan B kutub utara
7. Ruang di sekitar magnet yang masih mempunyai pengaruh gaya tarik magnet disebut ....
- medan magnet
  - kutub magnet
  - fluks magnetik
  - garis-garis gaya magnet
8. Magnet listrik dapat diperoleh dengan cara ....
- mendekatkan besi/baja pada magnet tetap
  - melilitkan kawat berarus listrik DC pada baja/besi berisolasi
  - menggosokkan besi/baja dengan magnet tetap ke satu arah.
  - melilitkan kawat berarus listrik AC pada besi/baja berisolasi.
9. Jarum kompas selalu menunjuk arah utara selatan bumi, disebabkan adanya ....
- medan magnet bumi
  - gravitasi bumi
  - gaya tarik bumi
  - rotasi bumi
10. Sebuah magnet batang yang tergantung bebas, ternyata tidak menunjuk arah utara selatan sebab ....
- magnet tersebut sifat kemagnetannya sudah lemah
  - magnet tersebut berada dalam medan magnet yang lain

- magnet tersebut merupakan magnet sementara
- magnet tersebut tidak memiliki kutub utara dan selatan

11. Letak kutub utara magnet bumi adalah ....
- di sekitar khatulistiwa bumi
  - di sekitar kutub selatan bumi
  - di sekitar kutub utara bumi
  - di kutub utara bumi
12. Sebuah kompas diletakkan di bawah kawat lurus berarus listrik, ternyata jarum kompas akan menyimpang. Hal ini menunjukkan bahwa ....
- di sekitar magnet jarum pada kompas timbul medan magnet
  - di sekitar kawat lurus berarus listrik terdapat medan magnet
  - garis-garis gaya magnet dari magnet jarum kompas ditolak arus listrik
  - magnet jarum pada kompas menimbulkan arus listrik pada kawat.

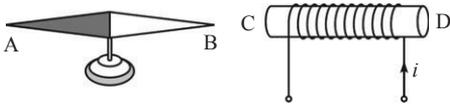
13. Perhatikan gambar berikut.



Arah medan magnet dari kawat lurus berarus listrik di atas yang benar adalah

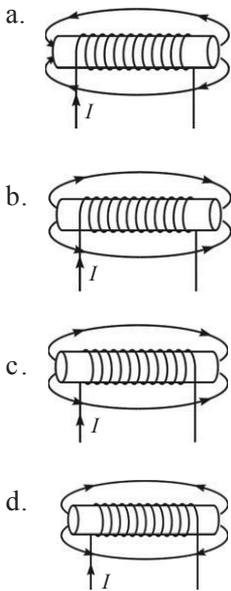
- ....
- I dan II
  - II dan III
  - I dan III
  - II dan IV

14. Perhatikan gambar berikut.



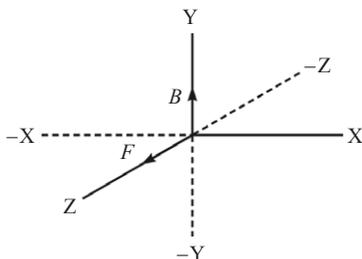
Pernyataan berikut yang *tidak* tepat adalah ....

- a. A : kutub selatan    c. C : kutub selatan  
 b. B : kutub selatan    d. D : kutub utara
15. Gambar berikut menunjukkan arah garis-garis gaya magnet yang dihasilkan oleh solenoida yang benar adalah ....



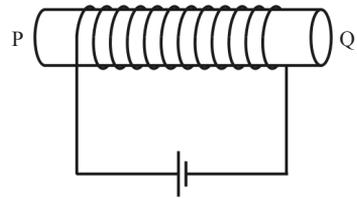
16. Kelompok alat berikut ini yang bekerja berdasarkan elektromagnet adalah ....
- a. bel listrik, telepon, dan kompor listrik  
 b. telepon, galvanometer, dan relai  
 c. relai, motor listrik, dan accumulator  
 d. setrika listrik, accumulator, dan galvanometer

17. Perhatikan gambar berikut.



Jika  $F$  : gaya Lorentz,  $B$  : kuat medan magnet,  $I$  : kuat arus listrik menurut aturan tangan kanan berimpit dengan sumbu ....

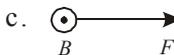
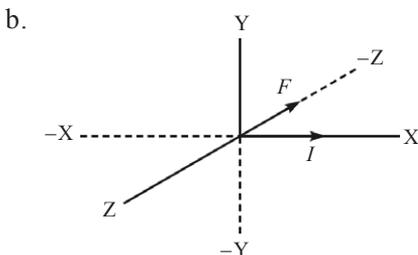
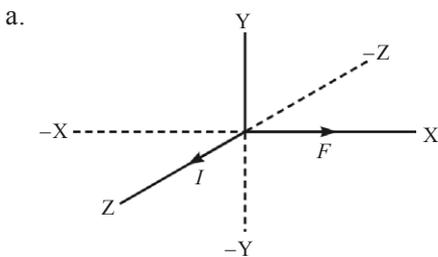
- a. Y  
 b.  $-Y$   
 c.  $-Z$   
 d. X
18. Kawat berarus listrik berada dalam medan magnet 60 tesla mengalami gaya Lorentz 12 N. Jika kawat itu berada dalam medan magnet 15 tesla, besar gaya Lorentz yang dialami kawat adalah ....
- a. 3 N  
 b. 36 N  
 c. 48 N  
 d. 75 N
19. Berdasarkan gambar elektromagnet, pernyataan berikut yang *tidak* tepat adalah ....



- a. P : kutub utara dan Q : kutub selatan  
 b. kemagnetannya mudah dihilangkan  
 c. kutub-kutub magnet yang dihasilkan sulit diubah  
 d. kemagnetannya tidak tergantung hambatan lilitan
20. Hal berikut yang tidak dapat memperbesar medan magnet yang dihasilkan elektromagnet adalah ....
- a. memperbanyak lilitan  
 b. memperbesar inti besi  
 c. memperbesar hambatan  
 d. kuat arus diperbesar

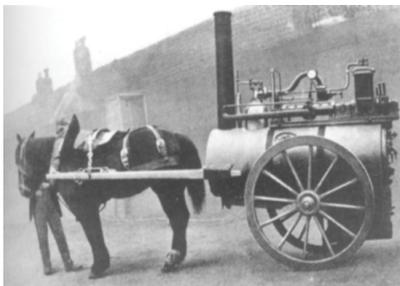
**B. Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas.**

1. Sebutkan sifat-sifat dua kutub magnet yang saling berdekatan.
2. Sebutkan tiga faktor yang memengaruhi besar medan magnet yang dihasilkan oleh elektromagnet.
3. Sebutkan tiga faktor yang memengaruhi besarnya gaya Lorentz.
4. Sebuah kawat panjangnya 10 m berada tegak lurus dalam medan magnet sebesar 60 tesla. Jika kuat arus listrik yang mengalir pada kawat 2 A, tentukan besarnya gaya Lorentz.
5. Ke manakah arah medan magnet, bila arah gaya Lorentz dan arah arus ditunjukkan gambar berikut?



# Bab 12

# INDUKSI ELEKTROMAGNETIK



Sumber: *Jendela Iptek*, 2001

*Listrik dalam era industri merupakan keperluan yang sangat vital. Dengan adanya transformator, keperluan listrik pada tegangan yang sesuai dapat terpenuhi. Dahulu untuk membawa listrik diperlukan kuda. Kuda (pada gambar) sedang membawa pembangkit listrik untuk penerangan lapangan ski. Seandainya transformator belum ditemukan, berapa ekor kuda yang diperlukan untuk penerangan sebuah kota?*

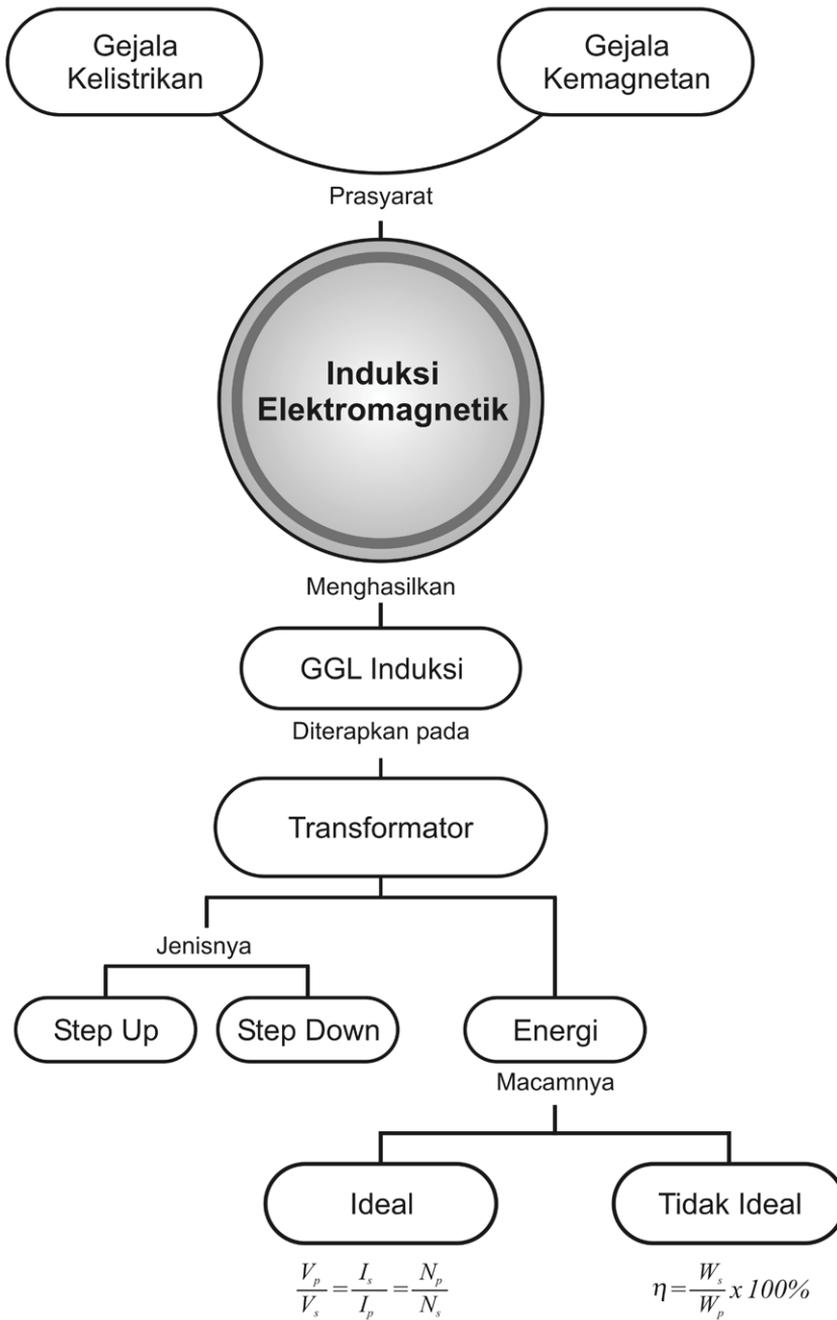
*Fenomena pemindahan listrik akan kamu pelajari pada bab ini. Pada bab ini kamu akan mempelajari pemanfaatan kemagnetan dalam produk teknologi.*

## ❖ Pretest ❖

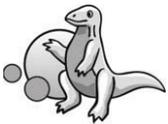
1. Bagaimanakah cara membuat elektromagnetik?
2. Apakah kegunaan galvanometer?
3. Berilah contoh alat yang dapat mengubah energi gerak menjadi energi listrik.

## ❖ Kata-Kata Kunci ❖

- arus induksi
- dinamo
- efisiensi transformator
- fluks magnetik
- generator
- GGL induksi
- transformator
- transmisi daya listrik



Adakah pusat pembangkit listrik di dekat rumahmu? Pembangkit listrik biasanya terletak jauh dari permukiman penduduk. Untuk membawa energi listrik, atau lebih dikenal transmisi daya listrik, diperlukan kabel yang sangat panjang. Kabel yang demikian dapat menurunkan tegangan. Karena itu diperlukan alat yang dapat menaikkan kembali tegangan sesuai keperluan. Pernahkah kamu melihat tabung berwarna biru yang dipasang pada tiang listrik? Alat tersebut adalah transformator yang berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan tegangan. Bagaimanakah cara menaikkan dan menurunkan tegangan listrik? Untuk memahami hal ini pelajari uraian berikut.



## A. GGL INDUKSI

Pada bab sebelumnya, kamu sudah mengetahui bahwa kelistrikan dapat menghasilkan kemagnetan. Menurutmu, dapatkah kemagnetan menimbulkan kelistrikan?

Kemagnetan dan kelistrikan merupakan dua gejala alam yang prosesnya dapat dibolak-balik. Ketika H.C. Oersted membuktikan bahwa di sekitar kawat berarus listrik terdapat medan magnet (artinya listrik menimbulkan magnet), para ilmuwan mulai berpikir keterkaitan antara kelistrikan dan kemagnetan. Tahun 1821 Michael Faraday membuktikan bahwa perubahan medan magnet dapat menimbulkan arus listrik (artinya magnet menimbulkan listrik) melalui eksperimen yang sangat sederhana. Sebuah magnet yang digerakkan masuk dan keluar pada kumparan dapat menghasilkan arus listrik pada kumparan itu. Untuk lebih memahami timbulnya listrik dari magnet, cobalah kamu melakukan kegiatan berikut. Sebelumnya bentuklah satu kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:

*menjelaskan hubungan antara pergerakan garis medan magnetik dengan terjadinya GGL induksi melalui percobaan.*



## Kegiatan 12.1

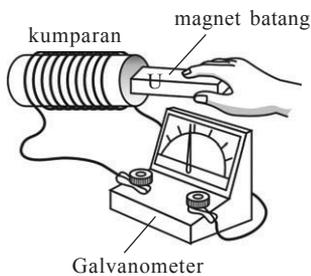
**Tujuan:** Mengamati terjadinya arus listrik yang ditimbulkan sebuah magnet.

**Alat dan Bahan:**

- Kumparan 500 lilitan
- Galvanometer
- Magnet batang
- Kabel

**Cara Kerja:**

1. Rangkailah alat seperti gambar.
2. Gerakkan kutub utara magnet batang masuk keluar pada kumparan dan amati jarum galvanometer.
3. Baliklah magnet batang dan gerakkan kutub selatan masuk keluar pada kumparan dan amati jarum galvanometer.
4. Diamkan magnet batang dalam kumparan dan amati jarum galvanometer.



### Pertanyaan:

1. Bagaimanakah gerak jarum galvanometer pada saat:
  - a. kutub utara dimasuk-keluarkan kumparan,
  - b. kutub selatan dimasuk-keluarkan kumparan,
  - c. magnet diam di dalam kumparan?
2. Menunjukkan hal apakah gerak jarum galvanometer?
3. Diskusikan pengamatan kelompokmu. Tuliskan kesimpulannya di buku kerjamu.

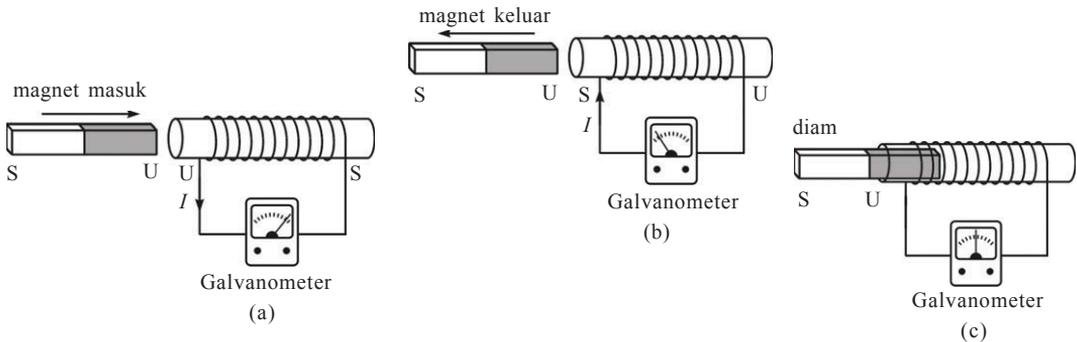
Galvanometer merupakan alat yang dapat digunakan untuk mengetahui ada tidaknya arus listrik yang mengalir. Ketika sebuah magnet yang digerakkan masuk dan keluar pada kumparan (seperti kegiatan di atas), jarum galvanometer menyimpang ke kanan dan ke kiri. Bergeraknya jarum galvanometer menunjukkan bahwa magnet yang digerakkan keluar dan masuk pada kumparan menimbulkan arus listrik. Arus listrik bisa terjadi jika pada ujung-ujung kumparan terdapat GGL (gaya gerak listrik). GGL yang terjadi di ujung-ujung kumparan dinamakan GGL induksi. Arus listrik hanya timbul pada saat magnet bergerak. Jika magnet diam di dalam kumparan, di ujung kumparan tidak terjadi arus listrik.

### 1. Penyebab Terjadinya GGL Induksi

Ketika kutub utara magnet batang digerakkan masuk ke dalam kumparan, jumlah garis gaya-gaya magnet yang terdapat di dalam kumparan bertambah banyak. Bertambahnya jumlah garis-garis gaya ini menimbulkan GGL induksi pada ujung-ujung kumparan. GGL induksi yang ditimbulkan menyebabkan arus listrik mengalir menggerakkan jarum galvanometer. Arah arus induksi dapat ditentukan dengan cara memerhatikan arah medan magnet yang ditimbulkannya. Pada saat magnet masuk, garis gaya dalam kumparan bertambah. Akibatnya medan magnet hasil arus induksi bersifat mengurangi garis gaya itu. Dengan demikian, ujung kumparan itu merupakan kutub utara sehingga arah arus induksi seperti yang ditunjukkan Gambar 12.1.a (ingat kembali cara menentukan kutub-kutub solenoida).

