

Wasis • Sugeng Yuli Irianto



Ilmu Pengetahuan Alam

SMP dan MTs Kelas IX



3



Pusat Perbukuan
Departemen Pendidikan Nasional

Ilmu Pengetahuan Alam

Jilid 3 untuk SMP dan MTs Kelas IX

Wasis • Sugeng Yuli Irianto

- Wasis
- Sugeng Yuli Irianto

Ilmu Pengetahuan Alam

SMP dan MTs Kelas IX



3



Pusat Perbukuan
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional
dilindungi Undang-undang

Ilmu Pengetahuan Alam

Jilid 3 untuk SMP dan MTs Kelas IX

Penyusun : **Wasis**
Sugeng Yuli Irianto
Editor : **Agung B.**
Sri Untari
Perancang Kulit : **Alfianto Subandi**
Perancang Tata Letak Isi : **Alfianto Subandi**
Layout : **Tim Dept. Grafis**
Ilustrator : **Tim Dept. Grafis**
Ukuran Buku : **21 x 28,5 cm**

507

WAS

WASIS

i

Ilmu Pengetahuan Alam 3 : SMP dan MTs Kelas IX /
penyusun, Wasis, Sugeng Yuli Irianto ; editor Agung B, Sri Untari,
illustrator Tim. Dept. Grafis
. — Jakarta : Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2009.
vii, 248 hlm, : ilus. ; 30 cm

Bibliografi : hlm. 245-246

Indeks

ISBN 978-979-068-759-2 (nomor jilid lengkap)

ISBN 978-979-068-765-3

1. Sains-Studi dan Pengajaran I. Judul
II. Sugeng Yuli Irianto III. Agung B IV. Sri Untari
V. Tim. Dept. Grafis

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

Diterbitkan oleh Pusat Perbukuan
Departemen Pendidikan Nasional Tahun 2009

Diperbanyak oleh

Kata Sambutan

kata sambutan

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Departemen Pendidikan Nasional, pada tahun 2009, 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 69 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 (*down load*), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun, untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Diharapkan bahwa buku teks pelajaran ini akan lebih mudah diakses sehingga 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, Juni 2009
Kepala Pusat Perbukuan

Kata Pengantar

kata pengantar

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

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

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

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

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

Surakarta, Juli 2008

Penyusun

Sistematika Buku

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

1. Awal bab

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

2. Peta konsep

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

3. Kata kunci

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

4. Kegiatan

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

5. Tugas

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

6. Latihan

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

7. Info sains

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

8. Tokoh

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

9. Rangkuman

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

10. Latih kemampuan

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

11. Wacana sains

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

12. Latihan semester

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

13. Glosarium

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

14. Indeks

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

Daftar Isi

Kata Sambutan	iii
Kata Pengantar	iv
Sistematika Buku	v
Daftar Isi	vi

Semester I

Bab I Sistem Ekskresi, Reproduksi, dan Koordinasi	3
A. Alat Ekskresi Manusia	5
B. Sistem Reproduksi Manusia	11
C. Sistem Koordinasi pada Manusia	15
Latih Kemampuan 1	31
Wacana Sains	32
Bab II Kelangsungan Hidup Organisme	33
A. Adaptasi Organisme terhadap Lingkungan	35
B. Seleksi Alam	39
C. Perkembangbiakan Organisme	40
Latih Kemampuan 2	55
Wacana Sains	56
Bab III Pewarisan Sifat	57
A. Gen dan Kromosom	59
B. Persilangan	60
C. Pewarisan Sifat pada Manusia	68
Latih Kemampuan 3	72
Wacana Sains	74
Bab IV Bioteknologi	75
A. Pemanfaatan Mikroorganisme dalam Bioteknologi	77
B. Bioteknologi dalam Pertanian	83
C. Bioteknologi Reproduksi	87
Latih Kemampuan 4	90
Wacana Sains	92
Bab V Listrik	93
A. Listrik Statis	95
B. Listrik Dinamis	105
C. Rangkaian Listrik Tertutup	113
Latih Kemampuan 5	126
Wacana Sains	128

Bab VI Sumber Arus Listrik dan Energi Listrik	129
A. Sumber Arus Listrik	131
B. Energi Listrik	135
C. Daya Listrik	141
Latih Kemampuan 6	146
Wacana Sains	148
Latihan Semester I	149

Semester II

Bab VII Kemagnetan	153
A. Gejala Kemagnetan	155
B. Membuat Magnet	159
C. Medan Magnet	162
D. Pemanfaatan Sifat Kemagnetan	168
Latih Kemampuan 7	172
Wacana Sains	174

Bab VIII Induksi Elektromagnetik	175
A. Gerak Gaya Listrik Induksi	177
B. Generator	180
C. Transformator	182
Latih Kemampuan 8	190
Wacana Sains	192

Bab IX Tata Surya	193
A. Anggota Tata Surya	195
B. Matahari	202
C. Bumi	203
Latih Kemampuan 9	213
Wacana Sains	214

Bab X Litosfer dan Atmosfer	215
A. Litosfer	217
B. Atmosfer	225
C. Gangguan Kesehatan dan Pencemaran Lingkungan	233
Latih Kemampuan 10	236
Wacana Sains	238

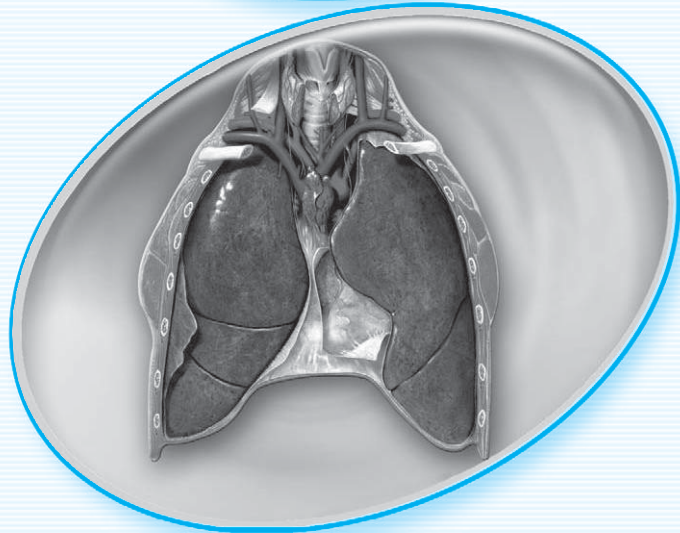
Latihan Semester II	239
Glosarium	241
Kunci Jawaban	244
Daftar Pustaka	245
Indeks	247



Semester I

Bab I

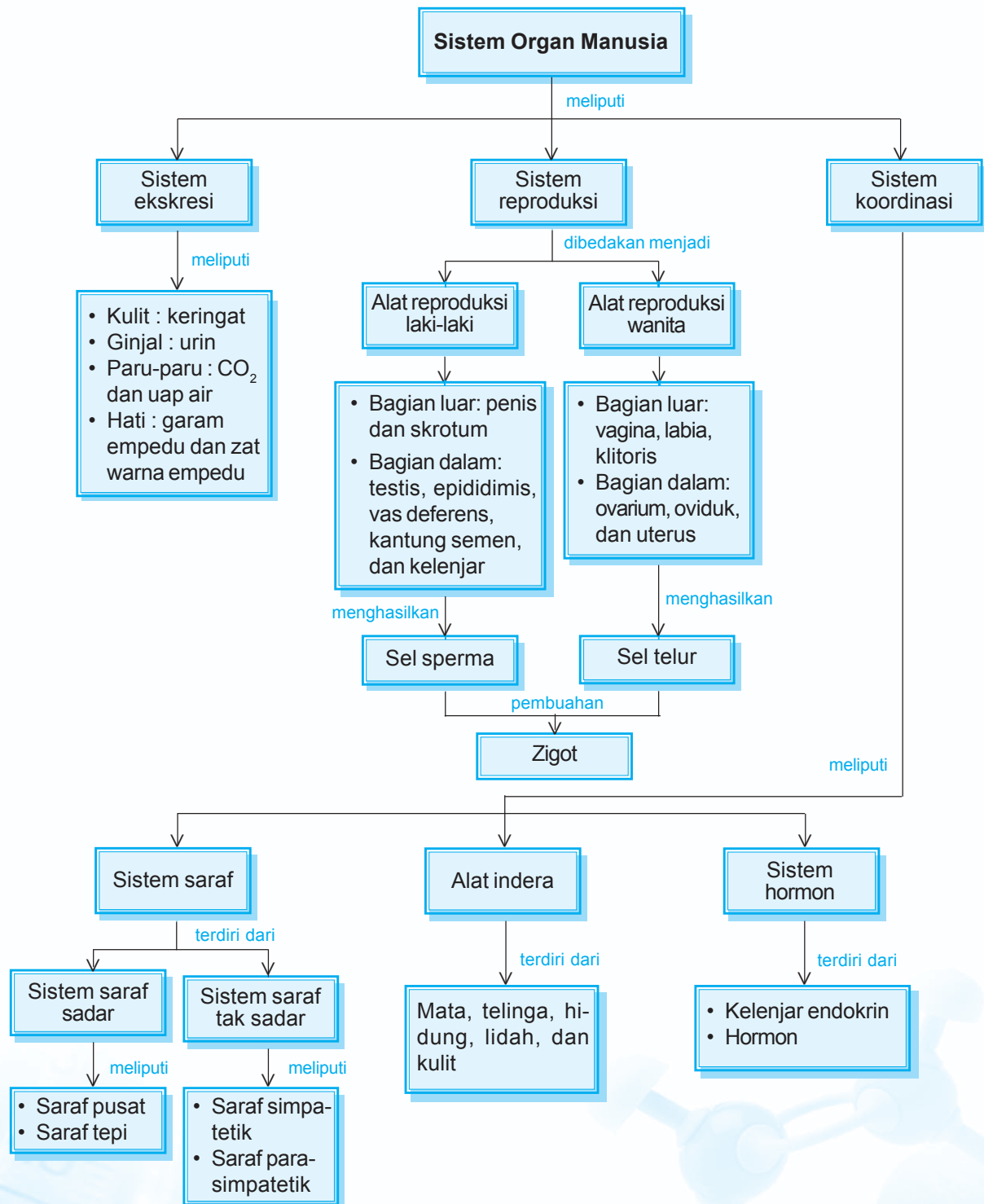
Sistem Ekskresi, Reproduksi, dan Koordinasi



Setiap saat, sel-sel tubuh mengeluarkan zat sisa metabolisme yang sudah tidak diperlukan lagi. Bila tidak, zat sisa akan menjadi racun yang membahayakan tubuh. Oleh karena itu tubuh manusia dilengkapi dengan sistem ekskresi. Selain mempunyai sistem ekskresi, tubuh manusia mempunyai sistem reproduksi yang unik. Sistem ini bertanggung jawab terhadap proses perkembangbiakan seksual. Sistem ekskresi dan sistem reproduksi berkaitan erat dengan sistem koordinasi. Apa saja organ ekskresi, reproduksi, dan koordinasi pada manusia? Gangguan atau penyakit apa yang sering terjadi pada sistem organ ini?

Pada bab ini kamu akan mempelajari berbagai sistem dalam kehidupan manusia. Sistem organ yang akan kamu pelajari meliputi sistem ekskresi, reproduksi, dan koordinasi. Selain itu, kamu juga akan mempelajari hubungan ketiga sistem itu dengan kesehatan manusia.

Peta Konsep



Kata Kunci

- metabolisme
- zat sisa
- gamet
- pembuahan
- ASI
- menstruasi
- saraf
- indera
- hormon

Di kelas 8 kamu sudah mempelajari sistem gerak, pencernaan, pernapasan, dan peredaran darah. Pada bab ini kamu akan melanjutkan mempelajari sistem ekskresi, reproduksi, dan koordinasi. Semua sistem dalam tubuh manusia saling bekerjasama dan membentuk satu kesatuan untuk mendukung kehidupan setiap individu. Oleh karena itu gangguan terhadap salah satu sistem atau bagian dari suatu sistem akan berpengaruh terhadap mekanisme kerja sistem yang lain.



A Alat Ekskresi Manusia

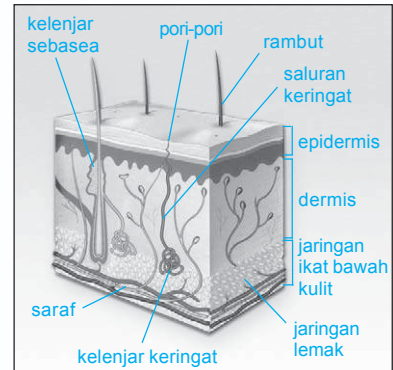
Ekskresi merupakan proses pengeluaran sisa hasil metabolisme yang sudah tidak dibutuhkan oleh tubuh. Zat sisa metabolisme bersifat racun bagi tubuh. Oleh karena itu kerusakan pada alat ekskresi dapat menyebabkan berbagai penyakit di dalam tubuh. Alat ekskresi juga berfungsi membuang zat-zat yang jumlahnya berlebihan di dalam tubuh. Hal ini berkaitan dengan sistem *osmoregulasi*, yaitu pengaturan keseimbangan konsentrasi cairan dalam tubuh. Sistem osmoregulasi menjaga tekanan osmotik cairan tubuh selalu tetap. Osmoregulasi biasanya berkaitan dengan pengaturan jumlah air dan garam mineral dalam tubuh. Organ ekskresi manusia berupa ginjal, kulit, hati, dan paru-paru.

1. Kulit

Zat yang diekskresikan kulit adalah keringat. Ketika udara panas, kulit mengeluarkan keringat yang mengandung air, urea, dan garam. Keringat yang keluar ke permukaan kulit akan segera menguap. Dalam proses penguapan ini, keringat menyerap energi panas dari dalam tubuh sehingga suhu tubuh menjadi lebih dingin. Jadi fungsi keringat adalah untuk mengatur suhu tubuh dengan cara membuang panas yang berlebihan.

Keringat keluar melalui pori-pori yang terdapat hampir di seluruh permukaan kulit. Dalam sehari semalam, keringat yang keluar melalui pori-pori ini dapat mencapai 8 liter. Pada saat melakukan aktivitas fisik yang berat seperti berolah raga dan kerja keras di bawah terik matahari, keringat yang dihasilkan akan lebih banyak lagi. Oleh karena itu, kamu harus cukup minum untuk menggantikan cairan tubuh yang hilang melalui keringat. Jika tidak, tubuh yang kekurangan air dan garam-garam mineral dapat menimbulkan kejang-kejang dan pingsan.

Di manakah keringat dihasilkan? Coba kamu perhatikan penampang kulit pada **Gambar 1.1**. Kulit memiliki tiga lapisan, yaitu epidermis, dermis, dan jaringan ikat bawah kulit. Lapisan tipis yang paling luar disebut lapisan *epidermis*, tersusun dari lapisan tanduk dan malpighi. Lapisan tanduk merupakan sel-sel mati dan mudah mengelupas, sedangkan lapisan malpighi mengandung pigmen warna kulit. Pada lapisan *dermis* terdapat kelenjar minyak, folikel rambut, saraf, dan kelenjar keringat.



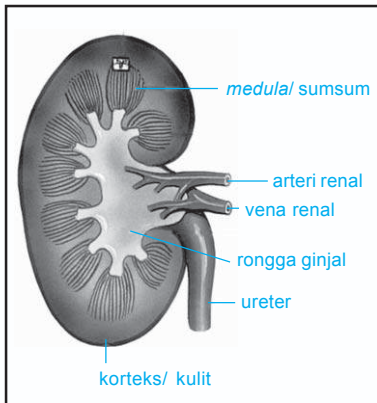
Gambar 1.1 Penampang kulit.

Sumber: Kamus Visual

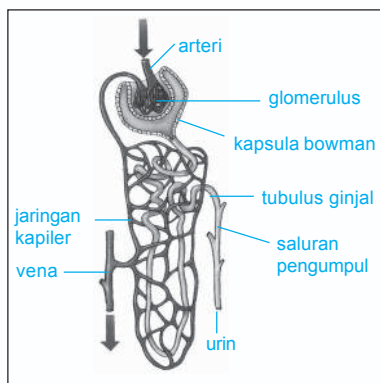
Info Sains

Hiperhidrosis

Keringat yang berlebihan (hiperhidrosis) dapat disebabkan karena kelainan pada produksi hormon, adanya penyakit, efek obat-obatan tertentu, pengaruh kejiwaan seperti takut atau gelisah, serta dapat disebabkan karena faktor genetik/keturunan. Oleh karena itu bila keringatmu tiba-tiba menjadi banyak (berlebihan) tanpa sebab yang jelas, maka perlu memeriksakan diri ke dokter.



Gambar 1.2 Struktur ginjal manusia.
Sumber: Kamus Biologi



Gambar 1.3 Struktur sebuah nefron pada ginjal.
Sumber: Ensiklopedia Umum

Kelenjar keringat letaknya dekat dengan pembuluh darah sehingga memungkinkan terjadinya difusi air dan garam urea. Keringat dihasilkan oleh kelenjar keringat. Ketika suhu tubuh meningkat, keringat keluar menuju permukaan kulit melalui pembuluh keringat yang bermuara di pori-pori. Jaringan ikat di bawah kulit memiliki batas yang tidak jelas dengan lapisan dermis. Jaringan ini banyak mengandung lemak yang berfungsi sebagai cadangan makanan, pelindung tubuh dari benturan, dan menahan panas.

Kulit juga mempunyai berbagai fungsi selain mengeluarkan keringat untuk menjaga suhu tubuh. Beberapa fungsi kulit adalah sebagai berikut.

- Sebagai alat ekskresi yang mengeluarkan keringat.
- Pelindung bagi jaringan-jaringan di bawah kulit dari benturan fisik.
- Pengatur suhu tubuh.
- Penerima rangsang
- Tempat pembentukan vitamin D dari provitamin D dengan bantuan sinar matahari.

2. Ginjal

Ginjal mengekskresikan urin. Urin mengandung air dan sisa-sisa metabolisme yang harus dikeluarkan dari dalam tubuh. Jika tidak dikeluarkan, sisa metabolisme ini bersifat racun sehingga dapat membahayakan tubuh.

Tubuhmu mempunyai dua buah ginjal yang terletak di bagian belakang atas rongga perut. Ginjal berbentuk seperti kacang dengan panjang 11 cm, lebar 6 cm, dan tebal 2,5 cm. Perhatikan struktur ginjal pada **Gambar 1.2**. Di dalam ginjal, urin dibuat melalui 3 tahap, yaitu penyaringan (*filtrasi*), penyerapan kembali zat-zat yang masih berguna (*reabsorpsi*), dan *augmentasi* (penambahan zat yang sudah tak berguna seperti ion hidrogen dan ion kalium).

Bagian ginjal yang berfungsi sebagai penyaring adalah *nefron*. Diperkirakan dalam satu ginjal terdapat satu juta nefron. Nefron tersusun dari *glomerulus* dan *kapsula Bowman*. Glomerulus merupakan anyaman pembuluh kapiler darah, sedangkan kapsula Bowman merupakan cawan yang mengelilingi glomerulus. Perhatikan **Gambar 1.3**.

Glomerulus memiliki membran yang bersifat semi-permeabel. Darah masuk ke glomerulus melalui arteri ginjal. Tidak semua zat dapat melalui membran pada glomerulus. Sel-sel darah dan protein tidak dapat melewati membran, tetapi molekul-molekul kecil seperti air, ion-ion, mineral, urea, glukosa, dan asam urat dapat melaluinya. Filtrat dari glomerulus ditampung dalam kapsula Bowman, kemudian mengalir melalui tubulus ginjal dan saluran pengumpul menuju rongga ginjal. Dari ginjal, urin dikeluarkan melalui *ureter* untuk ditampung terlebih dahulu di kandung kemih. Bila kandung kemih penuh, kamu terangsang untuk buang air kecil. Urin dikeluarkan dari kandung kemih melalui *uretra*.

Komposisi urin dapat berubah-ubah, tergantung kebutuhan tubuh terhadap zat-zat tertentu, pengeluaran racun, dan makanan. Urin yang sehat berupa cairan jernih agak kuning akibat pengaruh zat warna empedu. Komposisinya terdiri dari 95% air dan 5% sisanya berupa zat terlarut seperti asam urat, urea, amonia, garam-garam mineral, zat warna empedu, dan zat-zat lain yang jumlahnya berlebihan dalam darah, seperti vitamin, hormon, dan obat-obatan.

Volume urin yang dikeluarkan dalam sehari kira-kira 900–2100 cc. Jika seseorang mengeluarkan urin secara berlebihan, dinyatakan menderita *diabetes insipidus*. Volume urin dapat mencapai 30 kali dari volume urin normal. Hal ini disebabkan tubuh kekurangan hormon antidiuretik, sehingga proses reabsorpsi air pada tubula ginjal terganggu.

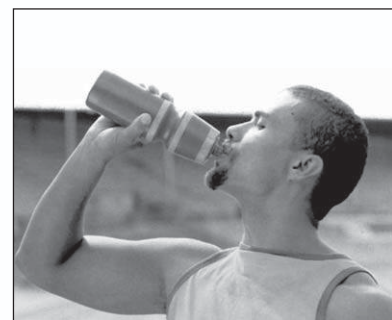
Pada dasarnya, ekskresi urin berkaitan dengan ekskresi keringat. Bila suhu lingkungan panas, tubuh lebih banyak mengeluarkan keringat untuk mendinginkan tubuh, sehingga urin yang dikeluarkan lebih sedikit. Sebaliknya ketika suhu lingkungan dingin, tubuh sedikit berkeringat sehingga urin yang dihasilkan lebih banyak.

Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi urin antara lain sebagai berikut.

- a. Jumlah cairan yang masuk ke dalam tubuh. Semakin banyak air yang kamu minum, maka volume urin akan bertambah.
- b. Suhu udara, semakin dingin suhu udara, urin yang dihasilkan akan meningkat.
- c. Obat-obatan tertentu dapat memperbanyak pengeluaran urin.
- d. Alkohol akan meningkatkan volume urin.
- e. Stress akan meningkatkan volume urin.
- f. Hormon ADH (hormon *antidiuretik*), mengatur produksi urin.
- g. Banyak sedikitnya jumlah garam yang harus dikeluarkan dari tubuh.

Ginjal dapat mengalami kerusakan bila menerima beban kerja yang terlalu berat dalam jangka waktu lama. Jika ginjal seseorang sudah tidak dapat berfungsi lagi, orang tersebut dikatakan mengalami *gagal ginjal*. Akibatnya, sisa-sisa metabolisme yang seharusnya dikeluarkan dari dalam tubuh terus beredar di dalam darah.

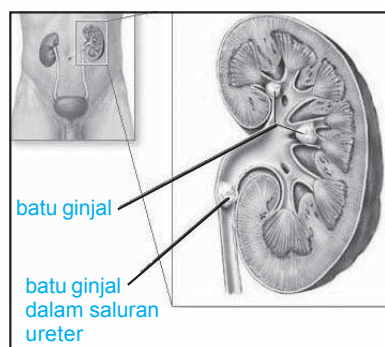
Gagal ginjal dapat disebabkan oleh penyakit dan juga dapat karena bawaan sejak lahir. Gejala rusaknya ginjal adalah lesu, sering buang air kecil (terutama malam hari), perut tidak nyaman, pusing, dan hipertensi. Untuk mengatasinya, orang tersebut perlu melakukan pencucian darah (*dialisis*) secara periodik, misalnya setiap 3 hari sekali, tergantung tingkat kerusakan ginjal. Oleh karena itu, sayangilah ginjalmu dengan cara banyak minum air putih setiap hari. Mengurangi konsumsi garam, makanan yang mengandung zat pewarna, dan obat-obatan yang tidak benar-benar diperlukan juga membantu meringankan kerja ginjal.



Gambar 1.4 Manusia perlu minum minimal delapan gelas sehari agar terhindar dari gangguan kencing batu.

Sumber: Dokumen Penerbit

Infeksi kuman penyakit juga dapat merusak ginjal. Misalnya infeksi bakteri *Streptococcus* sp. pada nefron menyebabkan *nephritis*. Bakteri ini masuk melalui saluran pernapasan kemudian dibawa oleh darah ke ginjal. Akibat infeksi ini, protein dan sel-sel darah akan keluar bersama urin. Selain itu penyerapan air dalam ginjal juga terganggu. Akibatnya, air akan tertimbun di kaki (kaki penderita bengkak).



Gambar 1.5 Skema tempat terbentuknya batu ginjal yang sering dijumpai.

Sumber: www.medicastore.com

Ginjal dan saluran urin juga dapat mengalami gangguan karena *kencing batu*. Perhatikan **Gambar 1.5**. Kencing batu disebabkan karena sumbatan berupa endapan kalsium pada saluran kemih. Endapan ini membentuk batu yang ukuran bermacam-macam dan permukaannya sering meruncing. Sebagian besar batu ginjal terdiri dari kalsium oksalat. Penyebab kencing batu antara lain karena terlalu sedikit minum, urin terlalu asam atau basa, dan terlalu banyak mengonsumsi kalsium dan fosfat. Kencing batu awalnya tidak menimbulkan gejala apapun. Jika batu telah menyumbat akan timbul rasa sakit hebat dari pinggang sampai selangkangan. Usaha untuk mencegah dan menghindari kencing batu antara lain banyak minum dan mengurangi makanan pedas.

Urin yang normal tidak mengandung zat-zat yang masih diperlukan tubuh seperti darah, gula (glukosa), dan protein. Jika urin mengandung zat-zat tersebut, berarti telah terjadi kerusakan atau gangguan pada ginjal. *Hematuria* adalah urin yang mengandung darah, disebabkan oleh adanya kerusakan pada glomerulus, sehingga filtrasi tidak berlangsung sebagaimana mestinya. *Albuminuria* adalah urin yang mengandung protein albumin, disebabkan kegagalan proses penyaringan protein oleh glomerulus.

Urin yang mengandung glukosa menunjukkan telah terjadi gangguan atau kerusakan pada proses reabsorpsi dalam tubulus ginjal. Adanya gula di dalam urin dapat juga disebabkan karena kadar gula dalam darah sangat tinggi. Hal ini disebabkan karena proses pengubahan gula menjadi glikogen terhambat, biasanya diakibatkan kekurangan hormon insulin. Orang yang mengalami gangguan ini dikatakan menderita penyakit kencing manis (diabetes melitus).

Untuk mengamati kandungan glukosa dalam urin, kamu dapat melakukan **Kegiatan 1.1** berikut ini.

Kegiatan 1.1

Kandungan Glukosa dalam Urin

Tujuan

Memeriksa adanya glukosa dalam urin.

Alat dan Bahan

- | | |
|---------------------|----------|
| 1. Larutan Benedict | 3. Pipet |
| 2. Tabung reaksi | 4. Urin |

Langkah Kerja

1. Didihkan 5 ml larutan Benedict dalam tabung reaksi.
2. Tambahkan 8 tetes urin ke dalam larutan, kemudian panaskan lagi selama 1 – 2 menit dan biarkan menjadi dingin.
3. Amatilah perubahan warna endapan. Apabila endapan berwarna hijau berarti kadar glukosa $\pm 1\%$, merah berarti kadar glukosa $\pm 1,5\%$, orange berarti kadar glukosa $\pm 2\%$, dan bila kuning berarti kadar glukosa $\pm 5\%$

Pertanyaan

1. Apakah terbentuk endapan berwarna pada urin yang kamu uji?
2. Bagaimanakah keadaan ginjal dari orang yang urinnya kamu uji?

3. Paru-Paru

Paru-paru mengekskresikan karbon dioksida dan uap air. Di kelas 8 kamu telah mempelajari paru-paru sebagai sistem pernapasan. Karbon dioksida merupakan sisa metabolisme dari sel-sel tubuh. Karbon dioksida diangkut oleh darah dari seluruh jaringan tubuh menuju paru-paru. Di dalam alveolus, karbon dioksida berdifusi ke udara. Udara yang banyak mengandung karbon dioksida ini kemudian dihembuskan keluar melalui fase ekspirasi.

Untuk membuktikan bahwa udara ekspirasi mengandung karbon dioksida, kamu dapat melakukan **Kegiatan 1.2** berikut ini.

Kegiatan 1.2

Karbon Dioksida dalam Udara Pernapasan

Tujuan

Mengetahui bahwa udara yang dikeluarkan dari paru-paru banyak mengandung karbon dioksida.

Alat dan Bahan

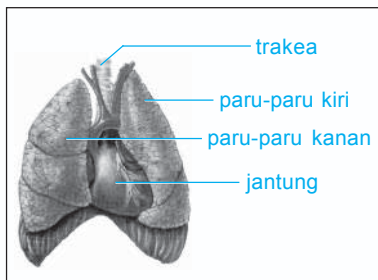
1. Selang
2. Gelas kimia
3. Air
4. Kapur

Langkah Kerja

1. Buatlah larutan kapur ke dalam gelas kimia.
2. Tariklah napasmu dalam-dalam dan keluarkan melalui mulut dengan bantuan selang ke dalam larutan kapur. Amati perubahan yang terjadi dalam air kapur. Endapan dapat terbentuk bila air kapur (CaOH) bereaksi dengan CO_2 menghasilkan kapur (CaCO_3) yang mengendap berwarna putih.

Pertanyaan

1. Bagaimanakah keadaan air kapur setelah kamu hembuskan napas ke dalamnya?
2. Apakah kesimpulan yang dapat kamu ambil dari kegiatan ini?



Gambar 1.6 Struktur paru-paru pada manusia.

Sumber: *Ensiklopedia Umum*

Udara yang keluar masuk paru-paru tidak selalu bersih karena bercampur dengan debu, asap, kotoran, dan kuman-kuman penyakit. Akibatnya, kerja paru-paru sebagai alat ekskresi dapat mengalami gangguan. Contoh kelainan atau gangguan pada paru-paru adalah tuberkulosis yang disebabkan bakteri *Mycobacterium tuberculosis*, pneumonia yang disebabkan oleh infeksi bakteri *Streptococcus pneumoniae*, ISPA (Infeksi Saluran Pernapasan Atas), SARS (*Severe Acute Respiratory Syndrome*), asma, dan lain-lain. Kebiasaan yang buruk juga dapat menyebabkan kerusakan pada paru-paru, misalnya merokok dapat menyebabkan kanker paru-paru. Untuk mengetahui lebih mendalam tentang berbagai gangguan atau kelainan paru-paru dan upaya pencegahannya, kamu dapat mencari informasi dari berbagai sumber seperti perpustakaan, majalah dan tabloid kesehatan, siaran radio dan televisi, internet, dan lain-lain.

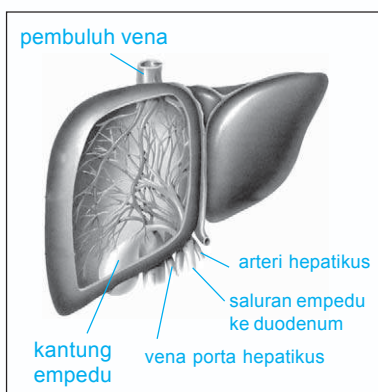
4. Hati

Hati mengekskresikan empedu yang dihasilkan dari perombakan sel darah merah yang sudah rusak/tua. Empedu yang dihasilkan terlebih dahulu ditampung di *kantung empedu* (**Gambar 1.7**). Empedu terdiri dari garam empedu dan zat warna empedu (*bilirubin* dan *biliverdin*). Garam empedu berfungsi mengemulsi lemak dalam proses pencernaan. Zat warna empedu memberi warna yang khas pada feses dan urin. Zat warna empedu merupakan zat sisa tidak langsung, karena dihasilkan oleh hati tetapi pengeluarannya melalui saluran pencernaan dan darah menuju ginjal untuk dikeluarkan bersama urin.

Hati pada orang dewasa beratnya sekitar 1,5 kg. Selain sebagai alat ekskresi, hati memiliki beberapa fungsi, antara lain sebagai berikut.

- a. Pembongkaran sel darah merah yang sudah tua.
- b. Pusat pengubahan protein, lemak, dan karbohidrat sesuai kebutuhan tubuh.
- c. Menawarkan racun.
- d. Tempat pembentukan provitamin A menjadi vitamin A.
- e. Tempat pembentuk protrombin.
- f. Menyimpan gula dalam bentuk glikogen.

Sari-sari makanan yang diserap dari usus halus terlebih dahulu masuk ke hati melalui *vena porta*. Di dalam hati, zat beracun dan bibit penyakit disaring dan dinetralkan oleh sel-sel hati. Karena kerja hati cukup berat, hati dapat mengalami berbagai kerusakan atau gangguan. Zat-zat tertentu seperti racun dan alkohol dapat menyebabkan kerusakan sel-sel hati yang disebut *sirosis* dan kanker hati. Untuk menjaga kesehatan hati kamu harus berhati-hati dalam memilih makanan, misalnya menjaga kebersihan makanan, menghindari zat aditif dalam makanan yang tidak benar-benar diperlukan, tidak mengonsumsi makanan yang kadaluarsa, menghindari alkohol, dan sebagainya.

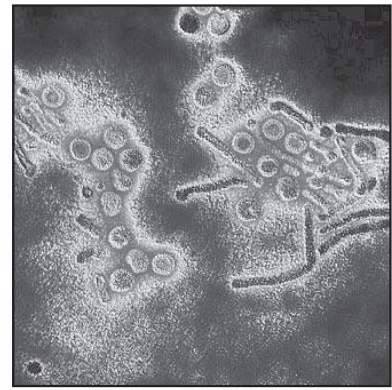


Gambar 1.7 Struktur hati manusia.

Sumber: *Ensiklopedia IPTEK*

Infeksi bakteri atau virus juga dapat menyebabkan penyakit pada hati. Contohnya adalah penyakit hepatitis yang disebabkan oleh virus (**Gambar 1.8**). Virus dapat menular melalui makanan, minuman, transfusi darah, dan jarum suntik. Hepatitis menyebabkan kerusakan sel-sel hati sehingga zat warna empedu menyebar ke seluruh tubuh. Akibatnya warna kulit tubuh dan bola mata menjadi kekuning-kuningan. Oleh karena itu penyakit hepatitis sering disebut penyakit kuning. Untuk mencegah penyakit hepatitis, kamu harus menjaga kesehatan dan kebersihan makanan dan lingkungan sekitar.

Kantung empedu juga dapat mengalami gangguan, misalnya batu empedu. Batu empedu biasanya disebabkan oleh meningkatnya kandungan kolesterol sehingga garam empedu dan fosfolipid tidak mampu melarutkannya. Akibatnya kolesterol akan mengkristal dan membentuk batu empedu. Batu empedu yang terus membesar akan menghalangi aliran cairan empedu, sehingga menimbulkan rasa sakit dan muncul berbagai kelainan, misalnya gangguan pencernaan lemak.



Gambar 1.8 Virus hepatitis tipe B, penyebab penyakit hepatitis (sakit kuning).

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

Tugas 1.1

1. Berdiskusilah dengan temanmu untuk menemukan hubungan antara pengeluaran keringat dengan urin?
2. Mengapa hati disebut juga sebagai alat ekskresi?
3. Faktor apa saja yang mempengaruhi volume urin yang dihasilkan?
4. Carilah informasi cara kerja alat pencuci darah.



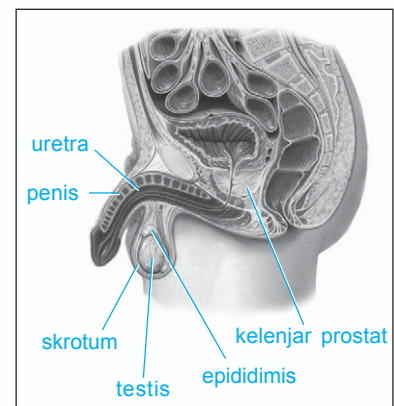
B Sistem Reproduksi Manusia

Reproduksi pada manusia terjadi secara seksual, artinya terbentuknya individu baru diawali dengan bersatunya sel kelamin laki-laki (sperma) dan sel kelamin wanita (sel telur). Sistem reproduksi manusia dibedakan menjadi alat reproduksi laki-laki dan perempuan.