Ketika kutub utara magnet batang digerakkan keluar dari dalam kumparan, jumlah garis-garis gaya magnet yang terdapat di dalam kumparan berkurang. Berkurangnya jumlah garis-garis gaya ini juga menimbulkan GGL induksi pada ujung-ujung kumparan. GGL induksi yang ditimbulkan menyebabkan arus listrik mengalir dan menggerakkan jarum galvanometer. Sama halnya ketika magnet batang masuk ke kumparan. pada saat magnet keluar garis gaya dalam kumparan berkurang. Akibatnya medan magnet hasil arus induksi bersifat menambah garis gaya itu. Dengan demikian, ujung kumparan itu merupakan kutub selatan, sehingga arah arus induksi seperti yang ditunjukkan Gambar 12.1.b.

Ketika kutub utara magnet batang diam di dalam kumparan, jumlah garis-garis gaya magnet di dalam kumparan tidak terjadi perubahan (tetap). Karena jumlah garis-garis gaya tetap, maka pada ujung-ujung kumparan tidak terjadi GGL induksi. Akibatnya, tidak terjadi arus listrik dan jarum galvanometer tidak bergerak.



▲ Gambar 12.1 Gerak masuk keluarnya magnet di dalam kumparan

Jadi, GGL induksi dapat terjadi pada kedua ujung kumparan jika di dalam kumparan terjadi perubahan jumlah garis-garis gaya magnet (fluks magnetik). GGL yang timbul akibat adanya perubahan jumlah garis-garis gaya magnet dalam kumparan disebut GGL induksi. Arus listrik yang ditimbulkan GGL induksi disebut arus induksi. Peristiwa timbulnya GGL induksi dan arus induksi akibat adanya perubahan jumlah garis-garis gaya magnet disebut induksi elektromagnetik. Coba sebutkan bagaimana cara memperlakukan magnet dan kumparan agar timbul GGL induksi?

## 2. Faktor yang Memengaruhi Besar GGL Induksi

Sebenarnya besar kecil GGL induksi dapat dilihat pada besar kecilnya penyimpangan sudut jarum galvanometer. Jika sudut penyimpangan jarum galvanometer besar, GGL induksi dan arus induksi yang dihasilkan besar. Bagaimanakah cara memperbesar GGL induksi? Untuk memahami hal ini, cobalah kamu melakukan Kegiatan 12.2. Sebelumnya, bentuklah satu kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.



### Kegiatan 12.2

**Tujuan:** Menyelidiki faktor yang memengaruhi besar GGL induksi

**Alat dan Bahan:**

- Kumparan 500 dan 1.200 lilitan
- Galvanometer
- Dua magnet batang
- Kabel

### **Cara Kerja:**

1. Rangkailah kumparan 500 lilitan dengan galvanometer hingga membentuk rangkaian tertutup.
2. Gerakkan magnet batang masuk-keluar pada kumparan 500 lilitan pelan-pelan dan amati penyimpangan jarum galvanometer.
3. Gerakkan magnet batang keluar-masuk pada kumparan dengan cepat dan amati penyimpangan jarum galvanometer.
4. Gunakan dua magnet batang dengan gerakan seperti cara kerja nomor 2 dan amati jarum galvanometer.
5. Gerakkan magnet batang keluar-masuk pada kumparan 1.200 lilitan dengan gerakan seperti cara kerja nomor 2.
6. Catatlah hasil pengamatanmu pada tabel di dalam buku kerjamu.

### **Pertanyaan:**

1. Pada data di atas, bilamanakah menghasilkan simpangan jarum galvanometer terbesar?
2. Faktor-faktor apa sajakah yang dapat memperbesar GGL induksi?
3. Diskusikan hasil pengamatan kelompokmu. Nyatakan kesimpulannya di buku kerjamu.

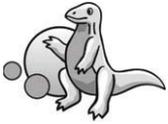
Apabila dilakukan dengan cermat, percobaan di atas akan menunjukkan bahwa penyimpangan jarum galvanometer makin besar ketika gerakan magnet dipercepat, jumlah lilitan diperbanyak, atau magnet diperbanyak. Jadi, ada tiga faktor yang memengaruhi GGL induksi, yaitu

1. kecepatan gerakan magnet atau kecepatan perubahan jumlah garis-garis gaya magnet (fluks magnetik),
2. jumlah lilitan,
3. medan magnet.



### **Latihan**

1. Apakah penyebab terjadinya GGL induksi?
2. Mengapa magnet yang diam di dalam kumparan tidak menimbulkan GGL induksi?
3. Apakah perubahan bentuk energi yang terjadi pada peristiwa induksi elektromagnetik?
4. Sebutkan tiga cara memperbesar arus induksi.



## B. PENERAPAN INDUKSI ELEKTRO-MAGNETIK

Pada induksi elektromagnetik terjadi perubahan bentuk energi gerak menjadi energi listrik. Induksi elektromagnetik digunakan pada pembangkit energi listrik. Pembangkit energi listrik yang menerapkan induksi elektromagnetik adalah generator dan dinamo. Di dalam generator dan dinamo terdapat kumparan dan magnet.

Kumparan atau magnet yang berputar menyebabkan terjadinya perubahan jumlah garis-garis gaya magnet dalam kumparan. Perubahan tersebut menyebabkan terjadinya GGL induksi pada kumparan. Energi mekanik yang diberikan generator dan dinamo diubah ke dalam bentuk energi gerak rotasi. Hal itu menyebabkan GGL induksi dihasilkan secara terus-menerus dengan pola yang berulang secara periodik.

### 1. Generator

Generator dibedakan menjadi dua, yaitu generator arus searah (DC) dan generator arus bolak-balik (AC). Baik generator AC dan generator DC memutar kumparan di dalam medan magnet tetap. Generator AC sering disebut alternator. Arus listrik yang dihasilkan berupa arus bolak-balik. Ciri generator AC menggunakan cincin ganda. Generator arus DC, arus yang dihasilkan berupa arus searah. Ciri generator DC menggunakan cincin belah (komutator). Jadi, generator AC dapat diubah menjadi generator DC dengan cara mengganti cincin ganda dengan sebuah komutator.

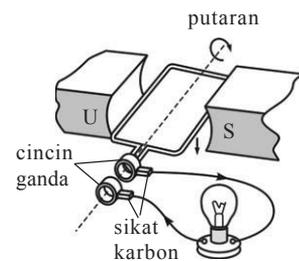
Sebuah generator AC kumparan berputar di antara kutub-kutub yang tak sejenis dari dua magnet yang saling berhadapan. Kedua kutub magnet akan menimbulkan medan magnet. Kedua ujung kumparan dihubungkan dengan sikat karbon yang terdapat pada setiap cincin. Kumparan merupakan bagian generator yang berputar (bergerak) disebut rotor. Magnet tetap merupakan bagian generator yang tidak bergerak disebut stator. Bagaimanakah generator bekerja?

Ketika kumparan sejajar dengan arah medan magnet (membentuk sudut  $0^\circ$ ), belum terjadi arus listrik dan tidak terjadi GGL induksi (perhatikan Gambar 12.2). Pada saat kumparan berputar perlahan-lahan, arus dan GGL beranjak naik sampai kumparan membentuk sudut  $90^\circ$ . Saat itu posisi kumparan tegak lurus dengan arah medan magnet. Pada kedudukan ini kuat arus dan GGL induksi menunjukkan nilai maksimum. Selanjutnya, putaran kumparan terus berputar, arus dan GGL makin berkurang. Ketika kumparan membentuk sudut  $180^\circ$  kedudukan kumparan sejajar dengan arah medan magnet, maka GGL induksi dan arus induksi menjadi nol.

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:

*menjelaskan prinsip kerja dinamo/generator.*

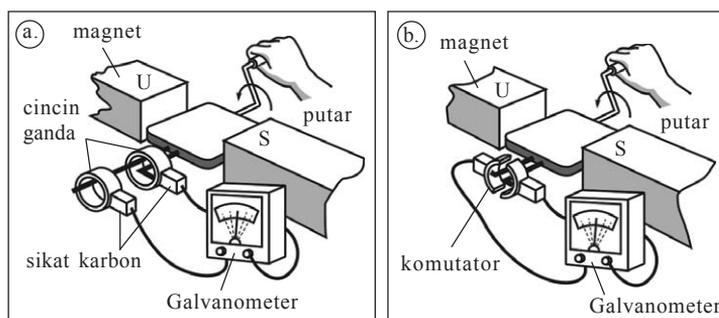


▲ Gambar 12.2 Bagan generator AC

Putaran kumparan berikutnya arus dan tegangan mulai naik lagi dengan arah yang berlawanan. Pada saat membentuk sudut  $270^\circ$ , terjadi lagi kumparan berarus tegak lurus dengan arah medan magnet. Pada kedudukan kuat arus dan GGL induksi menunjukkan nilai maksimum lagi, namun arahnya berbeda. Putaran kumparan selanjutnya, arus dan tegangan turun perlahan-lahan hingga mencapai nol dan kumparan kembali ke posisi semula hingga membentuk sudut  $360^\circ$ .

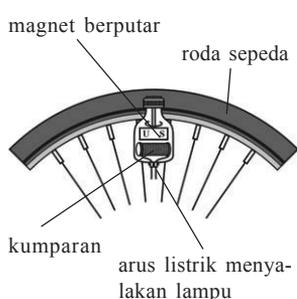
## 2. Dinamo

Dinamo dibedakan menjadi dua yaitu, dinamo arus searah (DC) dan dinamo arus bolak-balik (AC). Prinsip kerja dinamo sama dengan generator yaitu memutar kumparan di dalam medan magnet atau memutar magnet di dalam kumparan. Bagian dinamo yang berputar disebut rotor. Bagian dinamo yang tidak bergerak disebut stator.



▲ Gambar 12.3 a. Bagan dinamo AC, b. Bagan dinamo DC

Perbedaan antara dinamo DC dengan dinamo AC terletak pada cincin yang digunakan. Pada dinamo arus searah menggunakan satu cincin yang dibelah menjadi dua yang disebut cincin belah (komutator). Cincin ini memungkinkan arus listrik yang dihasilkan pada rangkaian luar dinamo berupa arus searah walaupun di dalam dinamo sendiri menghasilkan arus bolak-balik. Adapun, pada dinamo arus bolak-balik menggunakan cincin ganda (dua cincin).



▲ Gambar 12.4 Dinamo sepeda

Alat pembangkit listrik arus bolak-balik yang paling sederhana adalah dinamo sepeda. Tenaga yang digunakan untuk memutar rotor adalah roda sepeda. Jika roda berputar, kumparan atau magnet ikut berputar. Akibatnya, timbul GGL induksi pada ujung-ujung kumparan dan arus listrik mengalir.

Makin cepat gerakan roda sepeda, makin cepat magnet atau kumparan berputar. Makin besar pula GGL induksi dan arus listrik yang dihasilkan. Jika dihubungkan dengan lampu, nyala lampu makin terang. GGL induksi pada dinamo dapat diperbesar dengan cara putaran roda dipercepat, menggunakan magnet yang kuat (besar), jumlah lilitan diperbanyak, dan menggunakan inti besi lunak di dalam kumparan.



## Latihan

1. Perubahan energi apakah yang terjadi pada generator dan dinamo?
2. Apakah yang dimaksud komutator dan apa fungsinya?
3. Bagaimanakah cara mengubah dinamo AC menjadi dinamo DC?
4. Apakah yang kamu lakukan agar GGL induksi yang dihasilkan generator membesar?

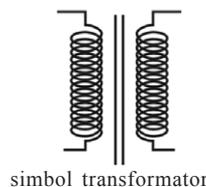
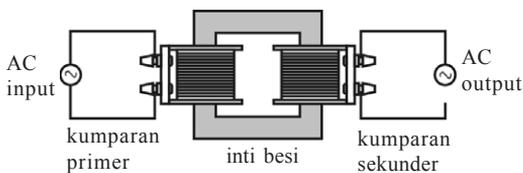


## C. TRANSFORMATOR

Di rumah mungkin kamu pernah dihadapkan persoalan tegangan listrik, ketika kamu akan menghidupkan radio yang memerlukan tegangan 6 V atau 12 V. Padahal tegangan listrik yang disediakan PLN 220 V. Bahkan generator pembangkit listrik menghasilkan tegangan listrik yang sangat tinggi mencapai hingga puluhan ribu volt. Kenyataannya sampai di rumah tegangan listrik tinggal 220 V. Bagaimanakah cara mengubah tegangan listrik?

Alat yang digunakan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan AC disebut transformator (trafo). Trafo memiliki dua terminal, yaitu terminal input dan terminal output. Terminal input terdapat pada kumparan primer. Terminal output terdapat pada kumparan sekunder. Tegangan listrik yang akan diubah dihubungkan dengan terminal input. Adapun, hasil pengubahan tegangan diperoleh pada terminal output. Prinsip kerja transformator menerapkan peristiwa induksi elektromagnetik.

Jika pada kumparan primer dialiri arus AC, inti besi yang dililiti kumparan akan menjadi magnet (elektromagnet). Karena arus AC, pada elektromagnet selalu terjadi perubahan garis gaya magnet. Perubahan garis gaya tersebut akan bergeser ke kumparan sekunder. Dengan demikian, pada kumparan sekunder juga terjadi perubahan garis gaya magnet. Hal itulah yang menimbulkan GGL induksi pada kumparan sekunder. Adapun, arus induksi yang dihasilkan adalah arus AC yang besarnya sesuai dengan jumlah lilitan sekunder.



▲ Gambar 12.5 Susunan sebuah trafo

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:

- menjelaskan prinsip sederhana cara kerja transformator;
- menunjukkan hubungan antara pergeseran garis medan magnetik dengan terjadinya GGL induksi

Untuk lebih memahami cara kerja transformator lakukan kegiatan berikut secara berkelompok. Sebelumnya bentuklah satu kelompok yang terdiri atas 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.

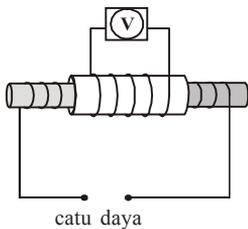


### Kegiatan 12.3

**Tujuan:** Mengetahui prinsip kerja transformator.

**Alat dan Bahan:**

- Inti besi
- Voltmeter
- Kertas
- Penghantar
- Catu daya



**Cara Kerja:**

1. Lilitkanlah penghantar pada inti besi.
2. Tutuplah lilitan pada inti besi dengan kertas. Selanjutnya lilitkanlah penghantar pada gulungan kertas seperti gambar.
3. Pasangkanlah rangkaian alat tersebut pada catu daya.
4. Amatilah jarum pada voltmeter.

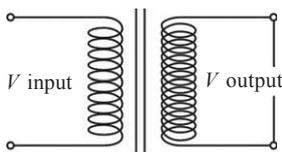
**Pertanyaan:**

1. Bagaimanakah jarum penunjuk pada voltmeter? Mengapa demikian?
2. Catatlah kesimpulan kelompokmu di buku kerjamu.

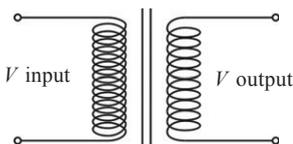
Bagian utama transformator ada tiga, yaitu inti besi yang berlapis-lapis, kumparan primer, dan kumparan sekunder. Kumparan primer yang dihubungkan dengan PLN sebagai tegangan masukan (input) yang akan dinaikkan atau diturunkan. Kumparan sekunder dihubungkan dengan beban sebagai tegangan keluaran (output).

### 1. Macam-Macam Transformator

Apabila tegangan terminal output lebih besar daripada tegangan yang diubah, trafo yang digunakan berfungsi sebagai penaik tegangan. Sebaliknya apabila tegangan terminal output lebih kecil daripada tegangan yang diubah, trafo yang digunakan berfungsi sebagai penurun tegangan. Dengan demikian, transformator (trafo) dibedakan menjadi dua, yaitu trafo step up dan trafo step down.



▲ Gambar 12.6 Skema sebuah trafo step up



▲ Gambar 12.7 Skema sebuah trafo step down

Trafo *step up* adalah transformator yang berfungsi untuk menaikkan tegangan AC. Trafo ini memiliki ciri-ciri:

- a. jumlah lilitan primer lebih sedikit daripada jumlah lilitan sekunder,
- b. tegangan primer lebih kecil daripada tegangan sekunder,
- c. kuat arus primer lebih besar daripada kuat arus sekunder.

Trafo *step down* adalah transformator yang berfungsi untuk menurunkan tegangan AC. Trafo ini memiliki ciri-ciri:

- a. jumlah lilitan primer lebih banyak daripada jumlah lilitan sekunder,

- b. tegangan primer lebih besar daripada tegangan sekunder,
- c. kuat arus primer lebih kecil daripada kuat arus sekunder.

## 2. Transformator Ideal

Besar tegangan dan kuat arus pada trafo bergantung banyaknya lilitan. Besar tegangan sebanding dengan jumlah lilitan. Makin banyak jumlah lilitan tegangan yang dihasilkan makin besar. Hal ini berlaku untuk lilitan primer dan sekunder. Hubungan antara jumlah lilitan primer dan sekunder dengan tegangan primer dan tegangan sekunder dirumuskan

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

Trafo dikatakan ideal jika tidak ada energi yang hilang menjadi kalor, yaitu ketika jumlah energi yang masuk pada kumparan primer sama dengan jumlah energi yang keluar pada kumparan sekunder. Hubungan antara tegangan dengan kuat arus pada kumparan primer dan sekunder dirumuskan

$$W_p = W_s$$

$$V_p \times I_p \times t = V_s \times I_s \times t$$

Jika kedua ruas dibagi dengan  $t$ , diperoleh rumus

$$V_p \times I_p = V_s \times I_s$$

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

Dalam hal ini faktor  $(V \times I)$  adalah daya ( $P$ ) transformator.

Berdasarkan rumus-rumus di atas, hubungan antara jumlah lilitan primer dan sekunder dengan kuat arus primer dan sekunder dapat dirumuskan sebagai

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

Dengan demikian untuk transformator ideal akan berlaku persamaan berikut.

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} = \frac{N_p}{N_s}$$

Dengan:

$V_p$  = tegangan primer (tegangan input =  $V_i$ ) dengan satuan volt (V)

$V_s$  = tegangan sekunder (tegangan output =  $V_o$ ) dengan satuan volt (V)

$N_p$  = jumlah lilitan primer

$N_s$  = jumlah lilitan sekunder

$I_p$  = kuat arus primer (kuat arus input =  $I_i$ ) dengan satuan ampere (A)

$I_s$  = kuat arus sekunder (kuat arus output =  $I_o$ ) dengan satuan ampere (A)



## Contoh

1. Sebuah trafo digunakan untuk menaikkan tegangan AC dari 12 V menjadi 120 V. Hitunglah:
- kuat arus primer, jika kuat arus sekunder 0,6 A,
  - jumlah lilitan sekunder, jika jumlah lilitan primer 300.

### Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Diketahui: } V_p &= 12 \text{ V} & I_s &= 0,6 \text{ A} \\ V_s &= 120 \text{ V} & N_p &= 300 \end{aligned}$$

$$\text{Ditanya: a. } I_p = \dots ?$$

$$\text{b. } N_s = \dots ?$$

Jawab:

$$\begin{aligned} \text{a. } \frac{V_p}{V_s} &= \frac{I_s}{I_p} & \text{b. } \frac{V_p}{V_s} &= \frac{N_p}{N_s} \\ \frac{12}{120} &= \frac{0,6}{I_p} & \frac{12}{120} &= \frac{300}{N_s} \\ I_p &= 6 \text{ A} & N_s &= 3.000 \end{aligned}$$

Jadi, kuat arus primernya 0,6 A dan kumparan sekunder terdiri atas 3.000 lilitan.

2. Sebuah transformator dihubungkan dengan PLN pada tegangan 100 V menyebabkan kuat arus pada kumparan primer 10 A. Jika perbandingan jumlah lilitan primer dan sekunder 1 : 25, hitunglah:
- tegangan pada kumparan sekunder,
  - kuat arus pada kumparan sekunder.

### Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Diketahui: } V_p &= 100 \text{ V} \\ I_p &= 10 \text{ A} \\ \frac{N_p}{N_s} &= \frac{1}{25} \end{aligned}$$

$$\text{Ditanya: a. } V_s = \dots ?$$

$$\text{b. } I_s = \dots ?$$

Jawab:

$$\begin{aligned} \text{a. } \frac{V_p}{V_s} &= \frac{N_p}{N_s} & \text{b. } \frac{N_p}{N_s} &= \frac{I_s}{I_p} \\ \frac{100}{V_s} &= \frac{1}{25} & \frac{1}{25} &= \frac{I_s}{10} \\ V_s &= 2.500 \text{ V} & I_s &= \frac{10}{25} \\ & & &= 0,4 \text{ A} \end{aligned}$$

Jadi, tegangan sekundernya 2.500 V dan kuat arus sekundernya 0,4 A.

### 3. Efisiensi Transformator

Di bagian sebelumnya kamu sudah mempelajari transformator atau trafo yang ideal. Namun, pada kenyataannya trafo tidak pernah ideal. Jika trafo digunakan, selalu timbul energi kalor. Dengan demikian, energi listrik yang masuk pada kumparan primer selalu lebih besar daripada energi yang keluar pada kumparan sekunder. Akibatnya, daya primer lebih besar daripada daya sekunder. Berkurangnya daya dan energi listrik pada sebuah trafo ditentukan oleh besarnya efisiensi trafo.

Perbandingan antara daya sekunder dengan daya primer atau hasil bagi antara energi sekunder dengan energi primer yang dinyatakan dengan persen disebut efisiensi trafo. Efisiensi trafo dinyatakan dengan  $\eta$ . Besar efisiensi trafo dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\eta = \frac{W_s}{W_p} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{P_s}{P_p} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{V_s \times I_s}{V_p \times I_p} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{N_s \times I_s}{N_p \times I_p} \times 100\%$$



#### Contoh

1. Sebuah trafo arus primer dan sekundernya masing-masing 0,8 A dan 0,5 A. Jika jumlah lilitan primer dan sekunder masing-masing 100 dan 800, berapakah efisiensi trafo?

#### Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Diketahui: } I_p &= 0,8 \text{ A} & N_p &= 1.000 \\ I_s &= 0,5 \text{ A} & N_s &= 800 \end{aligned}$$

$$\text{Ditanya: } \eta = \dots ?$$

$$\begin{aligned} \text{Jawab: } \eta &= \frac{N_s \times I_s}{N_p \times I_p} \times 100\% \\ \eta &= \frac{800 \times 0,5}{1.000 \times 0,8} \times 100\% \\ &= \frac{400}{800} \times 100\% = 50\% \end{aligned}$$

Jadi, efisiensi trafo sebesar 50%.

2. Efisiensi sebuah trafo 60%. Jika energi listrik yang dikeluarkan 300 J, berapakah energi listrik yang masuk trafo?

#### Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Diketahui: } \eta &= 60\% \\ W_s &= 300 \text{ J} \\ \text{Ditanya: } W_p &= \dots ? \end{aligned}$$

Jawab: 
$$\eta = \frac{W_s}{W_p} \times 100\%$$

$$60\% = \frac{300}{W_p} \times 100\%$$

$$6 = \frac{3.000}{W_p}$$

$$W_p = \frac{3.000}{6} = 500 \text{ J}$$

Jadi, energi yang masuk trafo sebesar 500 J.

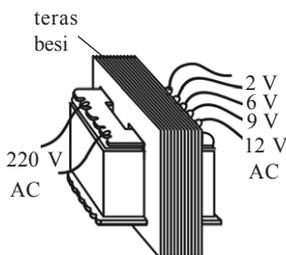


## Latihan

1. Tegangan primer dan sekunder sebuah trafo masing-masing 10 V dan 200 V. Jika jumlah lilitan sekunder 6.000, berapakah jumlah lilitan primer?
2. Sebuah trafo step down digunakan untuk mengubah tegangan AC dari 220 V menjadi 20 V. Berapakah:
  - a. perbandingan jumlah lilitan primer dan sekunder;
  - b. jumlah lilitan sekunder, jika jumlah lilitan primer 100?
3. Manakah yang lebih bagus kualitasnya trafo A efisiensinya 85% dan trafo B yang efisiensinya 90%? Mengapa? Coba jelaskan.

## 4. Penggunaan Transformator

Banyak peralatan listrik di rumah yang menggunakan transformator step down. Trafo tersebut berfungsi untuk menurunkan tegangan listrik PLN yang besarnya 220 V menjadi tegangan lebih rendah sesuai dengan kebutuhan. Sebelum masuk rangkaian elektronik pada alat, tegangan 220 V dari PLN dihubungkan dengan trafo step down terlebih dahulu untuk diturunkan. Misalnya kebutuhan peralatan listrik 25 V. Jika alat itu langsung dihubungkan dengan PLN, alat itu akan rusak atau terbakar. Namun, apabila alat itu dipasang trafo step down yang mampu mengubah tegangan 220 V menjadi 25 V, alat itu akan terhindar dari kerusakan. Ada beberapa alat yang menggunakan transformator antara lain catu daya, adaptor, dan transmisi daya listrik jarak jauh.



▲ Gambar 12.8 Catu daya

### a. Power supply (catu daya)

Catu daya merupakan alat yang digunakan untuk menghasilkan tegangan AC yang rendah. Catu daya menggunakan trafo step down yang berfungsi untuk menurunkan tegangan 220 V menjadi beberapa tegangan AC yang besarnya antara 2 V sampai 12 V.

## b. Adaptor (penyearah arus)

Adaptor terdiri atas trafo step down dan rangkaian penyearah arus listrik yang berupa diode. Adaptor merupakan catu daya yang ditambah dengan penyearah arus. Fungsi penyearah arus adalah mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC.

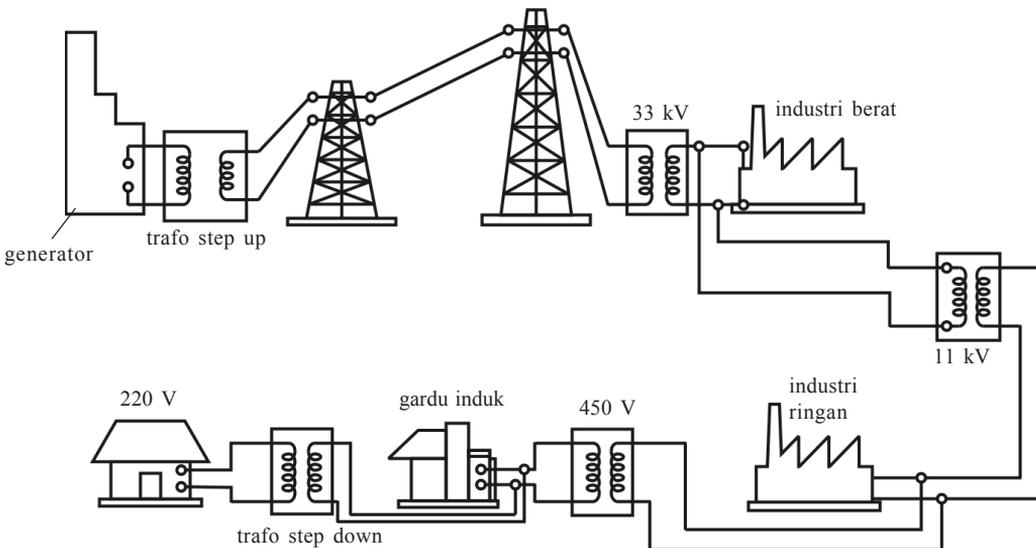


Sumber: Dok. Penerbit

▲ Gambar 12.9 Adaptor

## c. Transmisi daya listrik jarak jauh

Pembangkit listrik biasanya dibangun jauh dari permukiman penduduk. Proses pengiriman daya listrik kepada pelanggan listrik (konsumen) yang jaraknya jauh disebut transmisi daya listrik jarak jauh. Untuk menyalurkan energi listrik ke konsumen yang jauh, tegangan yang dihasilkan generator pembangkit listrik perlu dinaikkan mencapai ratusan ribu volt. Untuk itu, diperlukan trafo step up. Tegangan tinggi ditransmisikan melalui kabel jaringan listrik yang panjang menuju konsumen. Sebelum masuk ke rumah-rumah penduduk tegangan diturunkan menggunakan trafo step down hingga menghasilkan 220 V. Transmisi daya listrik jarak jauh dapat dilakukan dengan menggunakan tegangan besar dan arus yang kecil. Dengan cara itu akan diperoleh beberapa keuntungan, yaitu energi yang hilang dalam perjalanan dapat dikurangi dan kawat penghantar yang diperlukan dapat lebih kecil serta harganya lebih murah.

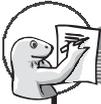


▲ Gambar 12.10 Transmisi daya listrik jarak jauh menggunakan trafo step up dan step down



## Latihan

1. Apakah perbedaan antara catu daya dengan adaptor?
2. Mengapa transmisi daya listrik jarak jauh menggunakan trafo?



## Rangkuman

1. Menurut Faraday, adanya perubahan medan magnet pada suatu kumparan dapat menimbulkan gaya gerak listrik.
2. Besar GGL induksi bergantung pada tiga faktor, yaitu
  - a. kecepatan perubahan jumlah garis-garis gaya magnet,
  - b. jumlah lilitan,
  - c. kuat medan magnet.
3. Arah arus induksi dalam kumparan selalu sedemikian rupa sehingga menghasilkan medan magnet yang menentang sebab-sebab yang menimbulkannya.
4. Induksi elektromagnetik diterapkan pada: generator, dinamo, dan trafo.
5. Fungsi generator atau dinamo adalah untuk mengubah energi kinetik menjadi energi listrik.
6. Fungsi transformator atau trafo adalah menaikkan atau menurunkan tegangan AC. Untuk menaikkan tegangan listrik digunakan trafo step-up, sedangkan untuk menurunkan tegangan listrik digunakan trafo step-down.
7. Pada transformator ideal berlaku rumus

$$\frac{V_P}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} = \frac{N_p}{N_s}$$

8. Untuk transformator yang tidak ideal berlaku rumus efisiensi

$$\begin{aligned} \bullet \eta &= \frac{W_S}{W_P} \times 100\% & \bullet \eta &= \frac{N_s \times I_s}{N_p \times I_p} \times 100\% \\ \bullet \eta &= \frac{P_s}{P_P} \times 100\% & \bullet \eta &= \frac{N_s \times I_s}{V_p \times I_p} \times 100\% \end{aligned}$$

9. Transformator digunakan pada catu daya, adaptor, dan instalasi transmisi daya listrik jarak jauh
10. Transmisi daya listrik jarak jauh dapat dilakukan dengan menggunakan tegangan yang besar dan arus yang kecil. Dengan cara ini akan diperoleh beberapa keuntungan, yaitu energi yang hilang dalam perjalanan dapat dikurangi dan kawat penghantar yang diperlukan dapat lebih kecil serta harganya lebih murah.



## Refleksi

Apabila kamu sudah membaca isi bab ini dengan baik, seharusnya kamu sudah dapat mengerti tentang hal-hal berikut.

1. Cara membangkitkan GGL induksi.
2. Penerapan induksi elektromagnetik.
3. Menentukan efisiensi transformator.

Apabila masih ada materi yang belum kamu pahami, tanyakan pada gurumu. Setelah paham, maka pelajarilah bab selanjutnya.



## Glosarium

<i>alternator</i>	:	suatu generator untuk menghasilkan arus listrik bolak-balik.
<i>arus induksi</i>	:	arus yang ditimbulkan oleh induksi magnet dalam kumparan.
<i>dinamo</i>	:	pesawat pembangkit tenaga listrik atau sering disebut generator.
<i>fluks magnetik</i>	:	banyaknya garis gaya magnet yang menembus suatu bidang.
<i>induksi elektromagnetik</i>	:	peristiwa timbulnya arus listrik akibat adanya perubahan fluks magnetik.
<i>GGL induksi</i>	:	beda potensial di antara kedua ujung kumparan yang ditimbulkan karena adanya induksi elektromagnet.
<i>komutator</i>	:	bagian dari motor listrik atau generator arus searah yang dihubungkan dengan kumparan rangkaian luar.
<i>transmisi</i>	:	penyebaran.



## Uji Kompetensi

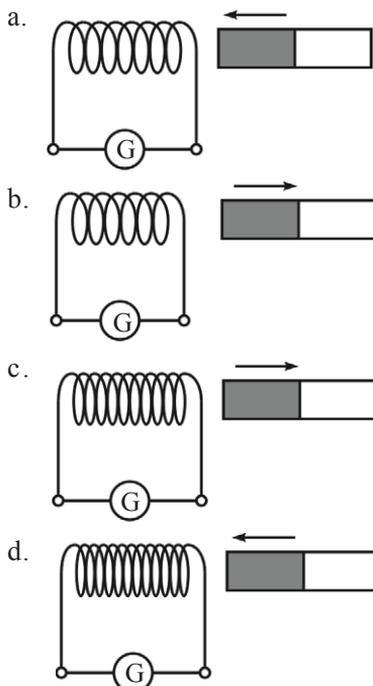
### Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu

#### A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

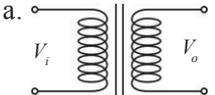
1. Magnet yang diam di dalam kumparan tidak menghasilkan GGL induksi karena ....
  - a. dalam kumparan terjadi perubahan fluks magnetik
  - b. dalam kumparan tidak terjadi perubahan fluks magnetik
  - c. dalam kumparan tidak terjadi medan magnet
  - d. di dalam kumparan terjadi kehilangan sifat kemagnetannya

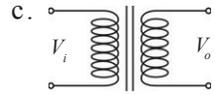
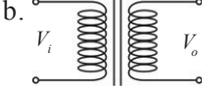
2. Arus listrik yang terjadi akibat perubahan jumlah garis-garis gaya magnet disebut ....
  - a. arus lemah
  - b. arus kuat
  - c. arus induksi
  - d. arus searah
3. Beda potensial listrik yang ditimbulkan akibat perubahan fluks magnetik disebut ....
  - a. GGL sumber
  - b. GGL elemen
  - c. GGL induksi
  - d. GGL jepit
4. Peristiwa induksi elektromagnetik mengubah energi ....
  - a. listrik menjadi energi gerak linier
  - b. gerak linier menjadi energi listrik
  - c. gerak rotasi menjadi energi listrik
  - d. listrik menjadi energi gerak rotasi
5. Berikut ini yang *tidak* memengaruhi besar GGL induksi adalah ....
  - a. kecepatan gerakan magnet
  - b. jumlah lilitan
  - c. hambatan kawat
  - d. besarnya magnet
6. Berikut ini jika dilakukan tidak dapat menimbulkan arus induksi adalah ....
  - a. magnet bergerak di samping kumparan
  - b. kumparan bergerak di dekat magnet diam
  - c. kumparan diam di dekat magnet
  - d. kumparan berputar di dekat magnet
7. Alat berikut yang digunakan untuk menimbulkan GGL induksi adalah ....
  - a. kumparan, galvanometer, penghantar, dan magnet
  - b. kumparan, termometer, kabel, dan magnet
  - c. galvanometer, akumulator, kabel, dan magnet
  - d. generator, komutator, penghantar, dan magnet

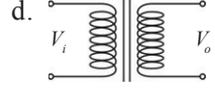
8. Gambar berikut yang dapat menimbulkan GGL induksi paling besar adalah ....