1. Alat Reproduksi Laki-Laki

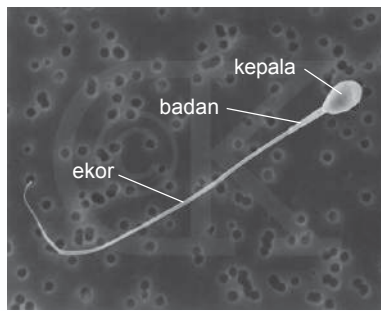
Alat reproduksi laki-laki terdiri dari alat kelamin bagian luar dan alat kelamin bagian dalam. Perhatikan **Gambar 1.9**. Alat kelamin bagian luar terdiri dari *penis* dan *skrotum*. Sedangkan alat kelamin bagian dalam terdiri dari *testis*, *epididimis*, *vas deferens*, *prostat*, *vesika seminalis*, dan *kelenjar bulbouretral*.

Penis merupakan alat untuk kopulasi. Sedangkan *skrotum* adalah kantung yang berisi dua testis yang menggantung. Skrotum dapat naik dan turun untuk menjaga suhu testis selalu optimum untuk pembentukan sperma. Saat udara dingin,



Gambar 1.9 Organ kelamin laki-laki.

Sumber: *The Human Body Atlas*

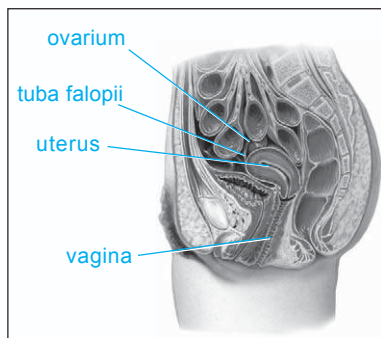


Gambar 1.10 Sel sperma manusia.
Sumber: www.cartage.org.lb

skrotum akan naik lebih dekat ke tubuh sehingga suhunya tetap hangat. Jika udara panas, skrotum turun dan menjauhi tubuh, sehingga suhunya tidak terlalu panas. *Testis* adalah tempat pembentukan sperma (spermatogenesis). Spermatogenesis pada manusia berlangsung selama 2 – 3 minggu. Sel sperma yang dihasilkan testis keluar melalui saluran sperma menuju penis. Di dalam penis terdapat saluran uretra. Selain sebagai saluran sperma, uretra juga berfungsi sebagai saluran urin.

Sebelum dikeluarkan melalui penis, sperma mengalami proses pematangan di *epididimis*. Saluran yang menghubungkan epididimis dengan uretra disebut *vas deferens*. Selama perjalanan ke uretra, sperma bercampur dengan cairan dari vesika seminalis dan kelenjar prostat yang disebut dengan *semen*. *Kelenjar prostat* menghasilkan cairan yang dapat menetralkan suasana asam dalam vagina sehingga sperma yang masuk dapat bertahan hidup. *Vesika seminalis* menghasilkan bahan makanan bagi sperma pada saat perjalanan menuju sel telur. Sedangkan *kelenjar bulbouretral* menghasilkan lendir untuk mendukung kehidupan sperma.

Pada usia remaja (sekitar usia 12 – 13 tahun), umumnya organ kelamin laki-laki telah mampu menghasilkan sel sperma (**Gambar 1.10**). Biasanya ditandai dengan mimpi dan keluarnya sel sperma (mimpi basah). Sel sperma manusia memiliki panjang $\pm 60 \mu\text{m}$. Dalam satu tetes semen (air mani) terdapat kurang lebih 200 – 500 juta sperma. Sel sperma dapat bergerak aktif karena mempunyai flagela (ekor).



Gambar 1.11 Organ kelamin wanita.
Sumber: *The Human Body Atlas*

2. Alat Reproduksi Wanita

Alat reproduksi perempuan juga terdiri dari alat kelamin dalam dan alat kelamin luar. Alat kelamin bagian luar terdiri dari *lubang vagina*, *labia mayora*, *labia minora*, *mons pubis* dan *klitoris*. Sedangkan pada alat kelamin bagian dalam terdapat *ovarium*, *tuba falopii* (*oviduk*), dan *uterus* (*rahim*) (**Gambar 1.11**).

Ovarium berjumlah sepasang, merupakan tempat untuk memproduksi sel telur (ovum). Sel telur manusia mempunyai diameter $\pm 0,1 \text{ mm}$. Sel telur ini tidak dapat bergerak aktif karena tidak memiliki alat gerak. *Tuba falopii* atau *oviduk* adalah saluran yang menghubungkan ovarium dengan uterus. Sel telur yang dilepaskan dari ovarium diterima oleh ujung tuba falopii yang berbentuk corong (disebut *infundibulum*). Dari tuba falopii, sel telur kemudian menuju rahim. Pembuahan sel telur sering terjadi di tuba falopii ini. *Uterus* atau *rahim* adalah tempat melekatnya sel telur yang telah dibuahi oleh sperma. Uterus berupa rongga berotot yang mampu mengembang mengikuti perkembangan embrio. *Vagina* merupakan saluran akhir dari alat kelamin dalam. Vagina juga menjadi alat kopulasi pada perempuan, jalan lahir bayi waktu melahirkan, dan saluran tempat keluarnya menstruasi.

3. Pembuahan dan Perkembangan Embrio

Pada umumnya, setiap 28 hari sekali ovarium melepaskan sebuah sel telur. Pelepasan sel telur ini disebut ovulasi. Ketika terjadi ovulasi, dinding uterus mengalami penebalan sehingga menjadi tempat yang baik untuk pertumbuhan dan perkembangan zigot. Bila sesaat setelah terjadi ovulasi ada sel sperma yang masuk ke saluran telur, maka akan terjadi pembuahan (**Gambar 1.12**). Sel telur yang telah dibuahi disebut zigot. Zigot kemudian membelah menjadi dua sel, empat sel, delapan sel, dan seterusnya sehingga terbentuk embrio atau janin. Beberapa hari setelah zigot menempel di dinding uterus, akan terbentuk sekumpulan pembuluh-pembuluh darah di dinding uterus yang disebut *plasenta*. Kebutuhan janin dipenuhi dari plasenta dengan perantaraan tali pusat atau ari-ari (perhatikan **Gambar 1.13**). Fungsi plasenta adalah sebagai pelindung janin dari kuman penyakit dan racun tertentu; sebagai pengatur nutrisi dan oksigen bagi fetus dari ibu; dan sebagai jalan pembuangan sisa metabolisme dari janin ke tubuh ibu. Lama kehamilan pada manusia sekitar 266 hari atau 9 bulan lebih 10 hari. Setelah kehamilan mencapai usia tersebut, tibalah saatnya untuk proses persalinan atau kelahiran bayi.

Jika sel telur tidak dibuahi oleh sel sperma, lapisan dinding uterus yang telah menebal akan meluruh bersama darah dan dikeluarkan melalui vagina. Peristiwa ini disebut *menstruasi*. Umum menstruasi akan terjadi setiap 28 hari sekali, walaupun ada perempuan yang mendapatkan menstruasi kurang dari 28 hari dan ada pula yang lebih dari 28 hari. Bagi remaja putri, menjaga kebersihan tubuh sangat penting ketika mengalami menstruasi. Darah haid yang keluar harus ditahan dengan pembalut dan dibersihkan agar tidak menimbulkan penyakit.

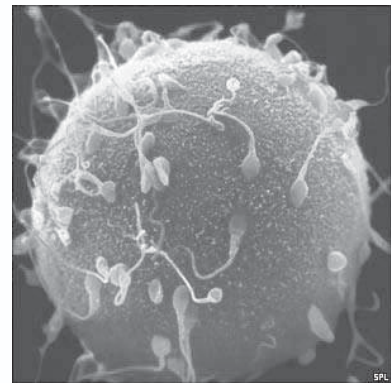
Seorang remaja perempuan yang telah mendapatkan menstruasi menunjukkan bahwa dia telah mampu menghasilkan sel telur. Dengan kata lain, dia telah siap bereproduksi dan melahirkan bayi. Namun demikian, remaja belum mempunyai kesiapan fisik, mental, dan sosial-ekonomi untuk mendapatkan kehamilan. Oleh karena itu, kamu harus berhati-hati dalam bergaul, jangan pernah terjerumus dalam pergaulan seks bebas dan seks pranikah!

4. Gangguan Sistem Reproduksi pada Manusia

Sistem reproduksi dapat mengalami gangguan atau kelainan. Gangguan ini dapat menyebabkan pasangan usia subur sulit memperoleh keturunan. Oleh karena itu, kamu harus selalu menjaga kesehatan organ-organ reproduksi, sehingga kelak dapat memperoleh keturunan yang sehat. Beberapa gangguan dan penyakit yang berkaitan dengan sistem reproduksi adalah sebagai berikut.

a. AIDS

AIDS (*Acquired Immune Deficiency Syndrome*) disebabkan oleh virus HIV (*Human Immunodeficiency Virus*) yang



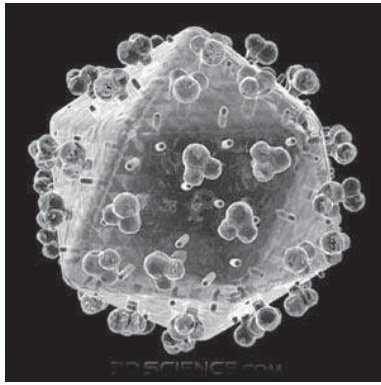
Gambar 1.12 Sel telur manusia yang sedang dibuahi oleh sel sperma.

Sumber: news.bbc.co.uk



Gambar 1.13 Embrio manusia umur 8 minggu.

Sumber: www.med.kyoto-u.ac.jp



Gambar 1.14 Model komputer 3 dimensi virus HIV penyebab AIDS.

Sumber: wever.files.wordpress.com

menyerang kekebalan tubuh. Penularannya dapat terjadi melalui hubungan seksual, transfusi darah penderita AIDS, jarum suntik yang tercemar, dan ibu hamil kepada anaknya. Tubuh yang terserang virus HIV kekebalannya rusak, sehingga mudah terinfeksi oleh berbagai jenis penyakit yang dapat menimbulkan kematian. Infeksi HIV awalnya tidak menampilkan gejala sakit. Pada tahap berikutnya muncul gejala flu berulang seperti lesu, demam, berkeringat di malam hari, dan otot sakit.

b. Sifilis

Penyakit sifilis sering disebut *raja singa*. Sifilis bersifat menular dan disebabkan oleh bakteri *Troponema pallidum*. Penularan dapat terjadi melalui hubungan seksual, transfusi darah, dan kehamilan. Gejala awalnya timbul bisul pada bagian penis laki-laki atau di rahim perempuan. Bisul ini tidak menyebabkan rasa sakit dan dapat sembuh dengan sendirinya. Gejala selanjutnya muncul lesi di permukaan kulit di seluruh tubuh namun tidak menyebabkan gatal, sariawan di mulut, sakit tenggorokan, demam ringan, dan pembengkakan kelenjar limfa pada lipatan tangan, leher, dan paha. Gejala-gejala ini juga dapat hilang dengan sendirinya. Pada infeksi tingkat lanjut, muncul gejala berupa kerusakan tulang dan sendi, aorta, dan dapat menyebabkan kelumpuhan. Namun gejala-gejala ini dapat dihentikan dengan pengobatan.

c. Gonore

Penyakit gonore disebabkan oleh infeksi bakteri *Neisseiria gonokokus* dan dapat menular melalui hubungan seksual. Gonore menyerang selaput lendir uretra, leher rahim, dan organ lain. Pada laki-laki, gejalanya adalah terasa sakit saat buang air dan keluar nanah dari uretra. Pada penderita wanita, muncul gejala keluar lendir berwarna hijau dari alat kelamin. Namun banyak perempuan yang tidak menunjukkan adanya gejala, sehingga penyakit akan berlanjut sampai terjadi komplikasi. Infeksi yang menyebar hingga ke testis (pada laki-laki) dan oviduk (pada wanita) dapat menyebabkan kemandulan. Infeksi yang menyebar ke persendian menyebabkan radang sendi. Bayi yang lahir dari penderita gonore dapat mengalami kebutaan jika tidak segera mendapatkan pengobatan.

Latihan 1.1

1. Di manakah sperma dibentuk? Jelaskan urutan jalannya sperma dari tempat pembentukan hingga siap untuk diejakulasikan (dikeluarkan).
2. Sebutkan alat reproduksi pada wanita beserta fungsinya masing-masing.
3. Bagaimanakah proses pembuahan berlangsung?
4. Bagaimanakah usahamu agar tidak tertular penyakit AIDS?



C Sistem Koordinasi pada Manusia

Semua sistem organ dalam tubuh manusia bekerja secara teratur dan selaras, kecuali jika ada gangguan atau kelainan. Hal ini disebabkan karena ada sistem yang mengatur kerja berbagai sistem organ. Sistem organ ini disebut sistem koordinasi. Sistem koordinasi pada manusia terdiri dari sistem saraf, sistem indera, dan sistem hormon (endokrin). Sistem saraf bersama-sama dengan sistem hormon berfungsi untuk mengatur dan memelihara fungsi tubuh, misalnya mengatur kontraksi otot, perubahan alat-alat tubuh bagian dalam, dan sekresi berbagai kelenjar dalam tubuh.

1. Organisasi Sistem Saraf

Sistem saraf berperan penting untuk merasakan perubahan-perubahan yang terjadi di luar atau di dalam tubuh, menafsirkannya, dan memberi respon (menjawab) dalam bentuk kontraksi otot atau dapat berupa sekresi kelenjar. Fungsi sistem saraf pada manusia adalah sebagai berikut.

- Menerima informasi atau rangsangan berupa perubahan yang terjadi di dalam lingkungan melalui reseptor.
- Mengatur dan memproses informasi atau rangsangan yang diterima.
- Mengatur dan memberi tanggapan (*respon*) terhadap rangsangan dalam bentuk gerak atau sekresi kelenjar.

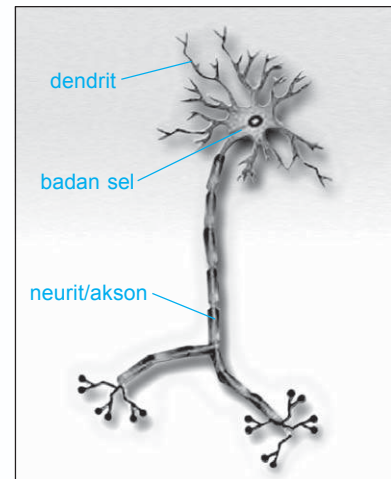
Sel saraf atau neuron merupakan unit struktural dan fungsional yang terkecil dari sistem saraf. Sel-sel ini sudah tidak mengalami pembelahan lagi, sehingga bila mengalami kerusakan tidak dapat diperbaiki. Jadi kamu harus berhati-hati agar sistem saraf tidak mengalami gangguan.

a. Sel Saraf (*Neuron*)

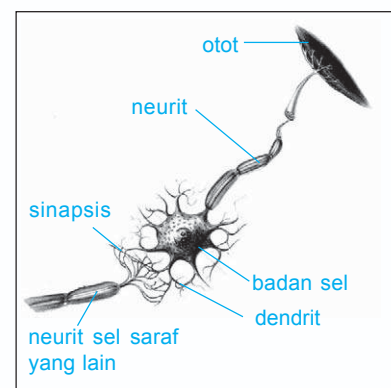
Sel saraf berfungsi untuk menghantarkan impuls. Seperti pada **Gambar 1.15**, bagian-bagian sel saraf adalah sebagai berikut.

- Badan sel, di dalamnya terdapat sitoplasma dan inti sel yang terbungkus oleh selaput plasma. Fungsi badan sel saraf adalah menerima dan meneruskan impuls dari dendrit ke neurit atau akson.
- Dendrit, merupakan juluran dan bercabang-cabang yang keluar dari badan sel, berfungsi menerima dan membawa rangsang ke badan sel.
- Neurit atau akson merupakan juluran badan sel yang berfungsi untuk menghantarkan rangsang dari badan sel ke sel saraf lainnya.

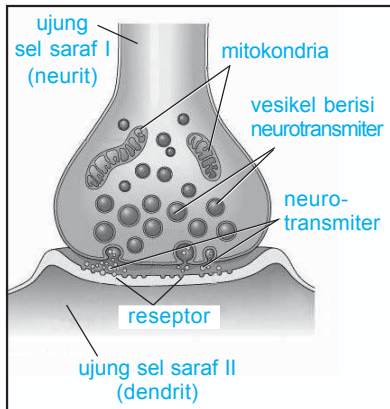
Daerah pertemuan ujung-ujung neurit dengan dendrit disebut *sinapsis*. Di tempat inilah rangsangan diteruskan dari satu sel saraf ke sel saraf yang lain. Untuk lebih jelasnya, perhatikan **Gambar 1.16**.



Gambar 1.15 Sel saraf.
Sumber: Dokumen Penerbit



Gambar 1.16 Skema suatu sinapsis.
Sumber: Ensiklopedia IPTEK



Gambar 1.17 Pemandangan rangsang pada sinapsis.

Sumber: universe-review.ca

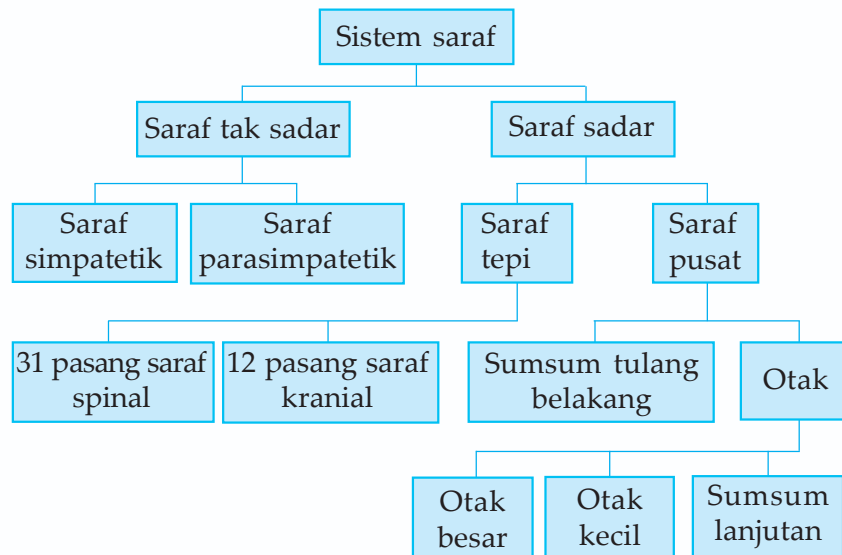
Berdasarkan fungsinya, sel saraf dapat dibedakan menjadi sel saraf sensorik, motorik, dan perantara.

- 1) Sel saraf *sensorik*, berfungsi untuk menerima rangsang dari reseptor (indera) dan meneruskan ke otak atau sumsum tulang belakang.
- 2) Sel saraf *motorik*, berfungsi untuk menyampaikan perintah dari otak atau sumsum tulang belakang menuju reseptor (otot/kelenjar tubuh).
- 3) Sel saraf perantara/asosiasi (*interneuron*), sebagai perantara neuron sensorik dengan neuron motorik.

Mekanisme kerja sistem saraf adalah sebagai berikut. Rangsangan yang diterima reseptor diteruskan menuju susunan saraf pusat. Dendrit membawa rangsang ke badan sel dan diteruskan menuju neurit. Rangsang diteruskan ke dendrit sel saraf yang lain melalui sinapsis. Pada sinapsis terdapat cairan *neurotransmitter* berupa *asetilkolin*. Asetilkolin dihasilkan oleh ujung neurit yang berfungsi untuk menghantarkan impuls dari neurit ke dendrit sel saraf lain (**Gambar 1.17**). Kerja asetilkolin dapat terganggu oleh obat-obatan tertentu. Apabila kerja asetilkolin terganggu, sinapsis tidak akan mampu menghantarkan impuls saraf. Akibatnya akan terjadi gangguan pada koordinasi tubuh.

b. Susunan Saraf pada Manusia

Susunan saraf manusia terdiri dari susunan saraf sadar dan saraf tak sadar (otonom). Sistem saraf sadar terdiri dari saraf pusat dan saraf tepi. Sedangkan sistem saraf tak sadar terdiri dari saraf simpatik dan parasimpatetik. Untuk lebih jelasnya perhatikan bagan berikut.



1) Sistem Saraf Sadar

Sistem saraf sadar terdiri dari sistem saraf pusat (otak dan sumsum tulang belakang) dan sistem saraf tepi.

a) Sistem Saraf Pusat

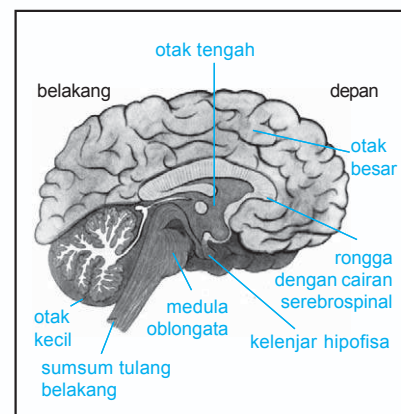
Sistem saraf pusat terdiri dari otak dan sumsum tulang belakang. Otak dilindungi oleh tulang-tulang tengkorak. Perlindungan bagi otak sangat penting sebab otak merupakan organ vital yang mengatur kerja sistem organ yang lain. Otak manusia dapat dibedakan menjadi otak besar (*serebrum*), otak kecil (*serebelum*) dan sumsum lanjutan (*medula oblongata*). Perhatikan **Gambar 1.18**.

Otak besar mencakup 80% berat otak, permukaannya disebut *korteks* yang berwarna kelabu (disebut *substansi grisea*). Bagian ini tersusun dari enam lapisan sel yang berfungsi sebagai penerima, menganalisis, dan menyimpan informasi. Oleh karena itu bagian otak besar memegang peranan penting dalam aktivitas intelektual. Di bawah *korteks* terdapat bagian medula yang berwarna putih (disebut *substansi alba*). Medula terdiri dari *akson-akson* yang bermielin dan banyak serabut saraf. Otak besar terbagi menjadi dua belahan yang mengendalikan kegiatan tubuh yang berbeda. Belahan kiri mengendalikan kegiatan tubuh sebelah kanan dan sebaliknya belahan kanan mengendalikan kegiatan tubuh sebelah kiri.

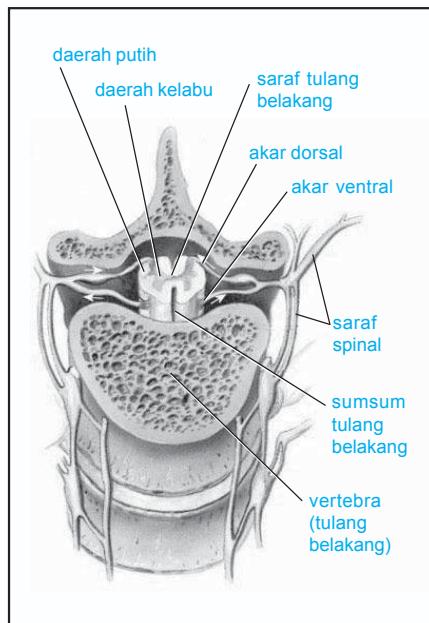
Fungsi otak besar yaitu untuk menyimpan memori, tempat berpikir, pusat kesadaran dan kemauan, tempat menerjemahkan rangsangan yang masuk baik melalui pendengaran maupun penglihatan, dan mengoordinasikan gerak serta mengendalikan semua kegiatan yang disadari. Otak kecil berbentuk seperti kupu-kupu dan terletak di belakang otak besar. Otak kecil terdiri dari dua belahan kanan dan kiri. Ada bagian yang berbentuk bulat (disebut *vermis*) dan seperti sayap (disebut *hemisfer*). Fungsi otak kecil adalah mengatur gerak tak sadar dari otot-otot rangka, bekerja sama dengan telinga dalam untuk mengatur keseimbangan tubuh, dan mempertahankan postur tubuh.

Sumsum lanjutan merupakan penghubung antara otak kecil dan sumsum tulang belakang. Terletak di bawah otak besar dan di depan otak kecil. Sumsum lanjutan tersusun dari dua lapisan, yaitu lapisan berwarna putih di sebelah luar, sedangkan lapisan berwarna abu-abu di sebelah dalam. Fungsinya adalah untuk mengatur kegiatan tubuh yang tidak disadari, misalnya pengaturan suhu tubuh, denyut jantung, dan pernapasan.

Sumsum tulang belakang berbentuk silinder agak gepeng. Letaknya memanjang di antara ruas-ruas tulang belakang dimulai dari ruas tulang leher sampai dengan tulang pinggang kedua. Susunan sumsum tulang belakang sama dengan sumsum lanjutan. Lapisan luar berwarna putih (*substansi alba*), terdiri dari dendrit dan neurit. Lapisan dalam berwarna abu-abu (*substansi grisea*) yang banyak mengandung sel saraf. Kalau kamu perhatikan, susunan ini berkebalikan dengan susunannya pada otak. Pada bagian dalam sumsum tulang belakang terdapat bagian yang



Gambar 1.18 Penampang otak manusia.
Sumber: Kamus Sains



Gambar 1.19 Sistem saraf pada sumsum tulang belakang manusia.

Sumber: universe-review.ca

berbentuk seperti sayap kupu-kupu. Coba perhatikan **Gambar 1.19**. Sayap ini ada yang mengarah ke depan dan ada yang ke belakang. Bagian sayap yang mengarah ke depan disebut *akar ventral* yang banyak mengandung sel saraf motorik. Sedangkan sayap yang mengarah ke belakang disebut *akar dorsal* yang banyak mengandung sel saraf sensorik. Kedua sel saraf ini dihubungkan dengan saraf konektor (saraf penghubung).

Fungsi sumsum tulang belakang yaitu sebagai pusat gerak refleks, pengantar rangsangan sensorik dari indera ke otak, dan membawa impuls motorik dari otak ke alat tubuh.

b) Sistem Saraf Tepi

Sistem saraf tepi merupakan saraf penghubung antara sistem saraf pusat dengan organ-organ tubuh. Terdiri dari serabut-serabut saraf yang keluar dari otak dan sumsum tulang belakang, yaitu 12 pasang serabut saraf otak dan 31 pasang serabut saraf sumsum tulang belakang.

Serabut saraf yang keluar dari otak disebut *sistem saraf kranial*, arahnya menuju ke alat tubuh atau otot tertentu. Serabut saraf yang keluar dari sumsum tulang belakang disebut *sistem saraf spinal*, arahnya menuju alat-alat tubuh misalnya kaki dan tangan.

2) Sistem Saraf Tak Sadar

Sistem saraf tak sadar/saraf otonom bekerja di luar pengaruh sistem saraf sadar. Sistem saraf tak sadar terdiri dari sistem saraf simpatetik dan parasimpatetik. Kedua saraf itu bekerja pada efektor (alat/organ tubuh) yang sama, tetapi sifat kerjanya sering berkebalikan.

a) Sistem Saraf Simpatetik

Terdiri dari 25 pasang simpul saraf/ganglion yang terletak di sepanjang tulang belakang sebelah depan, dimulai dari ruas tulang leher sampai tulang ekor. Masing-masing simpul saraf dihubungkan dengan sistem saraf spinal yang keluar menuju organ-organ tubuh seperti jantung, paru-paru, ginjal, pembuluh darah, dan pencernaan. Perhatikan fungsi saraf simpatetik pada **Tabel 1.1**.

b) Sistem Saraf Parasimpatetik

Susunan saraf parasimpatetik ini berkaitan dengan ganglion yang tersebar di seluruh tubuh. Saraf parasimpatetik menuju organ yang dikendalikan oleh saraf simpatetik, sehingga bekerja pada efektor yang sama. Fungsi sistem saraf parasimpatetik disajikan pada **Tabel 1.1**.

Tabel 1.1 Fungsi sistem saraf simpatetik dan parasimpatetik.

Saraf Simpatetik	Saraf Parasimpatetik
1. Memperlebar pembuluh darah.	1. Memperkecil pembuluh darah.
2. Mempercepat denyut jantung.	2. Memperlambat denyut jantung.
3. Memperlebar pupil mata.	3. Memperkecil pupil mata.
4. Mempertinggi tekanan darah.	4. Memperendah tekanan darah.
5. Meningkatkan pernapasan.	5. Mengurangi pernapasan.
6. Meningkatkan kadar gula dalam darah.	6. Mengurangi kadar gula dalam darah.
7. Mengerutkan limpa.	7. Mengembangkan limpa.

c. Gerak Sadar dan Gerak Refleks

Aktivitas sehari-hari seperti makan, lari, dan melompat merupakan *gerak sadar*, artinya gerakan yang dikontrol oleh pusat kesadaran. Pada gerak itu, otakmu memberi perintah kepada otot-otot untuk melakukan gerakan tersebut. Jalannya impuls pada gerak sadar adalah sebagai berikut.

impuls dari reseptor → neuron sensorik → pusat saraf (otak) → respon efektor → neuron motorik → efektor (gerak anggota tubuh)

Selain gerak sadar, kamu juga dapat melakukan gerakan spontan tanpa disadari yang disebut *gerak refleks*. Contohnya bila tanganmu menyentuh benda panas tanpa sengaja, maka secara spontan kamu akan menarik tangan menjauhi benda panas itu. Perhatikan jalannya impuls pada gerak refleks berikut ini.

impuls dari reseptor tulang belakang → neuron sensorik → sumsum tulang belakang → respon efektor → neuron motorik → efektor

Impuls yang menyebabkan gerakan tersebut dibawa oleh sel saraf sistem eferen somatik dan suatu jalur rangsangan pendek yang disebut *lengkung refleks*. Perhatikan contoh pada **Gambar 1.20**. Gerak refleks dibedakan menjadi dua yaitu refleks kranial dan refleks spinal. Pada refleks kranial (yang terjadi di kepala, misalnya bersin), jalur ini hanya melibatkan sebagian kecil dari otak. Namun pada refleks spinal (yang terjadi di bagian tubuh lainnya), hanya sumsum tulang belakang yang terlibat secara aktif, sedangkan otak tidak terlibat. Jalan impuls pada gerak refleks di atas melibatkan lengkung refleks spinal.



Gambar 1.20 Lengkung refleks sederhana.
Sumber: Kamus Sains

Untuk mengamati gerak refleks, lakukan **Kegiatan 1.3** berikut ini.

Kegiatan 1.3

Gerak Refleks

Tujuan

Mengamati terjadinya gerak refleks.

Alat dan bahan

1. Sebatang kayu
2. Siswa peraga

Langkah kerja

1. Mintalah satu orang dari kelompokmu untuk duduk dengan santai dan kedua matanya ditutup dengan kain.
2. Pilihlah bagian tubuh temanmu yang mengandung tendon atau urat, kemudian pukullah dengan sebatang kayu (jangan terlalu keras) tepat mengenai tendon tersebut.
3. Perhatikan gerakan yang terjadi pada tubuh temanmu akibat bagian tendonnya dipukul.
4. Ulangi kegiatan ini pada temanmu yang lain dan pada bagian tendon yang lain pula.

Pertanyaan

1. Apa yang terjadi pada bagian tubuh temanmu yang dipukul?
2. Bagaimana skematis jalannya gerak refleks tersebut?
3. Buatlah kesimpulanmu dari kegiatan di atas.

2. Kelainan pada Sistem Saraf

Sistem saraf dapat mengalami gangguan atau kelainan. Beberapa contoh gangguan pada sistem saraf manusia adalah sebagai berikut.

- a. *Epilepsi*, merupakan kelainan pada sel-sel saraf di otak sehingga penderita tidak dapat merespon berbagai rangsangan. Otot-otot rangka penderita sering berkontraksi secara tidak terkontrol. Epilepsi dapat disebabkan karena cacat sejak kelahiran, kelainan metabolisme, infeksi, adanya racun yang merusak sel-sel saraf, kecelakaan pada kepala, dan tumor.
- b. *Neuritis*, adalah luka pada neuron atau sel-sel saraf. Disebabkan oleh infeksi, kekurangan vitamin, karena pengaruh obat-obatan dan racun.
- c. *Amnesia*, atau penyakit lupa, yaitu sulit mengingat kejadian-kejadian yang telah berlalu. Amnesia dapat disebabkan karena guncangan batin atau cedera pada otak.
- d. *Strok*, adalah kerusakan otak akibat pecah, penyempitan, atau tersumbatnya pembuluh darah di otak. Strok sering terjadi pada orang yang menderita tekanan darah tinggi.

Tugas 1.2

Berdiskusilah dengan kelompokmu untuk menemukan persamaan dan perbedaan sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi.

3. Alat Indera

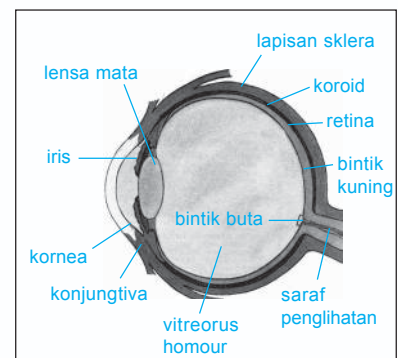
Tubuh manusia mempunyai indera yang berfungsi sebagai reseptor atau penerima rangsangan dari lingkungan sekitar. Manusia mempunyai lima macam indera (panca indera) yaitu indera penglihatan (mata), indera pendengaran dan keseimbangan (telinga), indera penciuman/pembau (hidung), indera pengecap (lidah), serta indera peraba dan perasa (kulit).

a. Indera Penglihatan (Mata)

Indera penglihatan pada manusia berupa mata. Bagian luar mata terdiri dari alis, kelopak mata, bulu mata, dan kelenjar air mata. *Alis* tersusun dari rambut kasar yang terletak melintang di atas mata. Fungsinya adalah untuk melindungi mata dari cahaya dan keringat. *Kelopak mata* terdiri dari kelopak atas dan bawah. Kelopak mata atas lebih banyak bergerak daripada kelopak mata yang bawah. Fungsinya untuk menjaga mata dari debu, sinar, dan melindungi mata agar tidak mengalami kekeringan. *Bulu mata* merupakan barisan rambut terletak tepat di depan mata. Fungsi untuk menjaga agar debu dan kotoran tidak masuk ke mata dan menghindari dari cahaya yang menyilaukan. *Kelenjar air mata* terletak di sebelah dalam kelopak mata atas. Kelenjar ini menghasilkan air mata yang berfungsi untuk membasahi mata, sehingga permukaannya tidak kering.

Bagian dalam mata terdiri dari otot, dinding bola mata, dan lensa mata. Perhatikan **Gambar 1.21**.

- 1) Otot penggerak mata, terdiri dari tiga pasang otot, yaitu otot penggerak atas, samping, dan bawah. Selain itu terdapat otot pemutar atas dan bawah, yang berfungsi menggerakkan bola mata ke segala arah. Apabila salah satu otot penggerak bola mata tidak berfungsi akan menyebabkan juling.
- 2) Dinding bola mata, terdiri dari tiga lapisan.
 - a) Lapisan luar (*sklera*), berada di bagian belakang yang berwarna agak gelap dinamakan selaput tanduk. Sklera bagian depan bening dan tembus cahaya dinamakan *kornea*. Kornea ini bertugas untuk mengatur cahaya yang masuk ke dalam mata.
 - b) Lapisan tengah (*koroid*/selaput jala), banyak mengandung pembuluh darah. Pada bagian depan terdapat selaput pelangi atau iris yang akan menentukan warna mata seseorang. Bagian tengah iris berlubang yang disebut pupil, fungsinya untuk mengatur banyak sedikitnya cahaya yang masuk.



Gambar 1.21 Struktur mata manusia.