9. Alat berikut yang menerapkan GGL induksi adalah ....
  - a. generator, dinamo, akumulator, transformator
  - b. generator, dinamo, induktor Ruhmkorf, transformator
  - c. generator, motor listrik, transistor, transformator
  - d. adaptor, dinamo, resistor, catu daya
10. Induksi elektromagnetik menghasilkan arus ....
  - a. DC
  - b. AC
  - c. lemah
  - d. kuat
11. Perbedaan antara generator AC dengan DC adalah ....
  - a. generator AC menggunakan cincin belah
  - b. generator DC menggunakan dua cincin
  - c. generator AC menggunakan interuptor
  - d. generator DC menggunakan komutator

12. Pernyataan berikut yang tidak benar untuk sebuah trafo adalah ....
- trafo bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik
  - perubahan fluks magnetik pada kumparan primer menyebabkan GGL induksi pada kumparan sekunder
  - trafo digunakan untuk merubah tegangan AC menjadi lebih tinggi atau lebih rendah
  - trafo juga dapat digunakan untuk menaikkan dan menurunkan tegangan DC
13. Jika jumlah kumparan primer lebih banyak daripada kumparan sekunder, pernyataan berikut yang tidak tepat adalah ....
- tegangan input lebih besar daripada tegangan output
  - kuat arus primer lebih kecil daripada kuat arus sekunder
  - jenis trafo yang digunakan step up karena kuat arus primer lebih besar daripada kuat arus sekunder
  - jenis trafo yang digunakan step down karena kuat arus primer lebih kecil dari pada kuat arus sekunder
14. Gambar berikut yang menyatakan jenis trafo step up adalah ....
- a. 

c. 
- b. 

d. 
15. Sebuah trafo jumlah lilitan primer dan sekundernya masing-masing 500 dan 400 lilitan. Jika tegangan primernya 220 V, tegangan sekundernya adalah ....
- 375 V
  - 275 V
  - 196 V
  - 176 V
16. Perbandingan antara jumlah lilitan primer dan sekunder sebuah trafo 5 : 3. Jika kuat arus outputnya 3 A, kuat arus primernya adalah ....
- 1,8 A
  - 5,0 A
  - 15 A
  - 45 A
17. Sebuah trafo memiliki efisiensi 75%. Tegangan inputnya 220 V dan tegangan outputnya 110 V. Jika kuat arus primer yang mengalir 2 A, kuat arus sekundernya adalah ....
- 5 A
  - 4 A
  - 2 A
  - 3 A
18. Berikut ini yang *tidak* memengaruhi kualitas trafo adalah ....
- hambatan kumparan
  - arah medan magnet
  - kebocoran medan magnet
  - arus pusar
19. Trafo yang terdapat pada pesawat TV digunakan untuk ....
- menaikkan tegangan 220 AC
  - menstabilkan tegangan 220 AC
  - menurunkan tegangan 220 AC
  - menyearahkan tegangan 220 AC menjadi DC
20. Berikut ini yang *bukan* keuntungan transmisi daya listrik jarak jauh dengan tegangan tinggi adalah ....
- energi listrik yang hilang dapat diperkecil
  - kabel yang digunakan ukurannya kecil
  - arus yang mengalir menjadi kecil
  - hambatan kabel besar

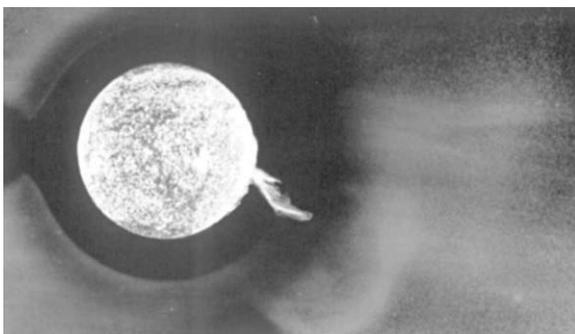
**B. Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas.**

- Mengapa magnet yang digerakkan di sekitar kumparan, pada kedua ujung kumparan dapat mengakibatkan GGL induksi?
- Bagaimanakah cara memperbesar arus induksi?
- Sebutkan lima cara menimbulkan GGL induksi.

4. Sebutkan empat alat yang menerapkan induksi elektromagnetik.
5. Jelaskan prinsip kerja generator arus searah.
6. Sebutkan perbedaan antara trafo step up dengan trafo step down.
7. Sebutkan tiga faktor yang memengaruhi efisiensi trafo.
8. Sebutkan upaya yang dilakukan untuk membuat kualitas trafo tinggi.
9. Tegangan sekunder trafo 330 V dan perbandingan jumlah lilitan primer dan sekunder 1 : 3. Tentukan tegangan primer trafo.
10. Sebuah trafo tegangan primer dan sekundernya 220 V dan 55 V. Jika kuat arus primer 0,5 A dan kuat arus sekunder 1,5, berapakah efisiensi trafo?

# Bab 13

# TATA SURYA



Sumber: *Ensiklopedi Umum untuk Pelajar*, 2005; *Jendela Iptek*, 2001

*Matahari adalah bintang. Matahari mempunyai lapisan gas dengan berbagai rapatan. Matahari adalah pusat tata surya kita. Mengapa matahari disebut sebagai pusat tata surya?*

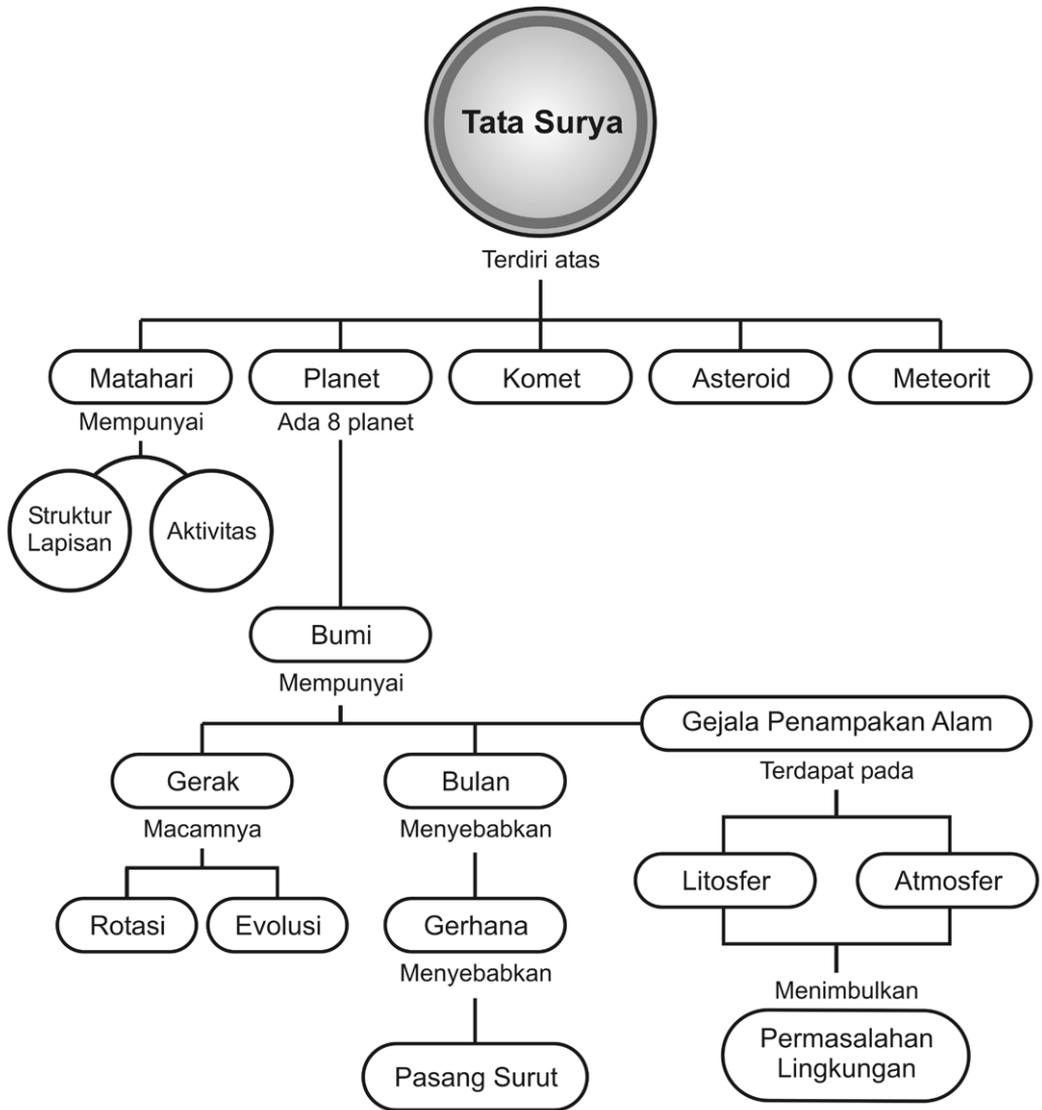
*Fenomena tata surya dapat kamu pelajari pada bab ini. Pada bab ini kamu akan mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan keanggotaan tata surya, bumi sebagai planet, dan gejala yang tampak di lapisan litosfer maupun atmosfer bumi.*

## ❖ Pretest ❖

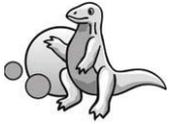
1. Bagaimana susunan tata surya?
2. Mengapa matahari termasuk salah satu bintang?
3. Bagaimana terbentuknya energi pada matahari?
4. Jelaskan fungsi satelit buatan yang diorbitkan di bumi.
5. Apa yang dimaksud pemanasan global?

## ❖ Kata-Kata Kunci ❖

- atmosfer
- efek rumah kaca
- ekliptika
- gerhana
- gerak revolusi
- gerak rotasi
- klorofluorokarbon
- litosfer
- pemanasan global



Cobalah kamu menengadah ke angkasa pada malam hari. Benda-benda apa saja yang terlihat olehmu? Tentu saja kamu akan melihat ribuan benda langit. Benda-benda langit yang berkedip-kedip disebut bintang, tetapi ada juga yang tidak berkedip-kedip yang disebut planet. Dapatkah kamu dengan pasti menentukan jumlah benda-benda langit tersebut? Untuk mengetahui jawabannya pelajailah uraian berikut ini.



## A. SISTEM TATA SURYA

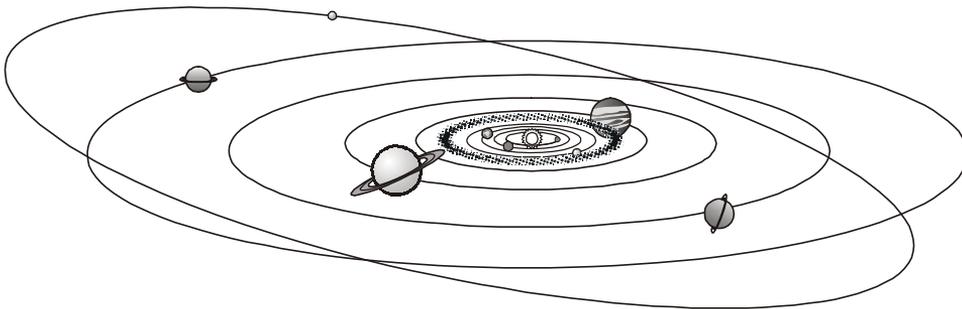
Di abad modern ini, banyak para ilmuwan sering mengadakan penelitian, seperti penelitian di bidang astronomi. Dengan penelitian-penelitian di bidang astronomi, kita mampu mengenal tentang jagat raya.

### 1. Susunan Tata Surya

Tata surya adalah susunan benda-benda langit yang terdiri atas matahari sebagai pusatnya dan planet-planet, meteorid, komet, serta asteroid yang mengelilingi matahari.

Susunan tata surya terdiri atas matahari, sembilan planet, satelit-satelit pengiring planet, komet, asteroid, dan meteorid.

Perhatikan Gambar 13.1 berikut ini.



Sumber: *Ensiklopedia Iptek*, 2004

▲ Gambar 13.1 Susunan tata surya

Peredaran benda langit yang berupa planet dan benda langit lainnya dalam mengelilingi matahari disebut *revolusi*. Sebagian besar garis edarnya (orbit) berbentuk elips. Bidang edar planet-planet mengelilingi matahari disebut *bidang edar*, sedangkan bidang edar planet bumi disebut *bidang ekliptika*. Selain berevolusi benda-benda langit juga berputar pada porosnya yang disebut *rotasi*, sedangkan waktu untuk sekali berotasi disebut *kala rotasi*.

### Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:

- ☛ mendeskripsikan peredaran bulan mengelilingi bumi dan bumi mengelilingi matahari
- ☛ mendeskripsikan orbit planet mengitari matahari berdasarkan model tata surya;
- ☛ menjelaskan gravitasi sebagai gaya tarik antara matahari dan bumi sehubungan dengan jarak;
- ☛ mendeskripsikan perbandingan antara planet ditinjau dari massa, jari-jari, jarak rata-rata ke matahari dan sebagainya menggunakan tabel.

### a. Matahari

Matahari merupakan pusat tata surya yang berupa bola gas yang bercahaya. Matahari merupakan salah satu bintang yang menghiasi galaksi Bima Sakti. Suhu permukaan matahari 6.000 derajat celsius yang dipancarkan ke luar angkasa hingga sampai ke permukaan bumi, sedangkan suhu inti sebesar 15-20 juta derajat celsius.

### b. Planet

Sebelum bulan Agustus 2006, para astronom masih berpendapat ada sembilan planet dalam tata surya, yaitu Merkurius, Venus, Bumi, Mars, Yupiter, Saturnus, Uranus, Neptunus, dan Pluto. Secara umum planet-planet bergerak dari barat ke timur, kecuali Venus dan Uranus.

Setiap planet mempunyai kala revolusi dan kala rotasi yang berbeda-beda. Planet tidak bisa memancarkan cahaya sendiri tetapi hanya memantulkan cahaya yang diterima dari matahari.

Pada tanggal 24 Agustus 2006 Majelis Umum Uni Astronomi Internasional (IAV) di Praha, Ceko, menyatakan bahwa Pluto bukan lagi sebagai planet. Bahkan pada tanggal 7 September 2006 nama Pluto diganti dengan deretan enam angka, yaitu 134340. Dengan demikian, sejak tanggal 24 Agustus 2006 di tata surya terdapat 8 planet.

Ukuran antara planet satu dengan yang lain berbeda. Begitu pula jaraknya terhadap matahari. Planet yang terdekat terhadap matahari mempunyai kala revolusi terkecil. Data planet-planet dalam tata surya dapat kamu perhatikan pada Tabel 13.1.

#### Radar Sains

Merkurius, Venus, Bumi, Mars, mempunyai ukuran dan sifat-sifat permukaannya yang hampir sama, sehingga dikelompokkan dalam **planet terestrial** (menyerupai bumi), sedangkan Yupiter, Saturnus, Uranus, dan Neptunus dikelompokkan dalam **planet raksasa** (giant planet).

**Tabel 13.1** Data Ukuran Planet

Nama	Massa ( $\times$ massa bumi)	Garis Tengah	Jarak terhadap Matahari	Periode Revolusi	Periode Rotasi
Matahari	333.400	1.500.000 km	–	–	25 hari
Merkurius	0,053	4.897 km	58 juta km	88 hari	59 hari
Venus	0,007	12.104 km	108 juta km	224,7 hari	-249 hari
Bumi	1,00	12.743 km	150 juta km	365,25 km	24 jam
Mars	0,106	6.787 km	228 juta km	687 hari	24,6 km
Yupiter	318	141.700 km	778 juta km	11,9 tahun	9,9 jam
Saturnus	94,1	120.000 km	1.426 juta km	29,5 tahun	10,4 jam
Uranus	14,4	50.800 km	2.872 juta km	84 tahun	10,8 jam
Neptunus	17,1	48.000 km	4.490 juta km	164,8 tahun	15,7 jam

Sumber: *The Physical World*

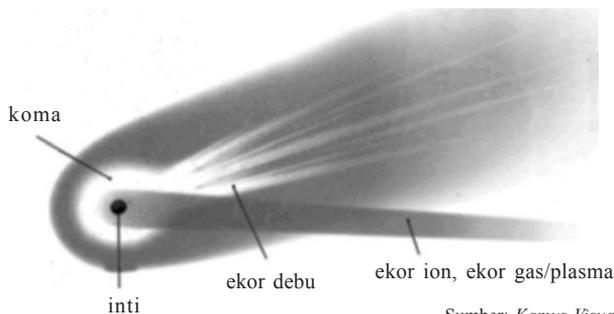
### c. Komet

Komet berasal dari bahasa Yunani, yaitu *Kometes* yang artinya berambut panjang. Komet menurut istilah bahasa adalah benda langit yang mengelilingi matahari dengan orbit yang sangat lonjong. Komet terdiri atas es yang sangat padat dan orbitnya lebih lonjong daripada orbit planet.

Komet menyemburkan gas bercahaya yang dapat terlihat dari bumi. Bagian-bagian komet, yaitu:

- 1) inti komet, yaitu bagian komet yang kecil tetapi padat tersusun dari debu dan gas.
- 2) koma, yaitu daerah kabut di sekeliling inti.
- 3) ekor komet, yaitu bagian yang memanjang dan panjangnya mampu mencapai satu satuan astronomi (1SA = jarak antara bumi dan matahari).

Arah ekor komet selalu menjauhi matahari. Hal itu dikarenakan ekor komet terdorong oleh radiasi dan angin matahari.



Sumber: Kamus Visual, 2004

▲ Gambar 13.2 Komet

Kebanyakan komet tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, tetapi harus dengan menggunakan teleskop. Komet yang terkenal adalah *komet Halley* yang ditemukan oleh *Edmund Halley*. Komet itu muncul setiap 76 tahun sekali. Komet sering disebut sebagai *bintang berekor*.

#### d. Asteroid

Asteroid adalah benda langit yang mirip dengan planet-planet, yang terletak di antara orbit Mars dan Jupiter. Asteroid disebut juga *planetoid* atau *planet kerdil*. Asteroid yang terbesar dan yang pertama adalah *Ceres* yang ditemukan oleh *Giussepe Piazzi* (astronom Italia). *Icarus* adalah salah satu asteroid yang pernah mendekati bumi dengan orbit yang berbentuk lonjong.

#### e. Meteoroid

Meteoroid adalah batuan-batuan kecil yang sangat banyak dan melayang-layang di angkasa luar. Batuan-batuan ini banyak mengandung unsur besi dan nikel. Batuan-batuan ini masuk ke atmosfer bumi karena pengaruh gravitasi bumi. Gesekan dengan atmosfer bumi menghasilkan panas yang membakar habis batuan-batuan itu sebelum sempat mencapai permukaan bumi. Batuan-batuan atau benda langit yang bergesekan dengan atmosfer bumi dan habis terbakar sebelum sampai di permukaan bumi disebut *meteor*. Adapun batuan-batuan yang tidak habis terbakar dan sampai di permukaan bumi disebut *meteorit*.



Sumber: *Jendela Iptek*, 2001

▲ Gambar 13.3 Kawah meteoroid di Arizona

Ada sebuah meteorit yang jatuh di Arizona USA dengan ukuran yang sangat besar hingga membentuk sebuah kawah. Kawah tersebut dinamakan *Kawah Barringer*. Contoh meteorit dapat dilihat di Museum Geologi, Bandung.