Sumber: Kamus Sains

c) Lapisan dalam mata (*retina*). Pada retina terdapat sel-sel yang peka terhadap cahaya dan mengandung saraf penglihatan. Fungsi retina adalah untuk menangkap bayangan. Bagian yang paling peka terhadap rangsangan cahaya dinamakan *bintik kuning*. Agar bayangan dapat dilihat dengan jelas, maka titik fokus bayangan harus jatuh tepat di bagian bintik kuning.

Pada retina juga terdapat *bintik buta* yang terletak pada tempat membeloknya saraf-saraf penglihatan, sehingga bagian retina ini tidak memiliki sel-sel reseptor cahaya. Karena tidak terdapat sel-sel reseptor, bayangan yang jatuh di bintik buta tidak dapat kamu lihat.

3) *Lensa mata*, terletak di belakang selaput pelangi, tepatnya di belakang pupil. Lensa mata dapat memencung dan mencekung. Jika kamu mengamati benda jauh, maka lensa mata akan mencekung. Sebaliknya jika kamu mengamati benda yang dekat, maka lensa mata akan memencung. Kemampuan lensa mata untuk memencung dan mencekung disebut *daya akomodasi*.

Kemampuan penglihatan mata mempunyai keterbatasan. Untuk mengetahui kemampuan penglihatan mata kanan dan kiri, lakukan **Kegiatan 1.4** berikut ini.

Kegiatan 1.4

Kemampuan Penglihatan Mata

Tujuan

Untuk mengetahui kemampuan penglihatan mata kanan dan kiri.

Alat dan bahan

1. Karton yang bertuliskan huruf besar dari ukuran besar hingga kecil. Ukuran huruf seperti yang digunakan pada tes mata di optik.
2. Kain penutup mata.

Cara kerja

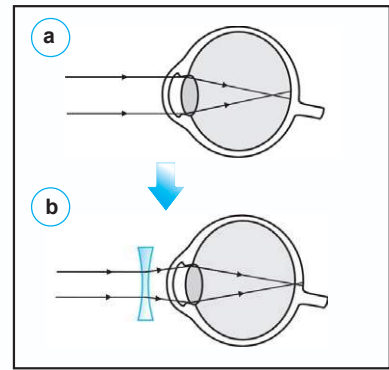
1. Tempatkan karton pada jarak 1,5 meter, lalu tutup mata kanan dengan kain.
2. Amatilah huruf pada karton. Pengamat memberikan aba-aba untuk menunjuk huruf mana yang dibaca. Demikian seterusnya hingga pada huruf yang paling kecil.
3. Catat huruf mana yang sulit terbaca.
4. Lakukan hal yang sama pada mata kanan dan mata kiri ditutup.
5. Setelah selesai, lakukan pengamatan dengan kedua mata tidak ditutup.
6. Identifikasilah mata mana yang lebih jelas melihat huruf tersebut.
7. Ulangi secara bergantian dengan temanmu yang lain.

Pertanyaan

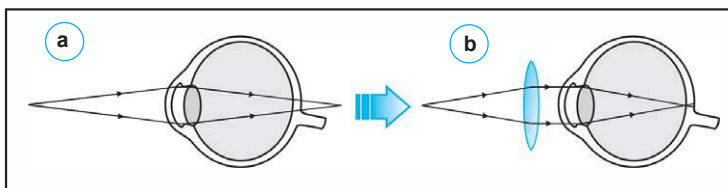
Adakah di antara teman-temanmu yang tidak jelas membaca huruf pada karton? Apa penyebabnya? Apakah ada kaitannya dengan bintik buta?

Mata dapat mengalami gangguan atau kelainan. Di antaranya adalah sebagai berikut.

- 1) Rabun jauh (*miopi*), adalah kelainan mata sehingga penderita tidak dapat melihat benda-benda yang jaraknya jauh. Hal ini disebabkan karena lensa mata terlalu menebal, sehingga bayangan jatuh di depan retina. Miopi dapat dibantu dengan kacamata berlensa cekung. Perhatikan **Gambar 1.22**.
- 2) Rabun dekat (*hipermetropi*), adalah kelainan mata sehingga penderita tidak dapat melihat dengan jelas benda-benda yang jaraknya dekat dengan mata. Disebabkan karena lensa mata terlalu memipih sehingga bayangan benda jatuh di belakang retina. Rabun dekat dapat dibantu dengan menggunakan kacamata berlensa cembung. Perhatikan **Gambar 1.23** berikut ini.

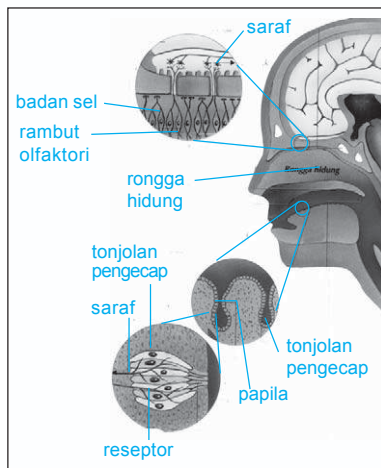


Gambar 1.22 (a) Pada penderita rabun jauh, bayangan jatuh di depan retina. (b) Dengan memakai kacamata berlensa cekung, bayangan dapat jatuh di retina.



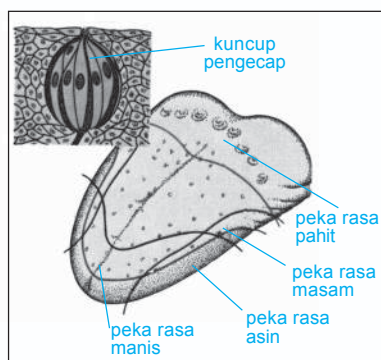
Gambar 1.23 (a) Pada penderita rabun dekat, bayangan jatuh di belakang retina. (b) Dengan memakai kacamata berlensa cembung, bayangan dapat jatuh di retina.

- 3) *Astigmatisme*, yaitu keadaan kelengkungan permukaan kornea atau lensa yang tidak mulus. Akibatnya bila penderita melihat suatu kotak, garis-garis vertikal terlihat kabur dan garis horizontal terlihat jelas atau sebaliknya. Cacat ini dapat ditolong dengan kacamata berlensa silindris.
- 4) *Presbiopi*, ialah suatu keadaan di mana lensa kehilangan elastisitasnya karena bertambahnya usia. Akibatnya daya akomodasi lensa mata berkurang.
- 5) *Glaukoma*, ialah tekanan di dalam bola mata yang terlalu tinggi. Tekanan normal bola mata adalah 24 mmHg. Glaukoma sering menyerang orang-orang di atas usia 40 tahun. Dalam waktu lama, tekanan yang tinggi ini dapat menekan dan merusak retina sehingga menimbulkan kebutaan.
- 6) *Katarak*, ialah kerusakan pada bagian kornea yang disebabkan oleh proses ketuaan, sinar X, kencing manis, dan pemberian obat-obat tertentu dalam waktu yang lama. Katarak dapat menimbulkan kebutaan tanpa rasa sakit.
- 7) *Buta warna*, merupakan jenis kelainan yang bersifat genetik. Orang yang menderita penyakit ini ada empat macam yaitu buta warna hitam putih (*monokromat*), buta warna merah (*protanopia*), buta warna hijau (*deuteranopia*), dan buta warna biru (*tritanopia*).



Gambar 1.24 Reseptor bau pada hidung dan reseptor pengecap pada lidah.

Sumber: Kamus Biologi



Gambar 1.25 Lidah, indera pengecap pada manusia.

Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer

b. Indera Penciuman/Pembau (Hidung)

Hidung merupakan indera yang berfungsi untuk mencium/membauai sesuatu. Daerah yang sensitif terhadap bau terletak pada bagian atas rongga hidung (**Gambar 1.24**). Pada daerah sensitif ini terdapat 2 jenis sel sebagai berikut.

- 1) Sel penyokong berupa sel-sel epitel.
- 2) Sel-sel pembau sebagai reseptor yang berupa sel-sel saraf.

Sel-sel pembau mempunyai ujung dendrit berbentuk rambut. Adaptasi terhadap bau-bauan mula-mula berjalan cepat dalam 2 – 3 detik, tetapi kemudian berjalan lebih lambat. Keistimewaan indera pembau manusia adalah dapat membaui sesuatu walau kadarnya di udara sangat sedikit. Beberapa hewan memiliki indera pembau yang lebih sensitif karena mempunyai reseptor pembau lebih banyak.

Indera pembau pada hidung dapat mengalami kelainan. Kelainan-kelainan itu antara lain sebagai berikut.

- 1) *Anosmia*, ialah tidak dapat mencium bau. Dapat disebabkan oleh penyumbatan rongga hidung karena polip atau tumor, atau reseptor pembau rusak karena infeksi virus.
- 2) *Influenza*, karena virus flu yang menyebabkan tersumbatnya rongga hidung sehingga menyebabkan kemampuan membaui dan mengecap berkurang.

c. Indera Pengecap (Lidah)

Indera pengecap pada manusia adalah lidah. Permukaan lidah agak kasar karena memiliki tonjolan-tonjolan yang disebut *papila*. Di dalam *papila* terdapat banyak kuncup-kuncup pengecap (*taste bud*) yaitu suatu bangunan berbentuk bundar yang terdiri dari dua jenis sel yaitu sel-sel penyokong dan sel-sel pengecap yang berfungsi sebagai reseptor.

Setiap bagian lidah mempunyai tingkat sensitivitas terhadap rasa yang berbeda-beda (**Gambar 1.25**). Ujung lidah dapat mengecap keempat rasa utama, tetapi paling sensitif terhadap rasa manis dan asin, bagian samping lidah peka untuk rasa asam, dan bagian pangkal lidah peka terhadap rasa pahit. Adaptasi terhadap suatu rasa mula-mula berjalan cepat dalam 2–3 detik, tetapi adaptasi selanjutnya berjalan lambat.

Sebenarnya hanya terdapat 4 jenis rasa utama yaitu manis, asin, asam, dan pahit. Namun rasa-rasa lain seperti rasa coklat, rasa teh, pedas, dan sebagainya, merupakan campuran dari berbagai rasa dan berkombinasi dengan pembauan/penciuman pada hidung. Oleh karena itu bila kamu sakit pilek (fungsi penciuman terganggu) dapat kehilangan kemampuan mengecap makanan, walaupun sebenarnya kuncup pengecap berfungsi normal.

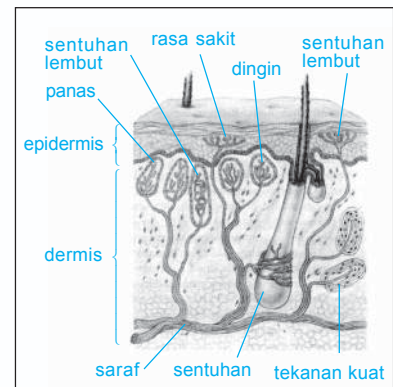
d. Indera Peraba (Kulit)

Kulit merupakan indera peraba dan perasa pada manusia. Pada awal bab ini kamu telah mempelajari struktur kulit dan hubungannya dengan sistem ekskresi. Selain

menghasilkan keringat, pada bagian dermis terdapat ujung saraf/reseptor peraba. Reseptor peraba peka terhadap sentuhan, tekanan, rasa sakit, panas, dingin, kasar, dan halus. Selain terdapat di daerah dermis, sel-sel peraba juga terdapat pada pangkal rambut. Sehingga bila rambut yang muncul di permukaan kulit tersentuh oleh suatu benda, sel-sel saraf akan terangsang. Perhatikan **Gambar 1.26**.

Kulit merupakan organ tubuh yang paling luas, pada orang dewasa luasnya sekitar 1,9 m². Meskipun seluruh permukaan kulit mempunyai reseptor peraba, keberadaan ujung-ujung saraf ini tidak merata pada berbagai alat tubuh. Permukaan kulit yang mempunyai banyak ujung-ujung saraf peraba ialah ujung jari telunjuk, telapak tangan, telapak kaki, bibir, dan daerah kemaluan. Oleh karena itu daerah-daerah ini sangat peka terhadap rangsangan berupa sentuhan. Seorang tuna netra memanfaatkan kepekaan indera perabanya untuk membaca *huruf Braille*.

Untuk mengetahui sensitivitas kulit pada berbagai organ tubuh, lakukan **Kegiatan 1.5** berikut ini.



Gambar 1.26 Reseptor sensoris pada kulit manusia.

Sumber: Biologi

Kegiatan 1.5

Sensitivitas Kulit pada Beberapa Organ Tubuh

Tujuan

Untuk mengetahui bagian pada kulit yang paling sensitif.

Alat dan Bahan

1. Kain penutup mata
2. Kertas dan pensil

Cara Kerja

1. Tulislah 4 huruf besar (A, M, Z, dan K) pada kertas dengan ukuran 1 × 1 cm, lalu lubangi 4 huruf itu sesuai dengan garis huruf yang dibuat.
2. Tutup mata kamu dan rabalah dengan ujung jari pada huruf yang berlubang. Tebaklah huruf apa yang kamu raba itu.
3. Ulangi dengan cara meraba dengan daerah pangkal telapak tangan, punggung telapak tangan, ujung jari kaki, dan tumit.
4. Identifikasilah organ mana yang sensitif dalam menebak jenis hurufnya.

Pertanyaan

1. Semakin sensitif kulit, semakin tepat menebak jenis huruf. Samakah sensitivitas kulit pada berbagai organ? Mengapa demikian?
2. Saraf apa yang menyebabkan kulit sensitif terhadap perabaan?

Kulit dapat mengalami gangguan dan kelainan. Kelainan-kelainan pada kulit antara lain sebagai berikut.

- 1) *Jerawat (acne)*, ialah suatu peradangan dari kelenjar *sebacea* terutama di daerah wajah, leher, dada, dan punggung. Biasanya jerawat terjadi sewaktu pubertas karena waktu

pubertas terjadi perubahan komposisi hormon. Hormon akan merangsang pertumbuhan dan aktivitas *kelenjar sebacea*. Kelenjar sebacea memproduksi lemak bersama keringat. Lemak merupakan media yang cocok bagi pertumbuhan bakteri.

- 2) *Dermatitis*, ialah suatu peradangan pada permukaan kulit yang biasanya terasa gatal dengan tanda-tanda merah, bengkak, melepuh, dan berair. Ini dapat disebabkan terkena zat kimia (karbol, sabun, cat rambut, dan lain-lain) atau berkaitan dengan kondisi tubuh.

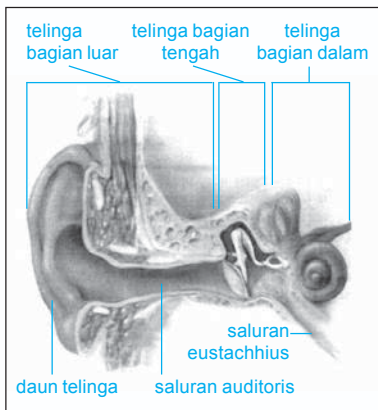
e. Indera Pendengaran dan Keseimbangan (Telinga)

Telinga manusia berfungsi sebagai indera pendengaran dan keseimbangan. Seperti pada **Gambar 1.27**, telinga terdiri dari tiga bagian yaitu sebagai berikut.

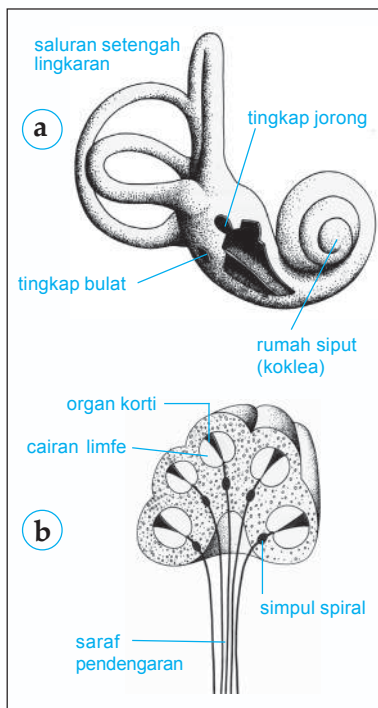
- 1) Telinga luar, terdiri dari daun telinga, saluran telinga, kelenjar minyak, dan selaput gendang telinga. Fungsi telinga luar untuk menangkap suara atau bunyi.
- 2) Telinga tengah (rongga timpani), berupa suatu rongga kecil berisi udara, terletak di dalam tulang dan dindingnya dilapisi sel-sel epitel. Di dalam telinga tengah terdapat tulang-tulang pendengaran yaitu tulang martil, landasan, dan sanggurdi. Telinga tengah berhubungan dengan tenggorokan melalui *saluran estachius*. Fungsi saluran eustachius ini adalah menyeimbangkan tekanan udara telinga tengah dengan tekanan udara luar.
- 3) Telinga dalam, terdiri bagian saluran yang berlekuk-lekuk tersusun atas beberapa bagian yaitu tingkap jorong, tingkap bundar, tiga saluran setengah lingkaran, dan rumah siput (*koklea*) yang di dalamnya terdapat cairan endolimfe. Fungsi telinga dalam untuk menerima rangsangan.

Proses mendengar dapat digambarkan melalui diagram alur sebagai berikut. Gelombang suara menggetarkan udara dan diterima oleh daun telinga, kemudian dipantulkan ke saluran telinga luar. Gelombang suara menggetarkan gendang telinga. Getaran kemudian diteruskan oleh tulang pendengaran ke tingkap jorong, sehingga cairan limfa pada rumah siput bergetar. Getaran ini menyebabkan sel-sel rambut ikut bergetar, akibatnya ujung saraf pendengaran terangsang. Impuls saraf kemudian diteruskan oleh saraf pendengaran ke otak besar. Rangsangan kemudian diterjemahkan sebagai bunyi atau suara.

Selain sebagai indera pendengar, telinga juga berfungsi sebagai indera keseimbangan. Letak indera keseimbangan terdapat di dalam *ampula*, yaitu pangkal dari tiga saluran setengah lingkaran yang menggembung. Di dalam ampula terdapat sel-sel rambut yang peka terhadap gravitasi. Bila kepala menggeleng, arah sel-sel rambut berubah. Perubahan



Gambar 1.27 Struktur telinga manusia.
Sumber: Biologi



Gambar 1.28 (a) Bagian-bagian telinga dalam. (b) Irisan dari rumah siput (koklea).

Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer

ini diterima oleh sel-sel saraf kemudian diteruskan ke otak. Akibatnya kamu akan menyadari setiap posisi kepala dan badan.

Telinga dapat mengalami gangguan pendengaran yang disebut tuli. Ada dua macam tuli yaitu sebagai berikut.

- 1) Tuli konduktif, terjadi karena gangguan transmisi suara ke dalam koklea misalnya kotoran yang menumpuk, nanah yang memenuhi telinga tengah pada peradangan menimbulkan kerusakan pada tulang-tulang pendengaran.
- 2) Tuli saraf, bila terjadi kerusakan koklea atau saraf pendengaran.

Tugas 1.3

1. Diskusikan dengan temanmu cara untuk mengetahui perbedaan antara buta warna hitam putih, buta warna merah, buta warna hijau, dan buta warna biru. Upaya apa yang dapat dilakukan untuk mencegah buta warna?
2. Bagaimana cara kerja alat bantu dengar? Bilamanakah orang memerlukan alat bantu dengar?

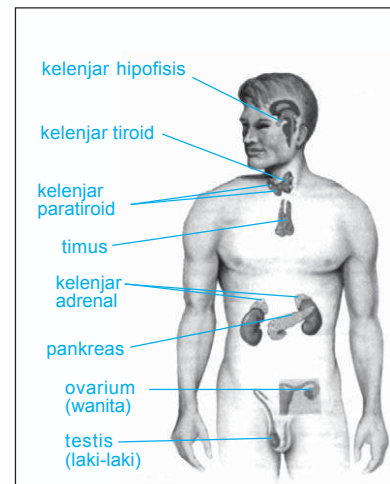
4. Sistem Hormon

Hormon dihasilkan oleh kelenjar endokrin. Kelenjar endokrin tidak mempunyai saluran khusus sehingga juga disebut *kelenjar buntu*. Hormon dihasilkan oleh sel-sel kelenjar endokrin bila ada rangsangan saraf yang sesuai. Hormon diproduksi dalam jumlah yang sangat sedikit. Kemudian hormon diangkut oleh darah menuju ke sel, jaringan, atau organ target. Pada organ target, hormon mempengaruhi aktivitas enzim khusus, sehingga dapat mengatur berbagai aktivitas tubuh seperti metabolisme, reproduksi, pertumbuhan, dan perkembangan. Kelenjar endokrin pada manusia meliputi kelenjar hipofisis, tiroid, paratiroid, kelenjar adrenal, kelenjar kelamin, dan pankreas (kelenjar pulau-pulau langerhans).

a. Kelenjar Hipofisis

Kelenjar hipofisis terletak di dasar otak, ukurannya sebesar biji ercis. Meskipun ukurannya kecil, kelenjar hipofisis berperan penting dalam sistem koordinasi tubuh. Kelenjar hipofisis mensekresikan berbagai macam hormon yang mengatur berbagai kegiatan dalam tubuh (*master gland*). Beberapa hormon yang dihasilkan hipofisis adalah sebagai berikut.

- 1) Hormon somatotrof, berfungsi untuk mengatur pertumbuhan sel tubuh dan anabolisme protein.
- 2) Hormon perangsang tiroid (*tiroid stimulating hormone/ TSH*), untuk mengatur sekresi hormon tiroksin oleh kelenjar tiroid.
- 3) Hormon adenokortikotropik, untuk mengontrol sekresi beberapa hormon yang dihasilkan oleh korteks adrenal.

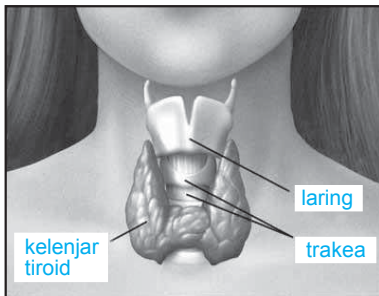


Gambar 1.29 Sistem endokrin pada manusia.

Sumber: Biologi

- 4) Hormon perangsang folikel (*follicle stimulating hormone/FSH*), untuk merangsang perkembangan folikel dan produksi estrogen pada wanita. Sedangkan pada pria merangsang sel-sel pada testis untuk menghasilkan sperma.
- 5) Hormon prolaktin, untuk membantu kelahiran dan merangsang produksi susu oleh kelenjar susu.
- 6) Hormon antidiuretik (ADH) atau vasopresin, hormon yang dihasilkan dapat menurunkan produksi urin dan meningkatkan tekanan darah

b. Kelenjar Tiroid



Gambar 1.30 Kelenjar tiroid terletak di sekitar laring.

Sumber: www.riversideonline.com

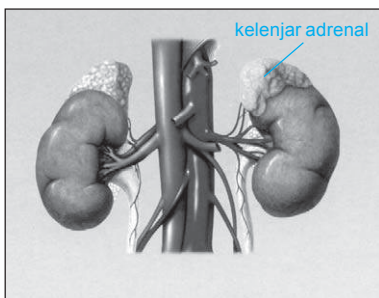
Kelenjar tiroid menghasilkan hormon *tiroksin* yang berfungsi untuk memacu kecepatan reaksi kimia dalam sel tubuh, sehingga meningkatkan metabolisme tubuh. Dalam memproduksi tiroksin, kelenjar tiroid memerlukan iodium. Kekurangan iodium dalam jangka waktu yang lama mengakibatkan pembesaran kelenjar.

Kekurangan produksi hormon tiroksin menyebabkan penyakit *kretinisme* (kerdil pada anak-anak) dan *miksedema* (pada orang dewasa). Miksedema ditandai dengan laju metabolisme rendah, berat badan berlebihan, dan bentuk tubuh menjadi kasar. Kelebihan hormon tiroksin menyebabkan penyakit *basedow*, yang ditandai mudah gugup, nadi dan napas cepat dengan tidak teratur, mulut menganga, dan mata lebar.

c. Kelenjar Paratiroid (Kelenjar Anak Gondok)

Kelenjar paratiroid terletak di dekat kelenjar tiroid dan menghasilkan hormon paratiroid (*parathormon*). Parathormon berperan untuk meningkatkan pengeluaran fosfor oleh ginjal dan meningkatkan penyerapan kalsium dari tulang.

d. Kelenjar Adrenal



Gambar 1.31 Kelenjar adrenal terletak di atas ginjal.

Sumber: *The Human Body Atlas*

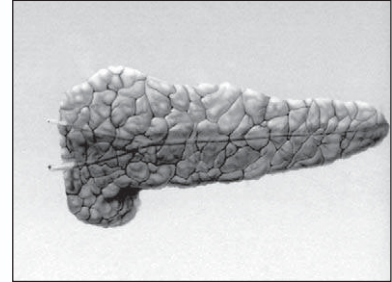
Kelenjar adrenal berupa struktur kecil yang terletak di atas ginjal, sehingga disebut juga *kelenjar anak ginjal (suprarenalis)*. Kelenjar adrenal terdiri dari bagian luar dan bagian dalam. Bagian luar (korteks) menghasilkan hormon *kortison* yang terdiri dari *mineralokortikoid* dan *glukokortikoid*. Mineralokortikoid berfungsi untuk membantu metabolisme garam natrium dan kalium serta menjaga keseimbangan hormon kelamin. Glukokortikoid berfungsi membantu metabolisme karbohidrat. Kekurangan hormon kortison menyebabkan penyakit *adison* yang ditandai dengan kelelahan, nafsu makan berkurang, mual, dan muntah-muntah.

Bagian dalam (medula) menghasilkan hormon *adrenalin (epinefrin)*. Hormon adrenalin memengaruhi peningkatan denyut jantung, kecepatan pernapasan, dan meningkatkan

tekanan darah (menyempitkan pembuluh darah). Adrenalin bersama insulin berpengaruh terhadap perubahan glikogen (gula dalam otot) menjadi glukosa (gula dalam darah).

e. Kelenjar Pulau-Pulau Langerhans

Kelenjar pulau-pulau langerhans merupakan sekelompok sel yang terletak di dalam kelenjar pankreas. Hormon yang dihasilkan adalah *insulin* dan *glukagon*. Hormon insulin dan glukagon bekerja sama untuk mengatur kadar glukosa dalam darah. Bila kadar glukosa dalam darah tinggi, insulin disekresikan sehingga glukosa diubah menjadi glikogen. Sebaliknya, jika kadar glukosa dalam darah menurun, glukagon disekresikan yang akan mengubah glikogen menjadi glukosa. Kekurangan hormon insulin akan menyebabkan penyakit diabetes melitus (kencing manis) yang ditandai dengan meningkatnya kadar glukosa dalam darah. Kelebihan glukosa akan dikeluarkan bersama urin. Tanda-tanda diabetes melitus yaitu sering mengeluarkan urin dalam jumlah banyak, sering merasa haus dan lapar, serta badan terasa lemas.



Gambar 1.32 Kelenjar pulau-pulau langerhans terletak pada pankreas.

Sumber: *The Human Body Atlas*

f. Kelenjar Kelamin

Kelenjar kelamin terdiri atas *testis* sebagai kelenjar kelamin jantan (pria) dan *ovarium* sebagai kelenjar kelamin betina (wanita). Jadi testis dan ovarium mempunyai kegiatan endokrin selain fungsi utamanya untuk memproduksi sel-sel kelamin.

- 1) Ovarium, menghasilkan hormon *estrogen* dan *progesteron*. Sekresinya diatur oleh hormon yang dihasilkan kelenjar hipofisis. Estrogen berfungsi untuk menimbulkan dan mempertahankan tanda-tanda kelamin sekunder pada wanita, misalnya perkembangan pinggul, payudara, serta kulit menjadi halus. Progesteron berfungsi untuk mempersiapkan dinding uterus agar dapat menerima ovum yang sudah dibuahi.
- 2) Testis, menghasilkan hormon *testosteron* yang berfungsi merangsang pematangan sperma (spermatogenesis) dan pembentukan tanda-tanda kelamin sekunder pada pria, misalnya pertumbuhan kumis, janggut, bulu dada, jakun, dan membesarnya suara. Sekresi hormon tersebut juga dirangsang oleh hormon yang dihasilkan oleh hipofisis.

Tugas 1.4

1. Carilah informasi pengaruh hormon estrogen dan progesteron pada proses menstruasi.
2. Jelaskan pengaturan kadar gula dalam darah oleh hormon insulin dan glukagon. Organ apa sajakah yang berperan?

Rangkuman

- Metabolisme tubuh menghasilkan zat sisa yang harus dikeluarkan dari dalam tubuh. Organ tubuh yang mengeluarkan zat sisa disebut organ ekskresi berupa kulit, ginjal, hati, dan paru-paru.
- Kulit mengekskresikan keringat yang mengandung air, lemak, urea, dan garam. Ginjal mengekskresikan urin. Urin dibentuk melalui proses filtrasi pada glomerulus, reabsorpsi pada tubulus ginjal, serta augmentasi. Hati mengekskresikan empedu sebagai hasil perombakan sel-sel darah merah. Paru-paru mengekskresikan karbon dioksida dan uap air.
- Alat ekskresi dapat mengalami gangguan, misalnya ginjal mengalami kencing batu, diabetes melitus, nefritis, dan hematuria.
- Sistem reproduksi laki-laki terdiri dari alat kelamin dalam dan alat kelamin luar. Alat kelamin bagian luar terdiri dari penis dan skrotum. Sedangkan alat kelamin bagian dalam terdiri dari testis, epididimis, vas deferens, prostat, vesika seminalis, dan kelenjar bulbouretral. Scrotum menghasilkan sperma sebagai sel kelamin jantan.
- Sistem reproduksi wanita terdiri dari alat kelamin dalam dan alat kelamin luar. Alat kelamin luar terdiri dari lubang vagina, labia mayora, labia minora, mons pubis dan klitoris. Sedangkan alat kelamin dalam terdiri ovarium, tuba falopii (oviduk), dan uterus (rahim). Ovarium menghasilkan sel telur/ovum sebagai sel kelamin betina.
- Bila terjadi pembuahan sel telur oleh sperma, maka akan terjadi kehamilan. Namun bila tidak, endometrium pada dinding rahim akan meluruh sehingga wanita mengalami menstruasi.
- Sistem reproduksi dapat mengalami gangguan, misalnya terinfeksi penyakit AIDS, sifilis, dan gonore.
- Sistem koordinasi pada manusia terdiri dari sistem saraf, sistem indera, sistem hormon. Sistem saraf terdiri dari sistem saraf sadar dan sistem saraf tak sadar. Sistem saraf sadar dibedakan menjadi sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi. Sistem saraf tak sadar terdiri dari sistem saraf simpatetik dan sistem saraf parasimpatetik.
- Alat indera manusia terdiri dari indera penglihatan (mata), indera pendengaran dan keseimbangan (telinga), indera penciuman/pembau (hidung), indera pengecap (lidah), dan indera peraba dan perasa (kulit).
- Sistem endokrin menghasilkan hormon yang berfungsi untuk mengatur aktivitas tubuh, metabolisme, reproduksi, pertumbuhan, dan perkembangan. Kelenjar endokrin pada manusia meliputi kelenjar hipofisis, tiroid, paratiroid, adrenal, pankreas, dan kelenjar kelamin.

Refleksi

Kamu telah selesai mempelajari materi **Sistem Ekskresi, Reproduksi, dan Koordinasi** dalam bab ini. Sebelum melanjutkan pelajaran bab II, lakukan evaluasi diri dengan menjawab beberapa pertanyaan di bawah ini. Jika semua pertanyaan dijawab dengan 'ya', berarti kamu telah menguasai bab ini dengan baik. Namun jika ada pertanyaan yang dijawab dengan 'tidak', kamu perlu mempelajari lagi materi yang berkaitan dengan pertanyaan itu. Jika ada kesulitan atau ada hal-hal yang sukar dimengerti, bertanyalah kepada Bapak/Ibu Guru.

1. Apakah kamu dapat mendeskripsikan berbagai alat ekskresi manusia dan cara kerjanya?
2. Dapatkah kamu menjelaskan peranan sistem ekskresi terhadap kesehatan dan gangguan atau kelainan yang dapat terjadi pada sistem ekskresi?

3. Dapatkah kamu menjelaskan sistem reproduksi manusia, baik laki-laki maupun perempuan, cara pembentukan gamet, dan proses terjadinya pembuahan?
4. Apakah kamu dapat menyebutkan gangguan atau kelainan pada sistem reproduksi manusia dan pengaruhnya terhadap kesehatan?
5. Dapatkah kamu menjelaskan sistem koordinasi pada manusia, baik sistem saraf, alat indera, maupun hormon serta cara kerjanya dalam mengkoordinasikan berbagai sistem organ dalam tubuh?
6. Dapatkah kamu menyebutkan gangguan atau kelainan pada sistem koordinasi dan pengaruhnya terhadap kesehatan?

Latih Kemampuan 1

Kerjakan di buku tugasmu!

I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Bagian ginjal yang berfungsi untuk menyaring darah adalah
 - a. kulit
 - b. medula
 - c. rongga
 - d. ureter
2. Pembuluh darah, kelenjar keringat, kelenjar minyak, kantung rambut, dan indera terdapat pada
 - a. epidermis
 - b. dermis
 - c. jaringan bawah kulit
 - d. lapisan tanduk
3. Lemak untuk cadangan makanan dan melindungi tubuh dari panas serta benturan, terdapat pada
 - a. jaringan ikat bawah kulit
 - b. kulit ari
 - c. kulit jangat
 - d. lapisan malphigi
4. Salah satu fungsi kulit sebagai alat ekskresi yaitu
 - a. mengeluarkan keringat
 - b. mengeluarkan minyak
 - c. pengatur suhu tubuh
 - d. tempat pembentukan vitamin D
5. Paru-paru selain untuk alat pernapasan juga termasuk alat ekskresi karena
 - a. mengambil oksigen
 - b. mengambil udara
 - c. mengeluarkan karbon dioksida dan air
 - d. mengeluarkan zat tambahan
6. Alat reproduksi pada wanita terdiri dari....
 - a. ovarium , uterus, vagina, vas deferens
 - b. testis vas deferens, vagina, ovarium
 - c. ovarium, oviduk, vagina, rahim
 - d. testis, ovarium, oviduk
7. Bersatunya sel telur dengan sel sperma disebut
 - a. kopulasi
 - b. nidasi
 - c. fertilisasi
 - d. konjugasi
8. Tempat pembentukan sperma pada vertebrata adalah
 - a. testis
 - b. ovarium
 - c. vas deferens
 - d. kloaka
9. Pembuahan biasanya berlangsung pada
 - a. rahim
 - b. uterus
 - c. oviduk
 - d. ovarium
10. Penyakit berikut berkaitan dengan sistem reproduksi, *kecuali*
 - a. AIDS
 - b. sifillis
 - c. demam berdarah
 - d. gonorea
11. Sel saraf yang berfungsi menerima rangsang dari reseptor (*indera*) dan membawanya ke otak atau sumsum tulang belakang ialah sel saraf
 - a. motorik
 - b. sensorik
 - c. perantara
 - d. asosiasi

12. Bagian otak yang berfungsi sebagai tempat berpikir dan pusat ingatan adalah
- sumsum tulang belakang
 - otak kanan
 - otak besar
 - otak kecil
13. Bagian mata yang berfungsi dalam memberikan warna pada mata ialah
- iris
 - pupil
 - retina
 - sklera
14. Koklea pada telinga juga dikenal dengan nama
- tingkap jorong
 - rumah siput
 - tulang landasan
 - tulang martil
15. Hormon yang berperan untuk mengatur jumlah urin yang dihasilkan adalah
- tiroksin
 - parathormon
 - ADH
 - ACTH

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

- Jelaskan tahap-tahap pembentukan urin.
- Jelaskan proses keluarnya keringat.
- Bagaimana cara penularan penyakit AIDS?
- Jelaskan proses melihat pada indera penglihatan.
- Mengapa rasa makanan menjadi tidak enak kalau kamu terserang penyakit flu atau influenza?