#### f. Bulan

Bulan merupakan benda langit yang mengitari bumi. Karena bumi mengitari matahari, maka bulan juga mengitari matahari bersamaan dengan bumi. Selain itu, bulan juga berputar pada porosnya sendiri. Dengan demikian bulan mempunyai tiga gerakan sekaligus.

Benda-benda langit yang berada di dalam tata surya tersusun secara rapi. Selama bergerak benda-benda itu tidak saling bertabrakan. Hal itu terjadi karena adanya gaya gravitasi pada masing-masing benda langit. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa yang menyebabkan gerakan benda-benda langit teratur adalah gaya gravitasi. Namun, penyebab sesungguhnya adalah Sang Pembuat gaya gravitasi yaitu Tuhan Yang Mahabesar.



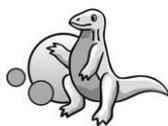
### Latihan

1. Jelaskan perbedaan antara bintang dan planet.
2. Apakah pengertian:
  - a. komet,
  - b. asteroid,
  - c. meteoroid,
  - d. meteor,
  - e. meteorit,

#### Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:

- mendeskripsikan matahari sebagai salah satu bintang;
- mendeskripsikan sumber pembentukan energi matahari;
- menunjukkan susunan lapisan-lapisan matahari.



### B. MATAHARI SEBAGAI BINTANG

Orang-orang zaman dahulu untuk dapat mencari dan menentukan arah dengan melihat rasi bintang di langit. Tahukah kamu bintang apakah yang paling dekat dengan bumi?

#### 1. Matahari Sebagai Salah Satu Bintang

Benda langit di jagat raya ini jumlahnya banyak sekali. Ada yang dapat memancarkan cahaya sendiri ada juga yang tidak dapat memancarkan cahaya sendiri, tetapi hanya memantulkan cahaya dari benda lain.

Bintang adalah benda langit yang memancarkan cahaya sendiri (sumber cahaya). Matahari dan bintang mempunyai persamaan, yaitu dapat memancarkan cahaya sendiri. Matahari merupakan sebuah bintang yang tampak sangat besar karena letaknya paling dekat dengan bumi.

Matahari memancarkan energi yang sangat besar dalam bentuk gelombang elektromagnet. Gelombang elektromagnet tersebut adalah gelombang cahaya tampak, sinar X, sinar gamma, sinar ultraviolet, sinar inframerah, dan gelombang mikro.

## 2. Sumber Energi Matahari

Sumber energi matahari berasal dari *reaksi fusi* yang terjadi di dalam inti matahari. Reaksi fusi ini merupakan penggabungan atom-atom hidrogen menjadi helium. Reaksi fusi tersebut akan menghasilkan energi yang sangat besar.

Matahari tersusun dari berbagai macam gas antara lain hidrogen (76%), helium (22%), oksigen dan gas lain (2%).

## 3. Lapisan-Lapisan Matahari

Matahari adalah bola gas pijar yang sangat panas. Matahari terdiri atas empat lapisan, yaitu inti matahari, fotosfer, kromosfer, dan korona.

### a. Inti Matahari

Bagian dalam dari matahari, yaitu inti matahari. Pada bagian ini terjadi reaksi fusi sebagai sumber energi matahari. Suhu pada inti matahari dapat mencapai  $1,5 \times 10^7$ °C. Energi yang dihasilkan dari reaksi fusi akan dirambatkan sampai pada lapisan yang paling luar, yang kemudian akan terealisasi ke angkasa luar.

### b. Fotosfer

Fotosfer adalah bagian permukaan matahari. Lapisan ini mengeluarkan cahaya sehingga mampu memberikan penerangan sehari-hari. Suhu pada lapisan ini mampu mencapai lebih kurang 16.000°C dan mempunyai ketebalan sekitar 500 km.

### c. Kromosfer

Kromosfer adalah lapisan di atas fotosfer dan bertindak sebagai atmosfer matahari. Kromosfer mempunyai ketebalan 16.000 km dan suhunya mencapai lebih kurang 9.800°C. Kromosfer terlihat berbentuk gelang merah yang mengelilingi bulan pada waktu terjadi gerhana matahari total.

### d. Korona

Korona adalah lapisan luar atmosfer matahari. Suhu korona mampu mencapai lebih kurang 1.000.000°C. Warnanya keabuan yang dihasilkan dari adanya ionisasi pada atom-atom akibat suhunya yang sangat tinggi.

Korona tampak ketika terjadi gerhana matahari total, karena pada saat itu hampir seluruh cahaya matahari tertutup oleh bulan. Bentuk korona, seperti mahkota dengan warna keabuan.

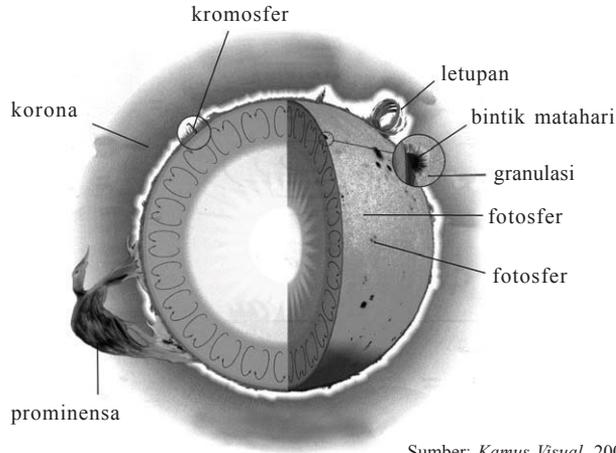
## Diskusi

### (Menumbuhkan Rasa Ingin Tahu)

*Matahari berupa sekumpulan gas yang sangat tinggi suhunya. Begitu tinggi suhunya sehingga tidak ada alat yang mampu mendekatinya. Bagaimanakah cara para pengamat mengukur suhu matahari?*

## Radar Sains

*Energi yang dipancarkan matahari sampai ke bumi disebut insolasi. Insolasi akan memberikan energi pada keseluruhan objek yang ada di bumi.*



Sumber: Kamus Visual, 2004

▲ Gambar 13.4 Lapisan matahari

#### 4. Gangguan-Gangguan pada Matahari

Gejala-gejala aktif pada matahari atau aktivitas matahari sering menimbulkan gangguan-gangguan pada matahari. Gangguan-gangguan tersebut, yaitu sebagai berikut.

##### a. Gumpalan-Gumpalan pada Fotosfer (Granulasi)

Gumpalan-gumpalan ini timbul karena rambatan gas panas dari inti matahari ke permukaan. Akibatnya, permukaan matahari tidak rata melainkan bergumpal-gumpal.

##### b. Bintik Matahari (Sun Spot)

Bintik matahari merupakan daerah tempat munculnya medan magnet yang sangat kuat. Bintik-bintik ini bentuknya lubang-lubang di permukaan matahari di mana gas panas menyembur dari dalam inti matahari, sehingga dapat mengganggu telekomunikasi gelombang radio di permukaan bumi.

##### c. Lidah Api Matahari

Lidah api matahari merupakan hamburan gas dari tepi kromosfer matahari. Lidah api dapat mencapai ketinggian 10.000 km. Lidah api sering disebut *prominensa* atau *protuberansi*. Lidah api terdiri atas massa proton dan elektron atom hidrogen yang bergerak dengan kecepatan tinggi. Massa partikel ini dapat mencapai permukaan bumi.

Sebelum masuk ke bumi, pancaran partikel ini tertahan oleh medan magnet bumi (*sabuk Van Allen*), sehingga kecepatan partikel ini menurun dan bergerak menuju kutub, kemudian lama-kelamaan partikel berpijar yang disebut *aurora*. Hamburan partikel ini mengganggu sistem komunikasi gelombang radio. Aurora di belahan bumi selatan disebut *Aurora Australis*, sedangkan di belahan bumi utara disebut *Aurora Borealis*.



Sumber: Ensiklopedia Iptek, 2004

▲ Gambar 13.5 Aurora

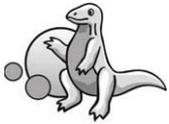
#### d. Letupan (Flare)

Flare adalah letupan-letupan gas di atas permukaan matahari. Flare dapat menyebabkan gangguan sistem komunikasi radio, karena letusan gas tersebut terdiri atas partikel-partikel gas bermuatan listrik.



### Latihan

1. Sebutkan empat lapisan pada matahari.
2. Sebutkan gangguan-gangguan pada matahari.
3. Apakah yang dimaksud dengan Sun Spot. Bagaimana terjadinya?



### C. BUMI SEBAGAI PLANET

Bumi adalah salah satu planet yang diketahui dengan adanya kehidupan sampai saat ini. Sifat-sifat bumi sering digunakan sebagai acuan untuk memahami sifat-sifat planet yang lain.

#### 1. Bentuk Bumi

Kebanyakan orang zaman dahulu menyatakan bahwa bentuk bumi bukan bulat seperti yang diketahui sekarang ini. Mereka berpendapat bahwa bumi merupakan dataran yang sangat luas. Pada tahun 1522, Magelhaen mampu membuktikan bahwa bumi berbentuk bulat. Bukti ini didapatkan ketika ia mengadakan pelayaran dengan arah lurus, kemudian ia kembali ke tempat awalnya berlayar.

Bentuk bumi sebenarnya tidak benar-benar bulat, tetapi agak sedikit lonjong. Diameter bumi jika diukur dari kutub sampai ke kutub yang lain akan lebih pendek dibandingkan diameternya jika diukur dari khatulistiwa.

#### 2. Rotasi Bumi

Rotasi bumi adalah perputaran bumi pada porosnya. Rotasi bumi memerlukan waktu 23 jam 56 menit. Arah rotasi bumi dari barat ke timur. Rotasi bumi menyebabkan hal-hal berikut.

##### a. Gerak semu harian matahari

Sepanjang pagi hingga petang hari, matahari seolah-olah bergerak. Matahari terbit di sebelah timur, lama-kelamaan bergerak dan tenggelam di sebelah barat.

##### b. Terjadinya siang dan malam serta perbedaan waktu

Kala rotasi bumi lebih kurang 24 jam, sehingga tiap jam berbeda bujur sebesar  $\frac{360^\circ}{24} = 15^\circ$ . Daerah-daerah yang garis bujurnya sama mempunyai waktu yang sama pula. Perhatikan Gambar 13.7.

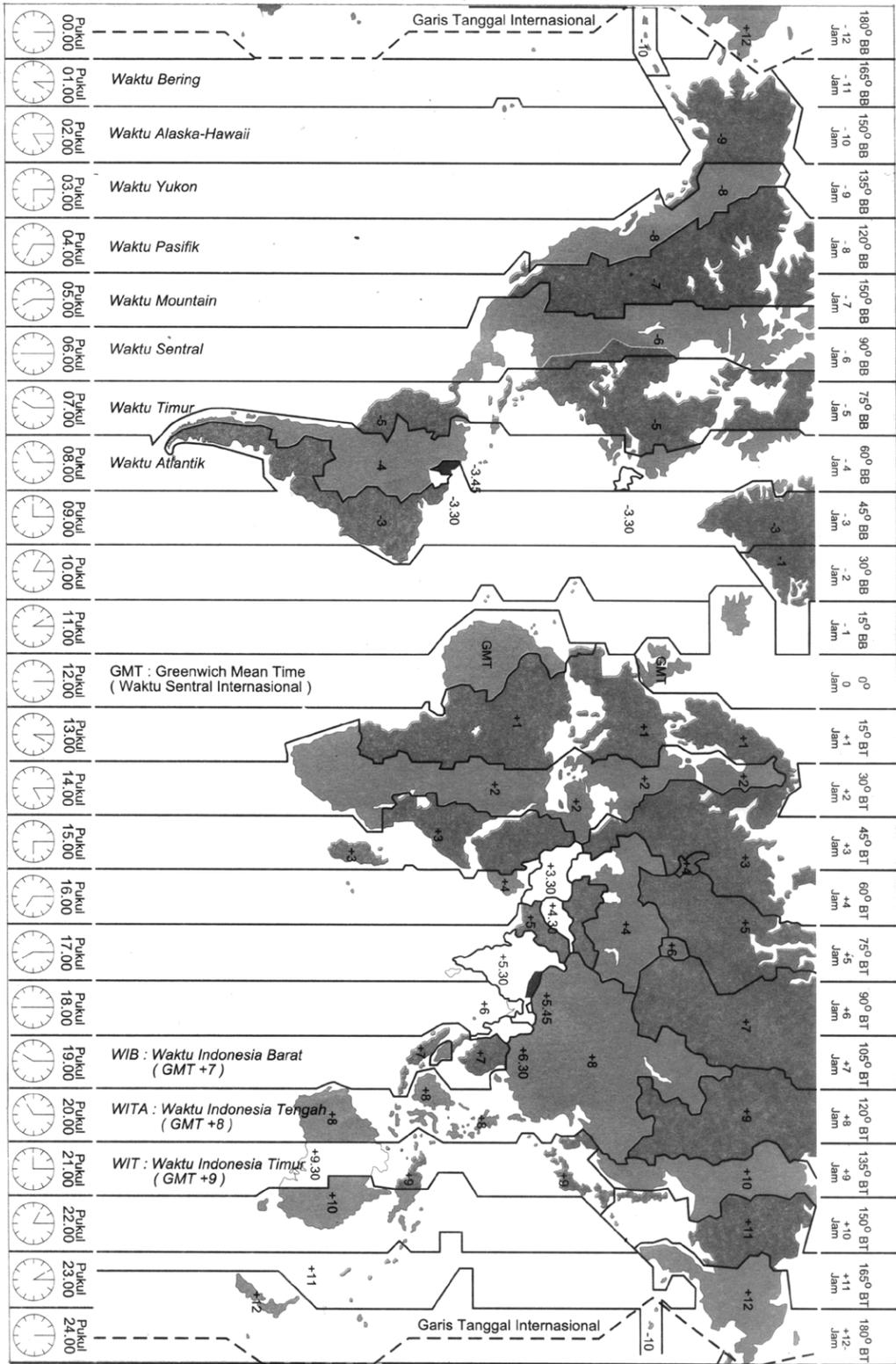
### Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:

- mendeskripsikan karakteristik dan perilaku bumi;
- menjelaskan periode rotasi bulan dan posisinya terhadap bumi;
- mendeskripsikan terjadinya gerhana bulan, gerhana matahari, dan menghubungkannya dengan peristiwa pasang surut air laut;
- menjelaskan fungsi satelit buatan



▲ Gambar 13.6 Arah rotasi bumi



Sumber: Atlas, 2003

▲ Gambar 13.7 Peta perbedaan waktu di bumi.

Jika letak bujur standar di sebelah barat bujur nol, maka waktunya dikurangi. Adapun jika letak bujur standar di sebelah timur bujur nol, waktunya ditambah.

Waktu di daerah bujur timur adalah waktu Greenwich ditambah selisih jam, sehingga waktu di belahan timur dirumuskan:

$$T = GMT + \frac{BT}{15}$$

dengan:  $GMT$  = bujur nol  
 $BT$  = bujur timur

Waktu di daerah bujur barat adalah waktu Greenwich + selisih jam, sehingga waktu di belahan barat dirumuskan:

$$T = GMT - \frac{BB}{15}$$

dengan:  $BB$  = bujur barat

### c. Pembelokan arah angin

Pembelokan arah angin berdasarkan hukum Buys Ballot yang berbunyi:

- 1) udara bergerak dari tempat yang bertekanan tinggi ke tempat yang bertekanan rendah,
- 2) di belahan bumi selatan, angin membelok ke kiri, sedangkan di belahan bumi utara angin membelok ke kanan.

### d. Pembelokan arah arus laut

Gerak pembelokan arah angin dan arus laut disebut *efek Coriolis*. Arus laut memang disebabkan oleh angin. Di belahan bumi utara, arus laut membelok searah jarum jam, sedangkan di belahan bumi selatan, arus laut membelok berlawanan arah jarum jam.

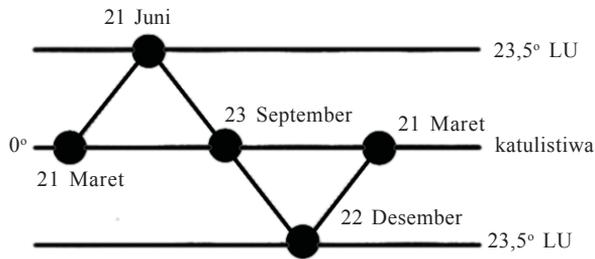
Akibat rotasi bumi, bentuk bumi tidak bulat sempurna, tetapi agak lonjong (elips). Diameter bumi di daerah kutub sebesar 12.714 km, sedangkan di daerah khatulistiwa 12.757 km.

## 3. Revolusi Bumi

Revolusi bumi adalah peredaran bumi mengelilingi matahari. Revolusi bumi memerlukan waktu 365,25 hari atau 1 tahun. Pada saat mengelilingi matahari, bumi memiliki bidang orbit yang disebut ekliptika. Arah revolusi bumi berlawanan arah dengan perputaran jarum jam. Revolusi bumi menyebabkan hal-hal berikut.

### a. Terjadi gerak semu tahunan matahari

Matahari tidak setiap saat berada di khatulistiwa.



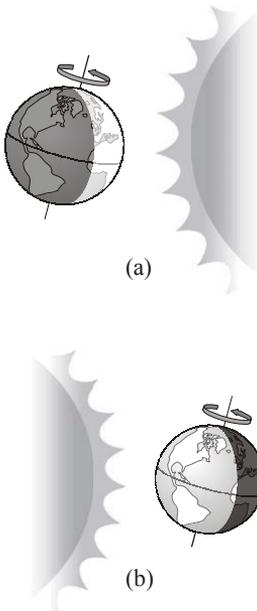
▲ Gambar 13.8 Gerak semu matahari

Pada Gambar 13.8 ditunjukkan bahwa pada tanggal 21 Maret, matahari berada di khatulistiwa untuk waktu tiga bulan (21 Maret–21 Juni), matahari mulai bergeser dari khatulistiwa menuju ke GBU (Garis Balik Utara = garis  $23,5^{\circ}\text{LU}$ ). Tiga bulan berikutnya (21 Juni–23 September) matahari bergeser lagi dari GBU menuju ke khatulistiwa. Tiga bulan berikutnya lagi (23 September–22 Desember), matahari bergeser lagi dari khatulistiwa menuju ke GBS (Garis Balik Selatan = garis  $23,5^{\circ}\text{LS}$ ). Akhirnya, tiga bulan berikutnya (22 Desember–21 Maret), matahari bergeser lagi dari GBS menuju kembali ke khatulistiwa.

### b. Terjadi perbedaan lamanya siang dan malam

Adanya kemiringan sumbu bumi  $23,5^{\circ}$  menyebabkan perbedaan lama siang dan malam. Pada saat matahari berada di khatulistiwa (21 Maret dan 23 September) semua tempat di bumi, kecuali di kutub mempunyai waktu siang dan malam yang sama, yaitu 12 jam.

Pada saat matahari berada di GBU (Gambar 13.9.a), maka belahan bumi utara mengalami siang lebih lama dibandingkan malam hari, sedangkan belahan bumi selatan mengalami siang hari lebih pendek dibandingkan malam hari. Pada saat matahari berada di GBS (Gambar 13.9.b), maka belahan bumi selatan mengalami siang hari lebih lama dibandingkan malam hari, sedangkan belahan bumi utara mengalami siang lebih pendek dibandingkan malam hari.



▲ Gambar 13.9 Posisi bumi terhadap matahari

### c. Pergantian musim

Adanya kemiringan sumbu bumi  $23,5^{\circ}$  mengakibatkan kecondongan arah sumbu bumi berubah-ubah, sehingga mengakibatkan juga terjadinya pergantian musim. Adapun, pergantian musim di bumi adalah sebagai berikut.

#### 1) 21 Maret - 21 Juni

Kutub utara bumi makin condong ke arah matahari, sedangkan kutub selatan bumi makin condong menjauhi matahari. Akibatnya, belahan bumi utara mengalami musim semi (spring), sedangkan belahan bumi selatan mengalami musim gugur (autumn).

2) 21 Juni - 23 September

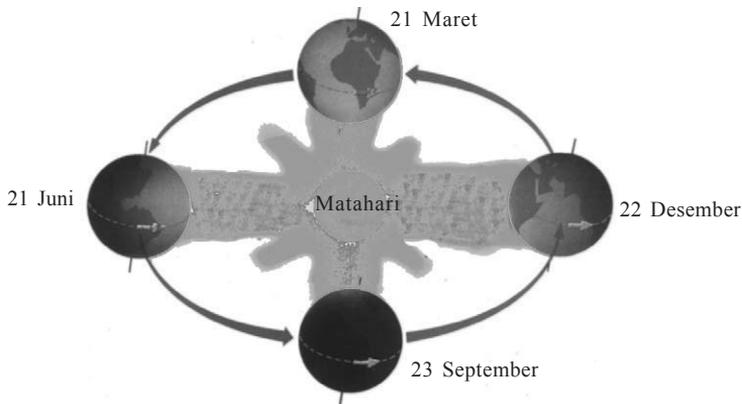
Kutub utara bumi condong menjauhi matahari, sedangkan kutub selatan bumi condong ke matahari. Akibatnya, belahan bumi utara mengalami musim panas (summer), sedangkan belahan bumi selatan mengalami musim dingin (winter).

3) 23 September - 22 Desember

Kutub utara bumi makin condong menjauhi matahari, sedangkan kutub selatan bumi makin condong ke arah matahari. Akibatnya, belahan bumi utara mengalami musim gugur (autum), sedangkan belahan bumi selatan mengalami musim semi (spring).

4) 22 Desember–21 Maret

Kutub utara bumi condong ke arah matahari, sedangkan kutub selatan bumi condong menjauhi matahari. Akibatnya, belahan bumi utara mengalami musim dingin (winter), sedangkan belahan bumi selatan mengalami musim panas (summer).



Sumber: *Ensiklopedia Iptek*, 2004

▲ Gambar 13.10 Kemiringan sumbu bumi di ekliptika

Kala revolusi bumi digunakan sebagai dasar utama dalam penghitungan tahun Syamsiah atau tahun Masehi (kalender matahari). Pada tahun Masehi, 1 tahun terbagi menjadi 12 bulan yaitu dari Januari, Februari, hingga Desember.

#### 4. Bulan sebagai Satelit Bumi

Bulan adalah benda langit yang paling dekat dengan bumi dan juga merupakan satelit bumi. Bulan beredar mengelilingi bumi dengan arah dari barat ke timur. Bulan tidak dapat memancarkan cahaya sendiri melainkan hanya memantulkan cahaya matahari.



Sumber: IPP, 2002; *Jendela Iptek*, 2001

▲ Gambar 13.11 Bulan

### a. Bentuk Bulan

Bulan berbentuk bulat mirip seperti planet. Pada permukaan bulan terdapat banyak kawah. Permukaan bulan yang menghadap bumi selalu sama. Bentuk permukaan bulat sebenarnya dataran kering dan tandus, banyak kawah, dan juga terdapat pegunungan dan dataran tinggi.

Di bulan tidak terdapat atmosfer, sehingga sering terjadi perubahan suhu yang sangat drastis, bunyi tidak dapat merambat, tidak ada siklus air, tidak ditemukan makhluk hidup dan sangat gelap gulita.

### b. Gerak Bulan

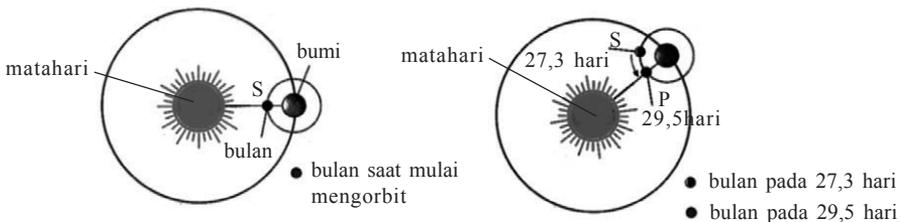
Bulan melakukan tiga gerakan sekaligus, yaitu gerak berputar pada sumbunya (rotasi), gerak mengelilingi bumi dan gerak bersama-sama bumi mengelilingi matahari.

Ada hal yang menarik pada gerak bulan, yaitu kala rotasi sama dengan kala revolusi terhadap bumi. Akibatnya, permukaan bulan yang menghadap ke bumi selalu sama.

Adanya gerakan bulan, akan menimbulkan hal-hal sebagai berikut.

#### 1) Pembagian Bulan Sideris dan Sinodis

Untuk mengetahui pembagian bulan Sideris dan Sinodis, kamu dapat memerhatikan Gambar 13.12.

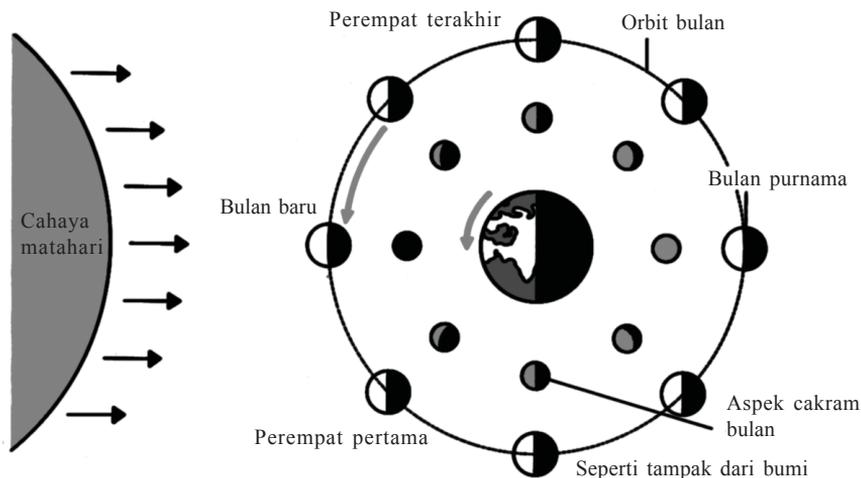


▲ Gambar 13.12 Peredaran sideris dan sinodis

Untuk sekali berputar mengelilingi bumi, bulan memerlukan waktu 27,33 hari yang disebut *satu bulan sideris*. Karena bulan dan bumi bersama-sama mengelilingi matahari, bentuk muka bulan belum tampak, seperti semula walaupun bulan sudah selesai dalam sekali putaran. Berdasarkan gambar, posisi bulan awalnya di titik S, sehingga supaya bulan tampak seperti semula, bulan harus berada di titik P. Pergerakan bulan dari titik S ke titik P memakan waktu lebih kurang 2 hari. Oleh karena itu, fase bulan baru berikutnya memerlukan waktu 29,5 hari. Periode bulan ini disebut *satu bulan sinodis*. Periode sinodis dijadikan dasar untuk penghitungan *tahun Komariah* (tahun Bulan) atau *tahun Hijriah*.

## 2) Fase-Fase Bulan

Akibat revolusi, bentuk bulan yang menghadap ke bumi selalu berubah-ubah. Perubahan bentuk bulan yang terlihat dari bumi disebut *fase bulan*. Perhatikan fase-fase bulan pada Gambar 13.13 di bawah ini.



Sumber: *Ilmu Pengetahuan Populer*: 2002

▲ Gambar 13.13 Fase-fase bulan

*Kedudukan 1:* Pada kedudukan ini matahari, bulan, dan bumi terletak pada satu garis lurus. Bagian bulan yang tidak terkena sinar matahari menghadap ke bumi. Akibatnya, bulan tidak terlihat dari bumi. Pada kedudukan ini disebut *bulan baru* (bulan muda).

*Kedudukan 2:* Pada kedudukan ini, separuh bagian bulan yang terkena sinar matahari hanya seperempat, sehingga yang terlihat dari bumi juga seperempat. Akibatnya, kita bisa melihat bulan sabit.

*Kedudukan 3:* Pada kedudukan ini, bagian bulan yang terkena sinar matahari kira-kira separuhnya, sehingga yang terlihat dari bumi juga sepenuhnya. Akibatnya kita bisa melihat setengah bulatan yang disebut bulan separuh (kuartir pertama).

*Kedudukan 4:* Pada kedudukan ini, bagian bulan yang terkena sinar matahari tiga perempatnya, yang terlihat dari bumi hanya tiga perempat bagian bulan. Akibatnya, kita bisa melihat bulan cembung.

*Kedudukan 5:* Pada kedudukan ini, bagian bulan yang terkena sinar matahari semuanya, begitu juga yang terlihat dari bumi. Akibatnya, kita bisa melihat bulan purnama (kuartir kedua).

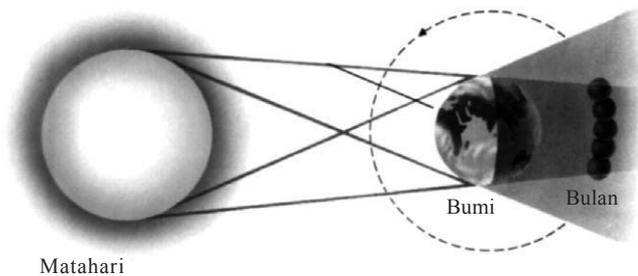
### 3) Terjadinya Gerhana

Gerhana adalah peristiwa terhalangnya sinar matahari oleh bumi atau bulan sehingga bumi atau bulan tidak mendapatkan sinar matahari. Gerhana disebabkan adanya bayangan yang dibentuk bumi atau bulan yang terletak dalam satu garis. Gerhana dibedakan menjadi dua, yaitu gerhana bulan dan gerhana matahari.

#### a) Gerhana Bulan

Gerhana bulan terjadi, jika bulan memasuki bayangan bumi. Gerhana bulan hanya dapat terjadi pada bulan purnama.

Gerhana bulan terjadi apabila bumi berada di antara matahari dan bulan. Pada waktu seluruh bagian bulan masuk dalam daerah umbra (bayangan inti) bumi, maka terjadi *gerhana bulan total*. Proses bulan berada dalam penumbra (daerah bayangan kabur) bisa mencapai enam jam, sedangkan proses bulan berada dalam umbra (bayangan inti) hanya sekitar 40 menit. Proses terjadinya gerhana bulan ditunjukkan oleh Gambar 13.14.

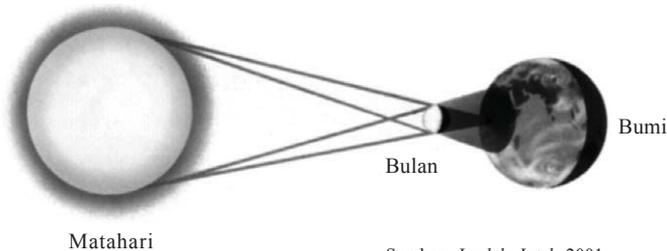


Sumber: *Jendela Iptek*, 2001

▲ Gambar 13.14 Gerhana bulan terjadi pada saat bulan memasuki bayangan matahari

#### b) Gerhana Matahari

Gerhana matahari terjadi jika bayangan bulan bergerak menutupi permukaan bumi. Pada gerhana matahari ini, posisi bulan berada di antara matahari dan bumi, dan ketiganya terletak dalam satu garis. Gerhana matahari terjadi pada waktu bulan baru (bulan muda). Proses terjadinya gerhana matahari ditunjukkan oleh Gambar 13.15.



Sumber: *Jendela Iptek*, 2001

▲ Gambar 13.15 Gerhana matahari terjadi waktu bayangan bulan jatuh di permukaan bumi

Akibat ukuran bulan lebih kecil dibandingkan bumi atau matahari, maka terjadi tiga kemungkinan gerhana, yaitu gerhana matahari total, sebagian, dan cincin.

(1) Gerhana Matahari Total

Gerhana ini terjadi pada daerah-daerah yang berada di bayangan inti (umbra), sehingga cahaya matahari tidak tampak sama sekali. Gerhana matahari total terjadi hanya 6 menit.

(2) Gerhana Matahari Cincin

Gerhana ini terjadi pada daerah yang terkena lanjutan bayangan inti, sehingga matahari kelihatan, seperti cincin.

(3) Gerhana Matahari Sebagian

Gerhana ini terjadi pada daerah-daerah yang terletak di antara umbra (bayangan inti) dan penumbra (bayangan kabur), sehingga matahari kelihatan sebagian.

4) *Pasang Surut Air Laut*

Tahukah kamu bahwa banjir ternyata dapat terjadi tanpa diawali hujan deras. Pada tahun 2007, kota Jakarta wilayah utara sering digenangi banjir. Banjir itu bukan karena hujan melainkan karena air laut yang sedang pasang. Namun begitu air laut surut, banjir juga akan surut.

Pasang adalah peristiwa naiknya permukaan air laut, sedangkan surut adalah peristiwa turunnya permukaan air laut. Pasang surut air laut terjadi akibat pengaruh gravitasi matahari dan gravitasi bulan. Akibat bumi berotasi pada sumbunya, maka daerah yang mengalami pasang surut bergantian sebanyak dua kali.

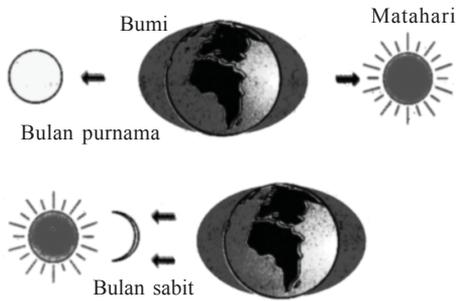
Pasang air laut dibedakan menjadi dua, yaitu pasang purnama dan pasang perbani.

a) Pasang Purnama

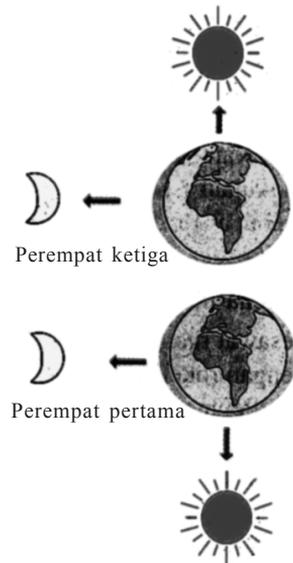
Pasang ini terjadi karena pengaruh gravitasi bulan dan terjadi pada malam hari pada saat bulan baru (bulan purnama). Pasang ini akan menjadi maksimum apabila terjadi gerhana matahari karena air laut dipengaruhi oleh gravitasi bulan dan matahari dengan arah yang sama (searah).

b) Pasang Perbani

Pasang perbani terjadi karena pengaruh gravitasi bulan dan matahari paling kecil. Pada pasang perbani, permukaan air laut turun serendah-rendahnya. Pasang ini terjadi pada saat bulan kuartir pertama dan kuartir ke tiga. Pasang perbani dipengaruhi oleh gravitasi bulan dan matahari saling tegak lurus.



▲ Gambar 13.16 Pasang purnama



▲ Gambar 13.17 Pasang perbani

Peristiwa pasang surut bermanfaat untuk hal-hal seperti berikut.

- pembuatan garam,
- persawahan pasang surut, dan
- berlayar atau berlabuhnya kapal di dermaga yang dangkal.

## 5. Satelit

Satelit merupakan benda langit kecil yang gerakannya mengelilingi benda langit yang lebih besar (planet). Keduanya bersamaan mengelilingi matahari. Satelit dibedakan menjadi dua, yaitu satelit alamiah dan satelit buatan. Contoh satelit alamiah yaitu bulan. Bersama bumi, bulan berputar mengelilingi matahari. Menurut penelitian, planet dalam tata surya yang tidak mempunyai satelit yaitu Merkurius dan Venus.

Satelit buatan adalah satelit yang sengaja dibuat manusia untuk tujuan tertentu, antara lain penelitian, komunikasi, mengetahui cuaca, dan militer. Satelit tersebut diluncurkan dan diatur pada orbit tertentu terhadap bumi. Berikut ini merupakan contoh beberapa satelit yang pernah diluncurkan ke angkasa luar.