Wacana Sains

Bahaya Rokok Mentol

Mungkin kamu telah memahami bahwa rokok dapat menyebabkan berbagai penyakit paru-paru, memicu terjadinya kanker, dapat mengganggu janin dalam kandungan, dan berbagai akibat buruk yang lain. Berhenti merokok adalah satu-satunya langkah untuk menghindari sederet akibat buruk dari kebiasaan merokok. Namun ternyata tidak mudah menghilangkan kebiasaan merokok, terutama pada pecandu rokok. Oleh karena itu produsen rokok menawarkan berbagai variasi produk rokok, seperti rokok mild, slim, maupun mint/mentol. Rokok-rokok ini diklaim memiliki kandungan tar dan nikotin yang lebih rendah.

Penelitian *Archives of International Medicine* yang dipimpin oleh **Dr. Mark Pletcher** dari Universitas California, San Francisco, Amerika Serikat menemukan bahwa kecanduan rokok mentol ternyata lebih berat dibandingkan kecanduan rokok biasa. Tim peneliti yang mengamati ribuan responden selama lebih dari 15 tahun itu mengungkapkan hal-hal yang menarik. Responden yang tercatat mengisap rokok mentol sejak tahun 1985 dan masih merokok hingga tahun 2000 mencapai 69%. Sedangkan pecandu rokok biasa dalam periode waktu yang sama hanya tercatat 54%.

Menurut Pletcher, riset membuktikan bahwa mentol menghalangi metabolisme nikotin, sehingga nikotin dapat bertahan lebih lama di paru-paru. Pletcher berpendapat bahwa mengisap rokok mentol dapat memperoleh kenikmatan yang lebih besar dibandingkan mengisap rokok biasa. Memang minyak *mint*, bahan baku mentol tidak membuat rokok lebih berbahaya, tetapi bila masa kecanduan lebih panjang, maka dampak buruk bagi tubuh pun semakin tinggi. Jadi, rokok mentol dan nonmentol sebenarnya sama-sama berbahaya. Dan yang terbaik adalah menghentikan kebiasaan merokok sekarang juga.

Sumber: *Tempo*, 2 – 8 Oktober 2006

Bab II

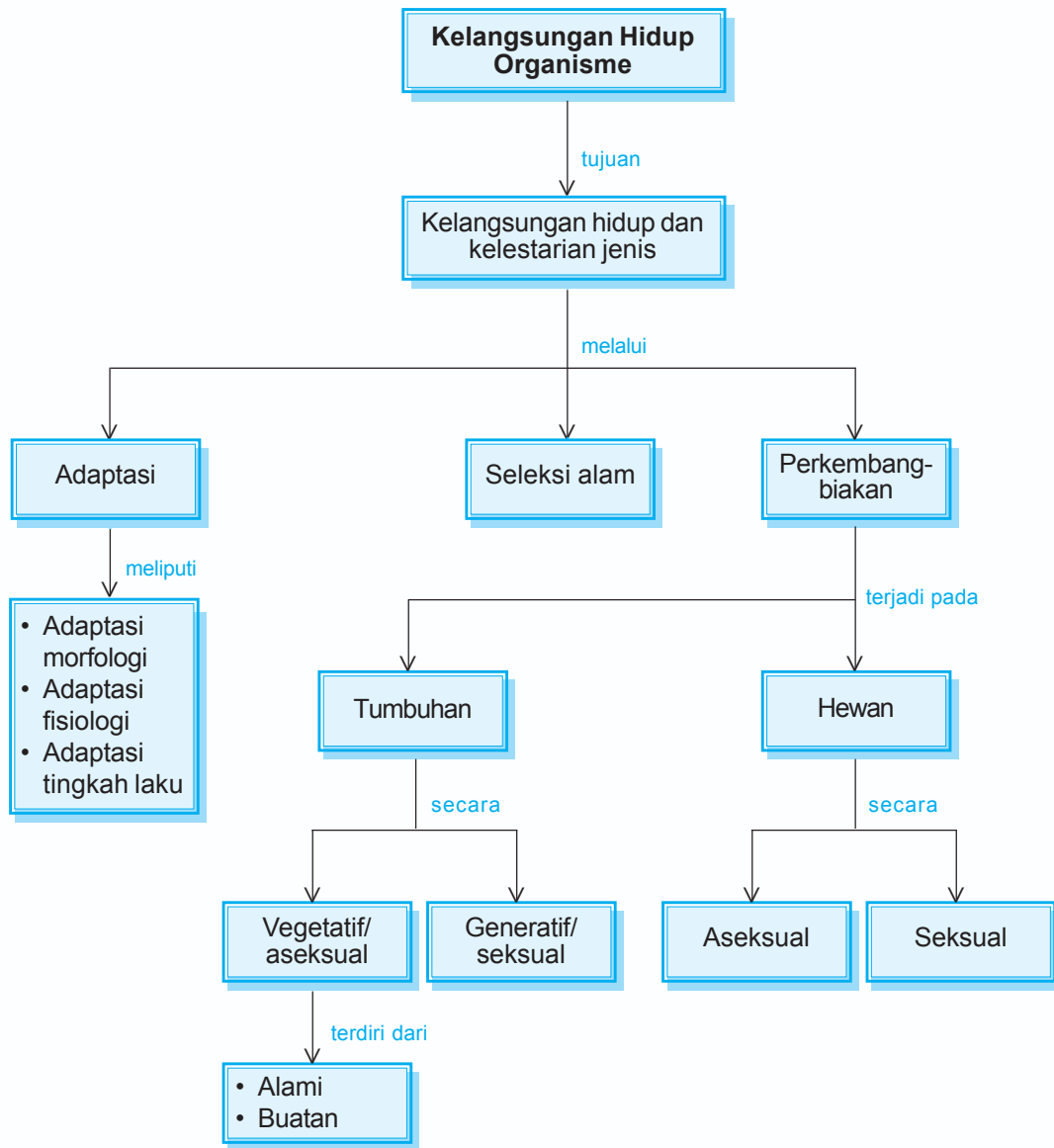
Kelangsungan Hidup Organisme



Setiap makhluk hidup harus dapat mempertahankan kelangsungan hidupnya. Jika tidak, maka kelangsungan hidup makhluk hidup itu akan terhenti dan menjadi punah. Mungkin kamu sering mendengar berbagai jenis hewan dan tumbuhan yang terancam punah. Mengapa suatu jenis hewan dan tumbuhan dapat menjadi punah? Apa yang dilakukan makhluk hidup untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya? Faktor-faktor apa yang menyebabkan organisme dapat bertahan hidup?

Pada bab ini kamu akan mempelajari proses kelangsungan hidup organisme yaitu melalui adaptasi, seleksi alam, dan perkembangbiakan.

Peta Konsep



Kata Kunci

- adaptasi
- seleksi alam
- aseksual
- seksual
- gamet
- pembuahan

Setiap jenis makhluk hidup dapat lestari jenisnya sampai saat ini karena berasal dari makhluk hidup sebelumnya yang sejenis dapat bereproduksi dan beradaptasi dengan lingkungan. Jika makhluk yang hidup pada zaman dulu tidak mampu bertahan dalam kelangsungan hidupnya, maka jenis makhluk hidup itu akan punah seperti dinosaurus. Kelangsungan hidup organisme dipengaruhi oleh kemampuan adaptasi terhadap lingkungan, seleksi alam, dan perkembangbiakan.



A Adaptasi Organisme Terhadap Lingkungan

Lingkungan merupakan kumpulan komponen abiotik dan biotik di luar suatu organisme yang mempengaruhi kehidupan organisme tersebut. Lingkungan meliputi lingkungan perairan (*hidrosfer*), daratan (*litosfer*), dan udara (*atmosfer*). Lingkungan tempat hidup suatu organisme disebut habitat. Setiap organisme memiliki habitat yang khas. Ikan mas, mujair, dan lele memiliki habitat di air tawar seperti kolam atau sungai. Tumbuhan kaktus dan kurma memiliki habitat di tanah yang sedikit air seperti gurun pasir. Lingkungan senantiasa berubah karena pengaruh suhu, kelembapan, intensitas cahaya, dan air. Perubahan lingkungan akan mengubah sifat habitat. Perubahan sifat habitat mempengaruhi kondisi organisme. Contohnya jika kamu sering berada di tempat yang suhunya panas dan kemudian berada di tempat yang dingin, maka perilaku dan kebiasaanmu berubah untuk menyesuaikan dengan kondisi lingkungan.

Oleh karena itu setiap organisme harus mampu menyesuaikan diri terhadap perubahan lingkungan atau beradaptasi. Kemampuan beradaptasi sangat diperlukan untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya. Bila suatu jenis organisme tidak mampu beradaptasi, maka jenis organisme itu akan punah. Contohnya adalah dinosaurus yang telah punah karena tidak dapat menyesuaikan dengan perubahan lingkungan di bumi. Untuk mengamati adaptasi kecambah terhadap berbagai kondisi lingkungan, kamu dapat mencoba melakukan **Kegiatan 2.1** berikut ini.



Gambar 2.1 Akibat tidak bisa beradaptasi maka dinosaurus punah.

Sumber: Microsoft Student, 2006

Kegiatan 2.1

Adaptasi Kecambah pada Lingkungan yang Berbeda

Tujuan

Mengamati adaptasi kecambah pada lingkungan yang berbeda-beda.

Alat dan Bahan

1. 3 buah cangkir kertas 150 ml
2. Kertas label
3. Air mineral
4. Tanah
5. Biji lobak atau biji tumbuhan lain yang mudah berkecambah
6. Piring/cawan
7. Spidol dan Pensil

Langkah Kerja

1. Siapkan 3 buah cangkir kertas dan berilah label bertuliskan *kering*, *lembap*, dan *basah*. Kemudian isilah dengan tanah sampai terisi setengahnya.
2. Taburkan 5 butir biji di atas permukaan tanah pada setiap cangkir, kemudian tutuplah dengan tanah setebal 2 cm.
3. Pada gelas berlabel *basah*, tambahkan air suling sampai di atas permukaan tanah.
4. Pada gelas berlabel *lembap*, buatlah beberapa lubang pada dasar cangkir dengan ujung pensil. Kemudian tambahkan air suling sampai ada air yang mengalir melalui lubang.
5. Letakkan ketiga cangkir di tempat yang hangat selama 7 – 10 hari dan amati keadaan kecambah setiap hari. Aturlah agar tanah di dalam gelas berlabel *basah* tetap basah dan air dalam piring di dasar gelas berlabel *lembap* selalu tersedia.
6. Amatilah perkembangan kecambah setiap hari.

Pertanyaan

1. Adakah perbedaan pertumbuhan dan bentuk kecambah pada ketiga cangkir di atas? Faktor lingkungan apakah yang mempengaruhinya? Mengapa demikian?
2. Buatlah kesimpulan dari kegiatan di atas.

Adaptasi adalah kemampuan organisme untuk menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan sehingga mampu mempertahankan kelangsungan hidupnya. Semakin tinggi kemampuan adaptasi suatu jenis organisme, maka semakin besar pula kemungkinan kelangsungan hidup jenis organisme tersebut. Ada tiga cara adaptasi, yaitu adaptasi morfologi, adaptasi fisiologi, dan adaptasi tingkah laku.

1. Adaptasi Morfologi

Adaptasi morfologi adalah penyesuaian bentuk dan struktur tubuh suatu organisme terhadap lingkungannya. Tumbuhan dan hewan mengembangkan adaptasi morfologi yang berbeda untuk menyesuaikan dengan keadaan lingkungan.

a. Adaptasi Morfologi pada Tumbuhan

Tumbuhan tidak dapat berpindah-pindah, sehingga mengembangkan bentuk yang paling efisien untuk memenuhi kebutuhan dan mempertahankan hidup. Contohnya tumbuhan yang ada di dalam hutan biasanya tinggi, cabang dan daun mengarah ke atas untuk mendapat sinar matahari. Sedangkan tumbuhan di tepi hutan biasanya pohonnya lebih rendah, cabang dan daun mengarah ke samping untuk mendapatkan cahaya matahari. Ciri khas tumbuhan di dalam hutan dan di tepi hutan itu menggambarkan kemampuan tumbuhan beradaptasi di habitatnya. Berikut ini beberapa cara adaptasi tumbuhan dalam mempertahankan kelangsungan hidupnya.

1) Tumbuhan Xerofit

Tumbuhan xerofit memiliki struktur fisik yang sesuai untuk bertahan hidup pada suhu yang ekstrim panas dan kekurangan air. Contohnya adalah kaktus dan sukulen. Kaktus dapat bertahan hidup dalam kondisi kering.



Gambar 2.2 Kaktus merupakan salah satu tumbuhan yang dapat bertahan hidup di suhu yang panas.

Sumber: Microsoft Student, 2006

Bentuk adaptasinya yaitu daun tidak berbentuk lembaran sebagaimana tumbuhan lainnya, tetapi mengalami modifikasi menjadi duri atau sisik. Kaktus mampu menyimpan air pada batangnya. Seluruh permukaannya dilapisi oleh lilin untuk mengurangi penguapan. Sistem perakarannya panjang untuk mencapai tempat yang jauh yang mengandung air.

2) Tumbuhan Hidrofit

Tumbuhan hidrofit adalah tumbuhan yang hidup di air. Adaptasi morfologi yang dilakukan antara lain memiliki rongga udara di antara sel-sel tubuhnya sehingga dapat mengapung. Daunnya lebar dan stomata terletak di permukaan atas. Contoh tumbuhan hidrofit adalah kangkung, eceng gondok, dan teratai.

3) Tumbuhan Higrofit

Tumbuhan higrofit adalah tumbuhan yang hidup di lingkungan lembab dan basah. Adaptasinya yaitu mempunyai daun yang tipis dan lebar.

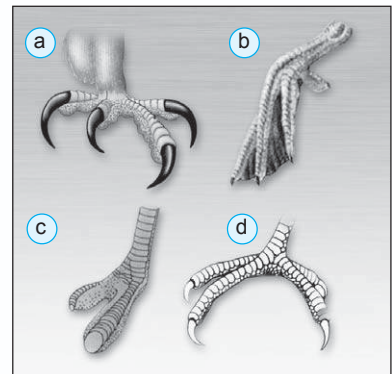


Gambar 2.3 Daun teratai yang lebar merupakan adaptasi pada lingkungan air.

Sumber: Dokumen Penerbit

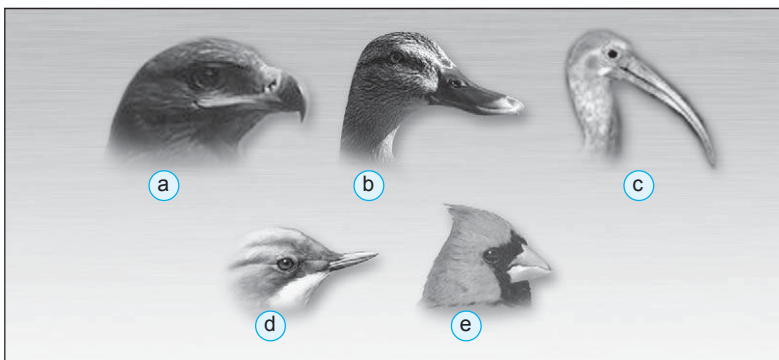
b. Adaptasi Morfologi pada Hewan

Meskipun hewan dapat bergerak bebas, hewan juga melakukan beragam adaptasi morfologi untuk menyesuaikan dengan tempat hidup dan jenis makanannya. Adaptasi morfologi berupa penyesuaian tubuh hewan seperti ukuran dan bentuk gigi, penutup tubuh, dan alat gerak hewan. Gigi disesuaikan dengan jenis makanannya, sehingga gigi hewan pemakan daging berbeda dengan hewan pemakan tumbuhan. Penutup tubuh seperti rambut, duri, sisik, dan bulu yang tumbuh dari kulit disesuaikan dengan kondisi lingkungannya sehingga dapat membantu hewan untuk tetap bertahan hidup. Contoh yang lain adalah variasi tulang belakang dan sirip pada ikan pari disebabkan perbedaan suhu saat pertumbuhannya, jenis kelamin kura-kura ditentukan oleh variasi temperatur saat inkubasi (pengeraman), serta bentuk paruh dan kaki burung bervariasi sesuai dengan jenis makanan dan habitatnya. Perhatikan bentuk paruh dan kaki burung pada gambar berikut ini.



Gambar 2.4 Bentuk kaki burung sesuai dengan fungsinya: (a) mencengkeram (elang), (b) berenang (itik), (c) berlari dan berjalan (onta), (d) bertengger (kakatua).

Sumber: Dokumen Penerbit



Gambar 2.5 Bentuk paruh pada burung: (a) elang untuk merobek mangsa, (b) itik untuk menyaring makanan, (c) pelikan untuk menangkap dan membawa ikan, (d) kolibri untuk mengisap madu, dan (e) pipit untuk memakan biji-bijian.

Sumber: Dokumen Penerbit



Gambar 2.6 Ikan di laut harus banyak minum untuk menyeimbangkan tubuhnya terhadap kadar garam di laut.

Sumber: Microsoft Student, 2006

2. Adaptasi Fisiologi

Adaptasi fisiologi adalah adaptasi pada fungsi kerja alat-alat tubuh untuk menyesuaikan dengan keadaan lingkungan. Contohnya jumlah denyut jantung per menit akan meningkat saat kamu berlari. Contoh adaptasi fisiologi yang lain adalah sebagai berikut.

- Saat udara dingin, hewan berdarah panas akan meningkatkan proses metabolismenya sehingga suhu badan tetap tinggi. Hal ini akan membuatnya sering merasa lapar.
- Jumlah sel darah merah orang yang hidup di daerah pantai lebih sedikit dibandingkan orang yang tinggal di daerah pegunungan. Hal ini disebabkan karena tekanan parsial oksigen di daerah pantai lebih besar dibandingkan daerah pegunungan. Jika tekanan parsial oksigen rendah, maka dibutuhkan lebih banyak sel darah merah untuk mengikat oksigen. Tahukah kamu yang dimaksud *tekanan parsial oksigen*? Tekanan parsial oksigen adalah perbandingan kadar oksigen di udara dibandingkan dengan kadar gas lain di udara.
- Kekebalan serangga terhadap insektisida akan meningkat (menjadi kebal) karena penggunaan insektisida secara terus-menerus.
- Ikan yang hidup di laut lebih sedikit mengeluarkan urin dibandingkan dengan ikan yang hidup di air tawar. Air laut lebih banyak mengandung garam. Kadar garam yang tinggi juga menyebabkan cairan tubuh keluar terus menerus. Garam juga masuk ke dalam tubuh dan harus dikeluarkan. Untuk menyesuaikan diri, ikan banyak meminum air laut dan sedikit mengeluarkan urin. Coba bandingkan apabila kamu makan makanan yang asin, tentu kamu mudah merasa haus dan ingin minum banyak air.