- a. Satelit Explorer I, II, dan III  
Tujuannya untuk mempelajari radiasi sinar matahari dan medan magnet bumi.
- b. Satelit Sputnik III  
Tujuannya untuk juga mempelajari radiasi sinar matahari dan medan magnet bumi.

c. **Satelit Militer**

Tujuannya untuk memberikan informasi untuk kepentingan militer. Contohnya satelit *Midas* dan *Cosmos* milik AS.

d. **Satelit Komunikasi**

Tujuannya untuk memberikan pelayanan radio dan televisi kepada penduduk di bumi. Contohnya satelit *Palapa*. Satelit *Palapa* digunakan hanya untuk keperluan komunikasi di wilayah Indonesia. Karena itu *Palapa* disebut sistem komunikasi satelit domestik (SKSD). Satelit *Palapa* juga termasuk satelit geostasioner. Maksudnya, kecepatan orbitnya sama dengan kecepatan rotasi bumi. Akibatnya, satelit itu selalu mengarah permukaan bumi yang sama.

Tiap-tiap satelit mempunyai usia (masa pakai), sehingga sebelum waktunya habis harus diluncurkan satelit pengganti generasi berikutnya.

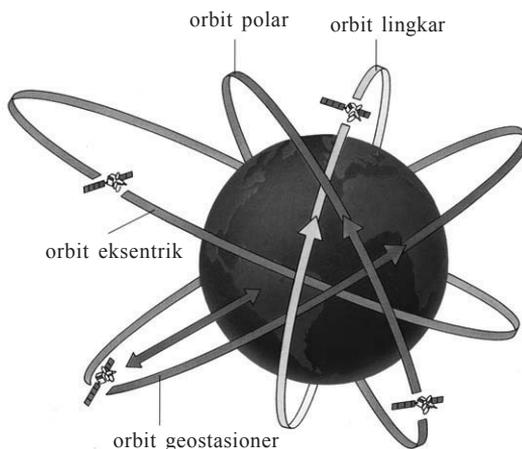


## Radar Sains

### Orbit Satelit Buatan

Ada empat tipe orbit untuk satelit buatan. Orbit polar di tempati oleh satelit-satelit yang bertugas mengawasi kutub bumi. Orbit geostasioner menjaga satelit dalam posisi tetap di atas permukaan bumi. Orbit eksentrik mengedarkan satelit dengan jarak yang berubah-ubah dari bumi. Adapun, orbit lingkaran memungkinkan satelit berada pada jarak tetap dari permukaan bumi.

Sumber: Ensiklopedi Iptek, 2004



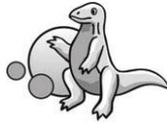
## Latihan

1. Sebutkan bukti-bukti yang menunjukkan bahwa bumi berbentuk bulat.
2. Apakah yang dimaksud dengan bidang ekliptika.
3. Sebutkan akibat yang ditimbulkan oleh:
  - a. rotasi bumi,
  - b. revolusi bumi.
4. Apakah yang dimaksud satu bulan Sinodis dan satu bulan Sideris..

## Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:

- menjelaskan pengaruh proses-proses yang terjadi di lapisan litosfer terhadap perubahan zat dan kalor;
- menjelaskan pengaruh proses-proses yang terjadi di lapisan atmosfer terhadap perubahan zat dan kalor.



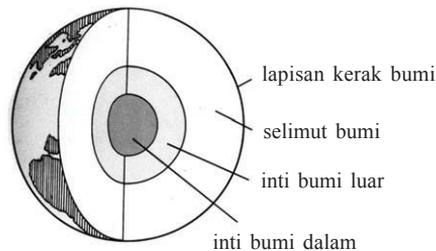
## D. GEJALA PENAMPAKAN ALAM

Kamu sudah mempelajari kedudukan bumi sebagai planet dan benda-benda langit yang ada hubungannya dengan bumi. Di bagian akhir bab ini kamu akan mempelajari gejala alam di berbagai belahan bumi. Ada dua hal yang sangat erat kaitannya dengan gejala penampakan alam di bumi, yaitu litosfer dan atmosfer.

### 1. Litosfer

Planet bumi mempunyai struktur lapisan yang terdiri atas kerak, mantel, dan inti. Kerak bumi atau litosfer merupakan bagian permukaan bumi yang tersusun atas batu-batuan. Ketebalannya di bawah laut sekitar 3 km, tetapi di benua dapat mencapai sekitar 35 km. Adapun batu-batuan di inti bumi berbentuk padat, tetapi dapat bergerak pelan.

Di inti bumi, tekanannya jutaan kali lebih besar daripada tekanan atmosfer. Adapun suhunya diperkirakan sekitar  $4.500^{\circ}\text{C}$ . Panas dari inti bumi tersebut berusaha meloloskan diri keluar bumi. Dalam prosesnya, panas tersebut terhalang oleh lapisan batu-batuan. Di daerah dekat permukaan bumi (litosfer), panas itu dapat merapuhkan batuan. Akibatnya, terjadi gerakan lapisan batu-batuan yang menyebabkan gempa bumi. Gempa itu disebut gempa tektonik. Contoh gempa tektonik yaitu gempa yang terjadi di Jogjakarta dan sekitarnya pada bulan Mei 2006. Gempa itu selain memakan korban lebih dari 5.000 jiwa, juga menghancurkan bangunan-bangunan.



Sumber: *Jendela Iptek*, 2001

▲ Gambar 13.18 Penampang bumi

Menurut penelitian, di bagian mantel bumi ada saluran yang dapat mengarahkan material panas keluar ke permukaan bumi. Material panas dari dalam bumi dikenal sebagai magma. Saluran magma di permukaan bumi berupa gunung berapi. Peristiwa naiknya magma ke permukaan bumi disebut vulkanisme. Adapun gejala munculnya magma di atas permukaan bumi disebut erupsi. Banyak orang yang beranggapan erupsi sebagai awal meletusnya gunung berapi.

Baik erupsi atau letusan gunung berapi dapat menimbulkan banyak korban. Karena selain bahaya material panas yang keluar, erupsi atau letusan gunung berapi dapat menghasilkan awan yang sangat panas. Menurut penelitian suhu awan panas itu dapat mencapai 4.000°C. Dengan suhu sebesar itu benda-benda dapat terbakar. Contohnya gejala vulkanisme Gunung Merapi di Jawa Tengah pada sekitar pertengahan tahun 2006.



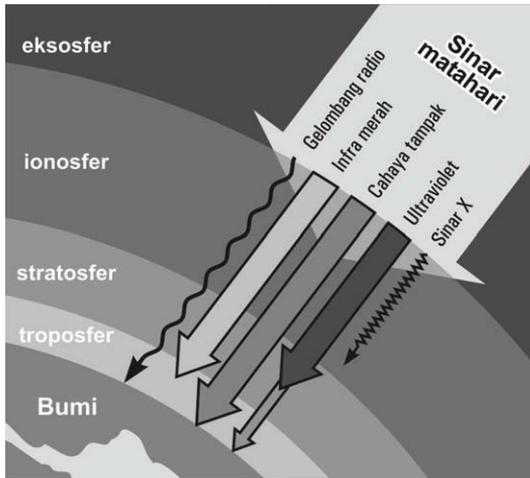
Sumber: <http://google.com>

▲ Gambar 13.19 Gejala erupsi Gunung Merapi di Jawa Tengah

## 2. Atmosfer

Atmosfer adalah selubung udara yang menutupi bumi. Atmosfer melindungi penduduk bumi dari benda-benda angkasa, menjaga suhu permukaan bumi, dan sebagai tempat pengaturan cuaca. Dengan demikian, atmosfer menjaga kehidupan makhluk hidup di bumi.

Atmosfer bumi mempunyai beberapa lapisan. Batas antar-lapisan di dalam atmosfer tidaklah jelas. Susunan lapisan atmosfer bumi dapat kamu perhatikan melalui Gambar 13.20.



▲ Gambar 13.20 Lapisan atmosfer bumi

Lapisan yang paling dekat ke permukaan bumi adalah *troposfer*. Ketebalan troposfer sekitar 15 km. Pada lapisan inilah terjadinya cuaca dan awan. Pesawat-pesawat terbang melintas pada lapisan ini.

Di atas troposfer terdapat lapisan *stratosfer*. Lapisan ini mempunyai ketebalan atau ketinggian 15 km – 50 km dari permukaan bumi. Di antara lapisan troposfer dan stratosfer terdapat lapisan pelindung yang disebut *ozon*. Ozon masuk ke lapisan stratosfer. Ketebalannya sekitar 20 km di lapisan troposfer. Pesawat supersonik dan awan abu dari letusan gunung berapi dapat mencapai lapisan stratosfer.

Lapisan di atas stratosfer adalah *mesosfer*. Mesosfer terletak pada ketinggian 50 km – 80 km dari permukaan bumi. Atom-atom pada mesosfer mengalami ionisasi, yaitu atom yang kehilangan elektron. Area mesosfer yang mengalami ionisasi disebut *ionosfer*. Lapisan ionosfer ini mampu memantulkan gelombang radio.

Lapisan terluar atmosfer yaitu *termosfer*. Ketinggian termosfer dari permukaan bumi 80 km hingga mencapai angkasa luar. Pada termosfer terdapat lapisan *eksosfer*, di mana molekul-molekul gas bumi terlepas ke ruang angkasa luar.

Di antara lapisan atmosfer bumi tersebut, yang berhubungan langsung dengan kehidupan di bumi adalah troposfer. Perubahan suhu dan kelembapan di troposfer sangat berpengaruh bagi benda-benda di atas permukaan bumi, misalnya dapat mengakibatkan pelapukan.



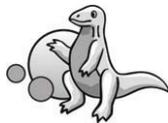
## Latihan

1. Sebutkan tiga contoh peristiwa alam akibat proses-proses yang terjadi pada litosfer bumi.
2. Apakah perbedaan vulkanisme dan erupsi?
3. Apakah perbedaan gempa vulkanik dan gempa tektonik?
4. Lapisan atmosfer manakah yang menjaga stabilitas suhu permukaan bumi?

## Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:

- menjelaskan proses pelapukan di lapisan bumi;
- menjelaskan proses pemanasan global dan pengaruhnya;
- menjelaskan pengaruh proses-proses di lingkungan terhadap kesehatan manusia;
- menyadari bahaya pengaruh negatif proses lingkungan karena ulah manusia



## E. PERMASALAHAN LINGKUNGAN

Aktivitas manusia banyak yang mengalihkan karbon yang terkandung dalam batuan litosfer ke atmosfer. Misalnya pada proses penggunaan minyak bumi. Proses pengalihan kandungan karbon dari litosfer ke atmosfer dapat menghangatkan iklim.

Aktivitas manusia yang lain juga dapat menyebabkan lapisan pelindung bumi atau ozon menipis. Penipisan ozon juga dapat menghangatkan iklim. Adapun, yang dimaksud iklim adalah keadaan suhu, kelembapan udara, awan, sinar matahari dan hujan suatu tempat dalam jangka waktu agak lama (sekitar 30 tahun). Iklim dapat memengaruhi lingkungan hidup manusia.

### 1. Pelapukan

Pelapukan benda-benda di bumi dapat disebabkan oleh iklim. Batuan penyusun kerak bumi, karena pengaruh suhu, hujan, dan kelembapan yang sangat lama, dapat terurai atau melapuk menjadi butiran-butiran yang lebih kecil. Butiran kecil itulah yang disebut tanah.

Pelapukan juga dapat disebabkan oleh angin. Angin padang pasir dapat menerbangkan butiran pasir dan membenturkannya ke batuan yang besar. Makin lama makin terbentuk tugu-tugu berukuran besar. Pada saat kekuatan angin berkurang. Sebagian, sebagian pasir rontok dan menghasilkan gundukan pasir. Pasir pada gundukan itu akhirnya tertip ke daratan subur dan menutupinya. Akibatnya kawasan gurun pasir lebih luas.



Sumber: *Ensiklopedi Iptek*, 2004

▲ **Gambar 13.21** Tugu batu hasil pelapukan oleh angin

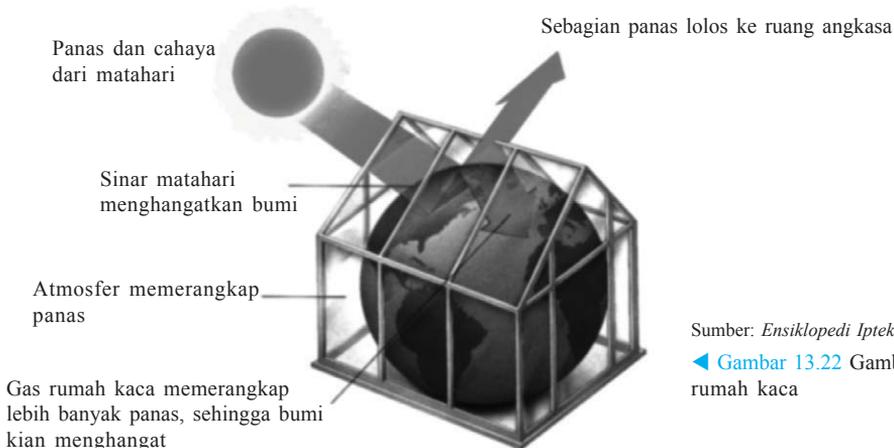
Selain angin, air juga dapat menyebabkan terjadinya pelapukan. Batuan yang sangat keras dapat terkikis sedikit demi sedikit oleh air. Prosesnya, air masuk ke batuan melalui celah-celahnya. Pada saat air membeku di dalam celah batuan, air mengembang dan mampu memecah batu yang ditempatinya. Batuan juga dapat melapuk karena terkena arus air sungai. Dapatkah kamu menjelaskan prosesnya?

## 2. Pemanasan Global

Kamu sudah mengetahui pengalihan kandungan karbon dan litosfer ke atmosfer dapat lebih menghangatkan bumi. Bagaimana hal itu terjadi? Untuk mengetahui jawabannya ikutilah uraian berikut.

Karbon (C) adalah unsur yang terdapat pada semua makhluk hidup. Jasad-jasad makhluk hidup yang terkubur di perut bumi juga mengandung karbon. Karbon yang ada di atmosfer jika bersenyawa dengan oksigen (O) akan membentuk karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Kemajuan teknologi, yang ditandai dengan pemakaian bahan bakar dari fosil, meningkatkan kandungan CO<sub>2</sub> di atmosfer.

Peningkatan CO<sub>2</sub> akan menghasilkan suatu lapisan di atmosfer. Lapisan CO<sub>2</sub> itu dapat ditembus sinar matahari, tetapi tidak mampu ditembus pantulan sinar matahari setelah mengenai bumi. Gejala tersebut dikenal sebagai *efek rumah kaca*. Sinar pantul yang berupa infra merah, mengandung efek panas. Karena tertahan oleh lapisan CO<sub>2</sub>, makin lama panas yang tertahan itu meningkatkan suhu rata-rata permukaan bumi. Gejala penaikan suhu rata-rata bumi itu disebut pemanasan global.



Sumber: *Ensiklopedi Iptek*, 2004

◀ **Gambar 13.22** Gambaran efek rumah kaca

Adanya pemanasan global dapat mencairkan tudung es di kutub bumi. Akibatnya permukaan air laut akan naik. Sering banjir merupakan indikasi terjadinya kenaikan permukaan air laut. Menurut perkiraan, jika suhu rata-rata bumi naik 3°C lebih tinggi dapat menyebabkan permukaan air laut naik hingga 50 meter.

### 3. Lingkungan dan Kesehatan

Dahulu, iklim di bumi silih berganti antara menghangat dan mendingin. Namun, sejak terjadinya revolusi industri di Inggris (abad ke-18), perubahan iklim cenderung terus menghangat atau yang lebih dikenal sebagai pemanasan global. Selain dapat menaikkan permukaan air laut, pemanasan global juga dapat menyebabkan perubahan pola iklim di bumi. Perubahan pola iklim akan berakibat rusaknya habitat setempat dan mengganggu kehidupan makhluk hidup.

Pada tahun 1970-an, para peneliti menemukan adanya gejala penipisan lapisan ozon ( $O_3$ ). Kamu sudah mengetahui ozon merupakan lapisan pelindung dari ultra violet sinar matahari. Sinar ultra violet yang terlalu banyak dapat menyebabkan kanker kulit, penurunan sistem kekebalan tubuh, bahkan dapat mengubah struktur genetika makhluk hidup.

Penipisan ozon ternyata disebabkan oleh pemakaian freon atau *cloroflourocarbon* (CFC) yang berlebihan. Freon biasanya digunakan untuk AC, lemari es, dan *sprayer* (penyemprot). Di stratosfer, freon akan melepaskan atom klor (Cl). Atom klor inilah yang merusak ozon. Tahukah kamu bahwa satu atom freon dapat merusak 100.000 molekul ozon?

Kemajuan teknologi dan industri ternyata juga membawa dampak negatif bagi kehidupan manusia. Hasil pembakaran bahan bakar fosil keperluan industri menghasilkan karbon monoksida, karbon dioksida, nitrogen oksida, debu, dan jelaga. Semua itu mengganggu kehidupan manusia. Selain itu gas buangan kendaraan bermotor bercampur dengan gas buangan industri atau rumah tangga membentuk asap kabut (asbut). Asbut dapat menyebabkan iritasi mata dan gangguan pernapasan.

Pembakaran bahan bakar fosil juga dapat menyebabkan terjadinya hujan asam. Mengapa demikian? Awan pembawa hujan bersifat asam. Sementara itu, pembakaran bahan bakar menaikkan kejenuhan asam. Dengan demikian di awan itu terbentuk asam kuat. Jika akhirnya awan itu menghasilkan hujan, terjadilah hujan asam yang dapat membunuh tumbuh-tumbuhan, membuat air tawar terasa asam, dan merusakkan dinding tembok.



Sumber: <http://google.com>

▲ **Gambar 13.23** Kegiatan industri menjadi salah satu sebab kerusakan lingkungan.

#### 4. Usaha Menjaga Lingkungan

Kamu sudah mengetahui bahwa proses pengalihan karbon ke atmosfer menimbulkan gangguan. Kamu juga sudah mengetahui bahwa dalam proses fotosintesis, tumbuhan memerlukan senyawa karbon. Hasil fotosintesis itu adalah oksigen yang sangat bermanfaat. Berdasarkan hal tersebut, maka para pengamat lingkungan menyarankan banyak digiatkan penanaman tumbuhan. Harapannya, makin banyak pohon makin banyak senyawa karbon yang diubah menjadi oksigen.

Para pengamat lingkungan juga menyarankan untuk mengurangi penggunaan freon. Selain itu usaha penggunaan bahan bakar fosil perlu dihemat lagi dan digantikan sumber energi alternatif baru.



#### Latihan

1. Mengapa pelapukan dikatakan dapat memperluas gurun pasir?
2. Apakah yang dimaksud efek rumah kaca?
3. Salah satu indikasi gejala pemanasan global adalah sering terjadinya banjir. Mengapa demikian?
4. Sebutkan usaha-usaha menjaga keseimbangan lingkungan.



#### Rangkuman

1. Tata surya susunan matahari beserta planet-planet yang mengelilinginya.
2. Planet-planet dalam tata surya kita mulai dari yang terdekat dengan matahari, yaitu Merkurius, Venus, Bumi, Mars, Yupiter, Saturnus, Uranus, dan Neptunus.
3. Benda-benda lain selain planet antara lain matahari, komet, asteroid, meteoroid, dan satelit.
4. Planet-planet yang mengelilingi matahari mengikuti orbit (jalur) yang berbentuk elips.
5. Revolusi bumi mengakibatkan perubahan lamanya siang dan malam, pergantian musim, gerak semu tahunan matahari, dan terlihatnya rasi bintang yang berbeda dari satu bulan ke bulan berikutnya.
6. Akibat rotasi bumi antara lain pergantian siang dan malam, pengembangan di daerah khatulistiwa dan pemipihan di kutub, pembelokan arah angin, perbedaan waktu di tempat-tempat yang berbeda garis bujur, dan gerak semu harian matahari.

7. Apabila orbit bulan memotong orbit bumi dan kedudukan bumi berada di antara bulan dan matahari akan terjadi gerhana bulan.
8. Apabila kedudukan bulan berada di antara orbit bumi dan matahari akan terjadi gerhana matahari.
9. Pasang adalah peristiwa naiknya permukaan air laut, sedangkan surut adalah peristiwa surutnya permukaan air laut. Pasang surut terjadi karena akibat pengaruh gaya gravitasi matahari dan bulan.
10. Litosfer adalah bagian permukaan bumi yang tersusun atas batuan. Adapun, atmosfer adalah selubung udara yang menutupi bumi.
11. Pemanasan global merupakan gejala kenaikan suhu rata-rata bumi.



## Refleksi

Apabila kamu sudah membaca isi bab ini dengan baik, seharusnya kamu sudah dapat mengerti tentang hal-hal berikut.

1. Keanggotaan tata surya.
2. Matahari sebagai bintang.
3. Bumi sebagai planet.
4. Bulan sebagai satelit.
5. Gejala pemanasan global.

Apabila masih ada materi yang belum kamu pahami, tanyakan pada gurumu.



## Glosarium

- ekliptika* : bidang edar planet bumi.
- efek rumah kaca* : terbentuknya lapisan CO<sub>2</sub> di atmosfer yang tidak dapat ditembus pantulan sinar matahari.
- freon* : nama lainnya CFC, gas senyawa karbon dan sangat ringan dan sangat merusak ozon
- ozon* : gas yang merupakan bentuk lain dari oksigen, ozon mempunyai rumus kimia O<sub>3</sub>.
- reaksi fusi* : penggabungan 2 inti atom ringan yang membentuk sebuah inti atom lebih berat dan menghasilkan energi ikat.
- revolusi* : peredaran benda-benda langit dalam mengelilingi matahari.
- rotasi* : perputaran benda-benda langit pada porosnya.
- satelit* : pengiring planet.



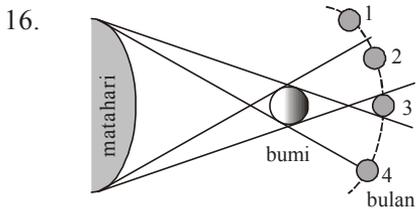
### Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu

#### A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

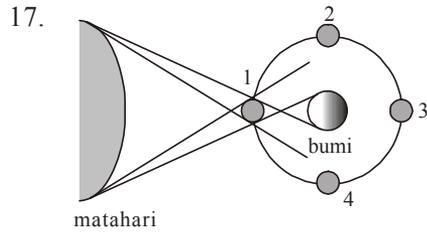
- Berikut ini urutan lapisan matahari dari yang paling dalam, yaitu ....
  - korona, fotosfer, kromosfer, dan inti matahari
  - inti matahari, fotosfer, kromosfer, dan korona
  - fotosfer, inti matahari, kromosfer, dan korona
  - kromosfer, fotosfer, inti matahari, dan korona
- Fotosfer sering disebut lapisan cahaya, karena ....
  - merambatkan cahaya
  - menimbulkan reaksi fisi dan fusi secara bersamaan
  - mengubah energi dari energi cahaya menjadi energi panas
  - memancarkan cahaya yang sangat kuat
- Energi matahari dihasilkan melalui ....
  - reaksi fisi
  - reaksi fusi
  - reaksi kimia
  - reaksi endoterm
- Salah satu akibat gerak semu harian bintang adalah ....
  - warna cahaya bintang terlihat berbeda-beda
  - bintang terlihat berkedip-kedip
  - bintang terlihat lebih kecil dibandingkan matahari
  - kedudukan bintang pada setiap hari berbeda-beda
- Benda langit yang disebut bintang ber ekor adalah ....
  - meteor
  - komet
  - planetoid
  - satelit
- Matahari dianggap pusat tata surya karena ....
  - tidak mengalami gerak rotasi
  - ukurannya paling besar
  - berwujud gas
  - letaknya di tengah
- Revolusi planet terjadi karena ....
  - planet termasuk benda gelap
  - planet letaknya jauh dari bumi
  - adanya gravitasi matahari
  - planet merupakan benda langit
- Berikut ini yang termasuk planet dalam adalah ....
  - Venus dan Mars
  - Merkurius dan Venus
  - Uranus dan Neptunus
  - Yupiter dan Saturnus
- Planet terbesar dalam tata surya adalah ....
  - Venus
  - Yupiter
  - Saturnus
  - Merkurius
- Planet yang paling dekat dengan matahari adalah ....
  - Saturnus
  - Yupiter
  - Venus
  - Merkurius
- Komet yang terlihat 76 tahun sekali adalah ....
  - Encke
  - Bennet
  - Halley
  - Merchouse
- Berikut ini yang *bukan* akibat rotasi bumi adalah ....
  - adanya perbedaan waktu
  - adanya pergantian musim
  - adanya pergantian siang dan malam
  - adanya peredaran semu harian benda-benda langit

13. Berikut ini yang *bukan* akibat dari revolusi bumi adalah ....
- adanya pergantian musim
  - adanya pergantian siang dan malam
  - terlihatnya rasi bintang yang berbeda dari bulan ke bulan
  - adanya perubahan lamanya waktu siang dan malam
14. Matahari seakan-akan bergerak dari timur ke barat, karena ....
- bumi berotasi dari barat ke timur
  - bumi berputar mengelilingi matahari
  - kala rotasi bumi sangat singkat
  - gerak matahari sangat cepat

15. Permukaan bulan yang menghadap ke bumi selalu tetap. Hal ini disebabkan ....
- bulan berputar pada sumbunya
  - bulan beredar mengelilingi bumi
  - kala revolusi bulan sama dengan kala revolusi bumi
  - kala rotasi bulan sama dengan kala rotasinya



- Bulan purnama ditunjukkan oleh nomor ....
- 1
  - 2
  - 3
  - 4



- Gerhana matahari akan terjadi, jika bulan berada pada posisi ....
- 4
  - 3
  - 2
  - 1
18. Kota Bandung terletak pada garis  $108^{\circ}$ BT. Jika di Bandung menunjukkan pukul 19.00, di kota Palu ( $120^{\circ}$  BT) pukul ....
- 18.00
  - 19.00
  - 20.00
  - 21.00
19. Berikut ini yang dapat menjadi indikasi terjadinya gejala pemanasan global adalah ....
- sering terjadinya gempa
  - sering terjadi asap kabut
  - sering terjadi banjir
  - penderita gangguan pernapasan meningkat
20. Makin meluasnya daerah padang pasir dapat disebabkan oleh ....
- pelapukan oleh panas matahari
  - pelapukan oleh air
  - pelapukan oleh angin
  - menipisnya lapisan ozon

**B. Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas.**

- Apakah yang dimaksud dengan tata surya? Sebutkan anggotanya.
- Mengapa planet yang lebih dekat matahari mempunyai kala revolusi lebih pendek?
- Apakah yang dimaksud meteor atau bintang beralih?
- Apakah yang dimaksud dengan bidang ekuatorial?
- Jelaskan bagaimana proses terjadinya gerhana matahari.
- Jelaskan penyebab terjadinya pasang maksimum.
- Apakah yang disebut orbit geostasioner?
- Bagaimana terjadinya tanah akibatkan pelapukan?
- Apakah yang dimaksud pemanasan global?
- Mengapa klorofluorokarbon (CFC) dapat merusak lapisan ozon?

# Daftar Pustaka

- Antonio dan Miguel. 2002. *Biologia Y Geologia*. Oxford University Press: New York.
- Brady, James E. 1999. *Kimia Universitas*. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Brady, James E. and Halum, John R. 1988. *Fundamentals of Chemistry*. New York: John Wiley dan Sons, Inc.
- Clegg, C.J. dan DG. Mackean. 2000. *Advanced BIOLOGY Principle and Applications*. John Murray (Publishers) Ltd: London.
- Duncan, Tom. 2002. *Physics*. London: John Murray (Publisher) Ltd.
- Frederick J, Buche. 1995. *Principles of Physics*. New York: Mc Graw Hill, Inc.
- Gater, S dan V Wood-Robinson. 1996. *GCSE Science Double Award Biology*. John Murray (Publishers) Ltd: London.
- Gerd Boysen, Kiel. et al. 1994. *Physic Fur Gymnasion*. Berlin: Cornelsen Verlag.
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Edisi Kelima*. Jakarta: Erlangga.
- Halliday, Resnick. 1994. *Fisika Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga.
- Keenan, C.W. Kleinfelter, D.C, Wood, J.H, 1980. *General College Chemistry*. New York: Harper dan Row, Publiser, Inc.
- Mackean, DG. 2002. *IGCSE Biology*. John Murray (Publishers) Ltd: London.
- Mawby, Peter dan Michael Roberts. 1996. *Biology*. Singapore: Longman Singapore Publisher Pte Ltd.
- Nasir, Moh. 1999. *Metode Penelitian*. Jakarta: Ghalia Indonesia
- Riduawan. 2003. *Skala Pengukuran Variabel-Variabel*. Penelitian. Bandung: Alfabeta.
- Solomon, dkk. 1993. *Biology Third Edition*. Saunders College Publishing: Florida.
- Stuart, Arabella dan Stephen Webster. 1996. *Biology*. London: Heineman Educational Publishers.
- Tipler, Paul A. 1998. *Fisika*. Jakarta: Erlangga.
- Torrance, James. 2001. *Standart Grade Biology*. Third Edition, Hodder & Stoughton Educational Scotland: London.
- Wallace, Robert A. 1992. *Biology The World of Life*. Harpercollins Publishers Inc.
- Young, Hugh. D. 2002. *Fisika Universitas*. Jakarta: Erlangga.

# Kunci Jawaban Soal-soal Terpilih

## Bab 1

- |         |       |
|---------|-------|
| A. 1. c | 11. b |
| 3. a    | 13. a |
| 5. c    | 15. c |
| 7. c    | 17. a |
| 9. c    | 19. b |

## Bab 2

- |         |      |
|---------|------|
| A. 1. b | 7. d |
| 3. c    | 9. c |
| 5. c    |      |

## Bab 3

- |         |       |
|---------|-------|
| A. 1. a | 9. b  |
| 3. c    | 11. b |
| 5. c    | 13. a |
| 7. b    | 15. d |

## Bab 4

- |         |       |
|---------|-------|
| A. 1. c | 11. b |
| 3. d    | 13. d |
| 5. a    | 15. b |
| 7. a    | 17. d |
| 9. a    | 19. d |

## Bab 5

- |         |       |
|---------|-------|
| A. 1. c | 11. a |
| 3. b    | 13.   |
| 5. c    | 15. d |
| 7. a    | 17. b |
| 9. b    | 19. d |

## Bab 6

- |         |       |
|---------|-------|
| A. 1. c | 9. c  |
| 3. b    | 11. a |
| 5. d    | 13. b |
| 7. d    | 15. b |



**Bab 10**

- A. 1. a 11. d  
3. c 13. b  
5. a 15. b  
7. c 17. d  
9. c 19. c
- B. 1.  $W = 132 \text{ kJ}$   
2.  $W = 54 \text{ kJ}$   
4.  $W = 10 \text{ kJ}$   
5. Rp94.500,00

**Bab 11**

- A. 1. b 11. b  
3. c 13. d  
5. d 15. b  
7. a 17. d  
9. a 19. d
- B. 4.  $F = 1.200 \text{ N}$

**Bab 12**

- A. 1. b 11. d  
3. c 13. b  
5. c 15. d  
7. a 17. d  
9. b 19. c
- B. 9.  $V = 990 \text{ volt}$   
10.  $\eta = 75\%$

**Bab 13**

- A. 1. b 11. c  
3. b 13. b  
5. b 15. d  
7. c 17. d  
9. b 19. c

# Indeks

## A

adaptasi fisiologi, 55, 58  
adaptasi morfologi, 55, 56, 57, 58  
aerponik, 102  
akson, 31, 32, 34  
akumulator, 157, 158, 160, 161, 162  
alel, 80  
alternator, 217  
atmosfer, 231, 251  
autotomi, 60

## B

bilirubin, 8

## D

deklinasi, 195  
dendrit, 31, 32, 34, 45  
diamagnetik, 189  
dinamo, 218  
dispolarisasi, 160

## E

efek Coriolis, 241  
efek rumah kaca, 253  
ekliptika, 233  
ekskresi, 1, 2, 3, 5, 9  
ekskrit, 3  
elektrode, 158, 160, 161  
elektrokimia, 156, 158  
elektrolit, 158, 159, 160, 161, 162  
elektromagnet, 190, 199, 200, 201, 237  
elektron, 115, 116, 117, 118, 122, 123, 124, 129, 131, 137, 140, 141  
emetrop, 42  
epidermis, 5

eritrosit, 8, 58

erupsi, 251

estivasi, 60

## F

fenotip, 80, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89  
fermentasi, 98, 106  
feromagnetik, 189, 202  
fertilisasi, 16, 97  
feses, 3, 8  
filial, 80  
fluks magnetik, 215, 216

## G

galvanometer, 214, 215  
ganglion, 36  
gen, 75, 76, 88, 109  
generator, 122, 157, 158, 217, 218  
genetika, 75  
genotip, 80, 82, 83, 84, 86, 87, 88, 89

## H

hambatan dalam, 163, 164  
hambatan jenis, 138, 139, 140, 181  
hereditas, 75, 79  
hibernasi, 60  
hibrid, 79  
hidroponik, 100, 101, 102

## I

induksi, 190, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219  
inklinasi, 195  
ionisasi, 237  
iritabilitas, 31  
isolator, 140, 141, 159, 181

**K**

komutator, 204, 217, 218  
konduktor, 140, 141, 181  
kromosom, 75, 76, 77, 78

**L**

litosfer, 231, 250  
lokus, 75, 76

**M**

magnet elementer, 190, 191, 194  
meiosis, 84, 85  
menopause, 23  
menstruasi, 21, 22.  
mimikri, 60  
mitosis, 103

**N**

neuron, 31, 32, 38, 45  
neutron, 115, 116

**O**

ovarium, 20, 22  
ovulasi, 20, 22  
ovum, 20, 21, 22.  
ozon, 251, 254

**P**

paramagnetik, 189  
parental, 80  
pemanasan global, 253, 254  
polarisasi, 159  
potensial, 131, 132, 135, 145, 149, 159, 162

proton, 115, 116, 123

**R**

rekombinasi, 104  
relai, 200  
resesif, 81, 76, 81, 85, 89  
rotor, 217, 218

**S**

satelit, 78, 248, 249  
sekresi, 3  
semikonduktor, 140, 141  
sentromer, 78  
sinapsis, 32  
solenoida, 197, 198, 199, 214  
sperma, 19, 76  
stator, 217, 218  
step down, 220, 225  
step up, 220, 225  
styrofoam, 102

**T**

transformator, 211, 219, 221  
transmisi, 224, 225

**U**

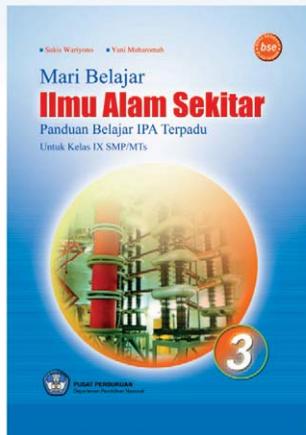
ureter, 4  
uretra, 4, 19

**V**

vivipar, 19

**Z**

zigot, 21, 22, , 67, 76



IPA menjadi dasar perkembangan ilmu dan teknologi serta perkembangan peradaban manusia. Penerapan konsep-konsep IPA sangat mudah ditemui dalam kehidupan alam sekitar. Dengan belajar IPA siswa akan lebih menghargai ciptaan Tuhan Yang Maha Kuasa.

Pembelajaran IPA SMP mencakup aspek biologi, kimia, dan fisika. Ketiganya dipelajari secara simultan sehingga menghasilkan konsep yang utuh dan terpadu dalam bidang IPA. Adapun untuk materi Bumi dan Antariksa dipelajari dari segi struktur maupun kejadiannya. Dan, tidak sia-sialah Tuhan menciptakan alam semesta ini.

ISBN 979-462-995-2

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 34 Tahun 2008 tanggal 10 Juli 2008 tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk Digunakan dalam Proses Pembelajaran.

HET (Harga Eceran Tertinggi) Rp. 15.941,-