3. Adaptasi Tingkah Laku

Adaptasi tingkah laku merupakan aktivitas atau tingkah laku hewan yang menyesuaikan dengan kondisi lingkungan untuk membantunya bertahan hidup. Adaptasi tingkah laku dapat berupa hasil belajar maupun insting/naluri sejak lahir. Terdapat dua macam tingkah laku, yaitu sebagai berikut.

- Tingkah laku sosial, untuk hewan yang hidup berkelompok.
- Tingkah laku untuk perlindungan. Contohnya babi hutan akan menggali lubang persembunyian dengan kukunya ketika melihat singa, trenggiling akan menggulung tubuhnya bila bertemu musuh. Contoh lain adalah *kamuflase*, misalnya pada bunglon dan gurita.

Mimikri adalah kemampuan untuk meniru bentuk, suara, dan tingkah laku seperti hewan lain sehingga akan dikira predator atau hewan yang beracun atau berbahaya. Migrasi juga merupakan bentuk adaptasi tingkah laku dengan cara bergerak dari satu kawasan ke kawasan lain dan kemudian kembali lagi. Hewan bermigrasi dengan berbagai alasan antara lain memperoleh iklim yang baik, makanan yang cukup, tempat yang lebih aman, dan kepentingan perkembangbiakan.



Gambar 2.7 Bunglon dapat berubah warna kulit sesuai warna lingkungannya.

Sumber: Dokumen Penerbit

Hewan yang hidup di daerah kutub atau daerah yang mengalami pergantian empat musim yang perbedaan suhunya ekstrim, biasanya melakukan hibernasi. *Hibernasi* adalah tidur dalam jangka waktu yang lama ketika suhu lingkungan rendah. Aktivitas tubuh seperti denyut jantung dan napas sangat pelan sehingga hanya memerlukan energi/makanan yang sedikit. Contohnya kelelawar, ular, dan beruang kutub. Selama hibernasi hewan menggunakan lemak dalam tubuh sebagai sumber energi.



Gambar 2.8 Pada musim dingin beruang melakukan hibernasi.

Sumber: Dokumen Penerbit

Latihan 2.1

1. Tikus merupakan hewan yang mampu bertahan hidup di berbagai lingkungan. Diskusikan dengan temanmu bagaimana tikus beradaptasi dengan lingkungannya. Usaha apa yang dapat dilakukan untuk memberantas tikus berkaitan dengan kemampuan itu?
2. Bagaimanakah cumi-cumi beradaptasi dengan kehadiran predator?



B Seleksi Alam

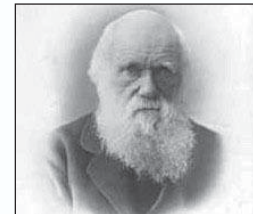
Kondisi lingkungan selalu berubah, misalnya karena bencana alam, perubahan iklim, maupun akibat perbuatan manusia. Hanya organisme yang dapat bertahan terhadap perubahan lingkungan yang akan tetap lestari. Sedangkan organisme yang tidak mampu bertahan akan punah. Alam melakukan seleksi terhadap jenis-jenis organisme yang hidup. Artinya alam tidak memberi kesempatan kepada organisme yang tidak mampu beradaptasi untuk terus bertahan hidup.

Kelangsungan hidup organisme dipengaruhi oleh ketersediaan makanan, tempat hidup dan berlindung, oksigen, cahaya, dan air. Selain faktor lingkungan, persaingan untuk memenuhi kebutuhan hidup juga mempengaruhi kelangsungan hidup suatu organisme. Jadi *seleksi alam* adalah proses kelulus-hidupan suatu organisme terhadap perubahan-perubahan yang terjadi di alam.

Organisme yang tidak dapat menyesuaikan diri dengan lingkungan akan mencari lingkungan baru yang dianggap sesuai dengan sifat-sifatnya. Organisme yang dapat beradaptasi terhadap lingkungan yang baru akan bertahan hidup. Jika perubahan sifat sangat mencolok, adaptasi ini dapat menghasilkan jenis/spesies yang baru. Jadi adaptasi dan seleksi alam dapat menghasilkan jenis-jenis yang baru. Sedangkan organisme yang tidak mampu menyesuaikan diri dengan perubahan alam, akan mengalami kepunahan.

Tokoh Sains

Charles Darwin



Charles Darwin (1809-1882), adalah seorang ilmuwan Inggris yang meletakkan dasar teori evolusi modern. Dia beranggapan bahwa makhluk hidup yang ada saat ini berasal dari makhluk hidup pada masa lampau melalui proses seleksi alam. Makhluk hidup yang dapat beradaptasi terhadap perubahan alam akan tetap lestari, sedangkan yang tidak mampu akan punah. Teori evolusi Darwin banyak ditentang para ilmuwan karena tidak dapat memberikan cukup bukti. Meskipun demikian penemuannya memberi pengaruh besar terhadap kehidupan, ilmu pengetahuan tentang bumi, dan pemikiran modern.

Sumber: Microsoft Encarta



Gambar 2.9 Badak bercula satu dilindungi di Taman Nasional Ujung Kulon.

Sumber: Dokumen Penerbit

Saat ini, tingkah laku manusia banyak mempengaruhi proses seleksi alam. Perburuan liar, penangkapan, perusakan habitat, pencemaran lingkungan dapat mempercepat laju seleksi yang tidak alami. Akibat rusaknya habitat, banyak hewan liar yang harus bermigrasi ke daerah yang kurang sesuai dengan lingkungan alaminya. Mereka harus berjalan berkilo-kilometer untuk memperoleh makanan yang cukup.

Di Indonesia, terdapat banyak tumbuhan dan hewan yang hampir punah. Contohnya adalah harimau jawa, badak bercula satu, badak bercula dua, dan burung jalak bali. Hewan yang hampir punah tersebut disebabkan karena kerusakan habitat oleh manusia, perburuan liar, kemampuan adaptasinya rendah, serta tingkat reproduksi yang rendah.

Tugas 2.1

Diskusikan dengan temanmu, apa yang menyebabkan dinosaurus punah. Adakah keturunan atau sisa-sisa dinosaurus yang masih hidup pada saat ini?



C Perkembangbiakan Organisme



Gambar 2.10 Sifat suatu makhluk hidup diwariskan pada keturunannya.

Sumber: Dokumen Penerbit

Selain kemampuan beradaptasi dan lolos dari seleksi alam, organisme harus mampu berkembang biak untuk mempertahankan kelangsungan hidup jenisnya. Perkembangbiakan menghasilkan individu-individu baru dengan ciri khas yang mirip dengan induknya. Ada organisme yang tingkat reproduksinya yang tinggi dan ada pula yang rendah. *Tingkat reproduksi* adalah kemampuan suatu organisme untuk berkembang biak. Organisme yang memiliki tingkat reproduksi tinggi mampu menghasilkan keturunan yang banyak dalam waktu singkat, contohnya adalah tikus, siput, dan serangga. Organisme dengan tingkat reproduksi rendah memiliki jumlah keturunan sedikit dan jangka waktu perkembangbiakannya lama, contohnya adalah harimau, gajah, dan badak bercula satu.

Perkembangbiakan terjadi pada semua organisme, yaitu pada mikroorganisme, tumbuhan, hewan, dan manusia. Kamu telah mempelajari perkembangbiakan manusia di Bab I. Pada bagian ini kamu akan mempelajari perkembangbiakan tumbuhan dan hewan. Perkembangbiakan pada tumbuhan dan hewan dapat terjadi secara vegetatif atau aseksual dan secara generatif atau seksual.

Perkembangbiakan vegetatif atau aseksual adalah perkembangbiakan yang terjadi tanpa didahului dengan pertemuan sel kelamin jantan dan betina. Jadi individu baru yang dihasilkan berasal dari satu induk. Oleh karena itu organisme hasil perkembangbiakan dengan cara ini memiliki sifat yang sama dengan induknya. Perkembangbiakan vegetatif atau aseksual terjadi baik pada hewan, tumbuhan, protista, jamur, dan monera.



Gambar 2.11 Tikus memiliki tingkat reproduksi yang tinggi.

Sumber: Dokumen Penerbit

Perkembangbiakan generatif atau seksual diawali dengan pembuahan, yaitu pertemuan sel kelamin jantan dan sel kelamin betina. Pembuahan menghasilkan zigot. Pada tahap berikutnya, zigot berkembang menjadi individu baru. Jadi perkembangbiakan generatif atau seksual memerlukan dua induk yang berbeda jenis kelaminnya. Karena melibatkan dua induk yang berbeda jenis kelaminnya, maka individu yang dihasilkannya memiliki sifat dari kedua induknya.

1. Perkembangbiakan Tingkat Sel

Perkembangbiakan pada makhluk hidup juga berlangsung pada tingkat sel. Sel-sel membelah sehingga jumlah sel bertambah banyak. Jumlah dan ukuran sel yang bertambah menyebabkan terjadinya pertumbuhan pada suatu organisme.

Pembelahan sel berlangsung melalui beberapa tahap. Pada sel-sel tubuh terjadi pembelahan *mitosis*, yaitu pembelahan sel yang menghasilkan sel anak dengan jumlah kromosom sama dengan sel induknya. Pada sel-sel kelamin terjadi pembelahan *meiosis*, yaitu pembelahan sel yang menghasilkan sel anak dengan jumlah kromosom setengah dari jumlah kromosom sel induknya. Pembelahan ini terjadi pada proses pembentukan sel kelamin.

Pada organisme satu sel, perkembangbiakan dilakukan dengan pembelahan sel secara langsung. Pembelahan sel secara langsung artinya sel membelah tanpa melalui tahap-tahap seperti mitosis dan meiosis. Pada kondisi yang menguntungkan, sebuah sel bakteri membelah menjadi dua sel anak setiap 20 menit. Pembelahan secara langsung dari satu sel menjadi dua sel seperti ini sering disebut *pembelahan biner* (**Gambar 2.12**).

2. Perkembangbiakan Tumbuhan

Tumbuhan dapat berkembangbiak secara vegetatif dan generatif. Beberapa jenis tumbuhan lebih mudah dikembangkan secara vegetatif atau aseksual, misalnya ketela pohon dan tebu. Jenis tumbuhan lain mudah dikembangkan dengan cara generatif atau seksual, misalnya tanaman padi-padian dan kacang-kacangan.

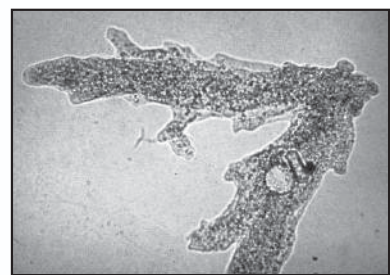
a. Perkembangbiakan Vegetatif

Perkembangbiakan aseksual pada tumbuhan lebih lazim disebut perkembangbiakan vegetatif. Perkembangbiakan vegetatif pada tumbuhan dapat terjadi secara alami maupun buatan yaitu dilakukan oleh manusia.

1) Perkembangbiakan Vegetatif Alami

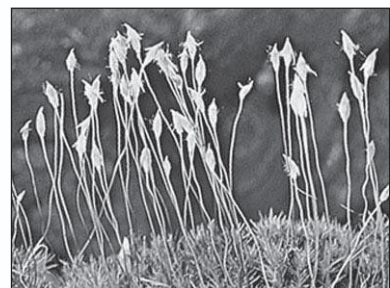
Perkembangbiakan vegetatif alami adalah perkembangbiakan tumbuhan secara tak kawin tanpa campur tangan manusia. Contohnya adalah sebagai berikut.

- a) *Spora vegetatif*, merupakan sel yang berubah fungsi menjadi alat perkembangbiakan. Terdapat pada tumbuhan paku, lumut, dan jamur. Spora terbentuk



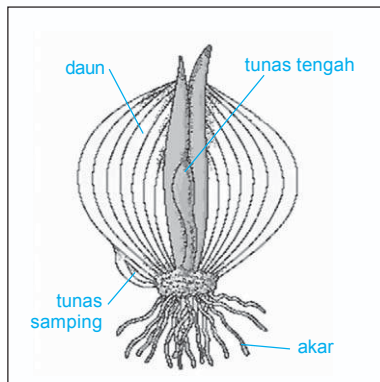
Gambar 2.12 Pembelahan biner pada organisme bersel satu (*Amoeba* sp.).

Sumber: Microsoft Encarta, 2006



Gambar 2.13 Lumut daun berkembang biak dengan membentuk spora.

Sumber: Encyclopedia Britannica, 2006



Gambar 2.14 Umbi lapis tanaman bawang merah.

Sumber: Microsoft Student 2006

di dalam kotak spora (sporangium). Apabila kotak spora pecah dan spora jatuh di tempat yang sesuai, maka akan tumbuh menjadi individu baru.

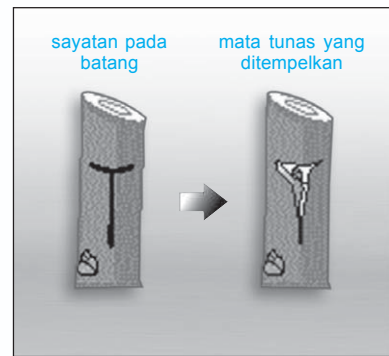
- b) *Umbi batang*, adalah batang yang berada di dalam tanah yang berfungsi sebagai tempat menyimpan cadangan makanan. Perbedaan umbi batang dengan umbi akar adalah umbi batang mempunyai mata tunas, sedangkan umbi akar tidak. Contoh umbi batang adalah kentang, dahlia, dan gadung.
- c) *Umbi lapis*, merupakan modifikasi dari batang dan daun, yaitu pelepah daun yang bertumpuk dan berlapis-lapis, mengalami penebalan, lunak, dan berdaging. Contohnya adalah umbi lapis bawang merah (**Gambar 2.14**).
- d) *Rhizoma* atau *akar tinggal*, merupakan batang yang tumbuh mendatar di bawah permukaan tanah. Rhizoma menyerupai akar tetapi berbuku-buku seperti batang. Pada ujungnya terdapat kuncup, pada setiap buku terdapat daun yang berubah bentuk menjadi sisik, dan pada setiap ketiak sisik terdapat mata tunas. Contohnya pada lengkuas, kunyit, bunga tasbih, dan jahe.
- e) *Geragih* atau *stolon*, merupakan batang yang menjalar di atas tanah. Biasanya jarak antarbukunya berjauhan. Contohnya tumbuhan yang berkembang biak dengan geragih adalah pegagan, rumput teki, dan arbei.
- f) *Tunas*, umumnya tumbuh dari ruas-ruas batang dan dapat menjadi tanaman baru. Perkembangbiakan dengan tunas dijumpai pada beberapa jenis tumbuhan seperti pisang, bambu, dan tebu. Tunas yang tumbuh dari organ selain batang disebut *tunas adventif*, contohnya adalah *tunas akar* pada sukun dan cemara dan *tunas daun* pada cocor bebek.

2) Perkembangbiakan Vegetatif Buatan

Perkembangbiakan vegetatif buatan dilakukan dengan bantuan manusia. Biasanya dilakukan untuk mempercepat waktu panen dan memperoleh keturunan yang sifatnya sama persis dengan induknya. Contoh perkembangbiakan secara vegetatif buatan adalah sebagai berikut.

- a) *Stek*, dilakukan dengan memotong bagian tubuh tumbuhan dan kemudian menanamnya. Dari potongan tersebut diharapkan dapat tumbuh menjadi individu baru. Berdasarkan asal organ tubuhnya, stek dibedakan menjadi *stek batang* dan *stek daun*. Cara membuat stek batang yaitu dengan memotong bagian-bagian batang menjadi potongan-potongan pendek. Stek batang banyak dilakukan untuk memperbanyak tebu dan singkong. Stek daun berasal dari daun yang dipotong-potong lalu ditanam. Contoh tanaman hias yang dapat diperbanyak dengan stek daun adalah *Begonia* sp.

b) *Menempel (okulasi)*, yaitu menggabungkan dua tanaman sejenis yang berbeda sifatnya sehingga dihasilkan tanaman baru. Tujuannya untuk mendapatkan tanaman dengan produksi tinggi. Misalnya jika kamu ingin menggabungkan tanaman mangga lokal yang rasanya hambar tetapi akarnya kuat dengan mangga madu yang buahnya enak dan lebat tetapi perakarannya kurang kuat. Kamu dapat menempel/mengokulasi kedua tanaman mangga itu, yaitu mata tunas mangga madu ditempelkan pada batang bawah dari tanaman mangga lokal. Jika berhasil tumbuh, kamu akan memperoleh tanaman yang buahnya enak dan lebat dengan perakaran yang kuat pula.



Gambar 2.15 Okulasi sering dilakukan untuk memperbanyak tanaman jeruk.

Sumber: Dokumen Penerbit

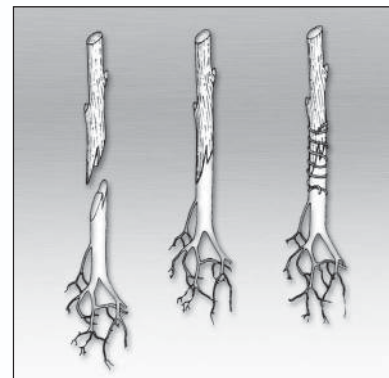
c) *Menyambung*, yaitu menggabungkan batang dengan ranting dari tanaman sejenis untuk mendapatkan tanaman baru. Sebagai batang bawah dipilih tanaman yang sistem perakaran dan pertumbuhannya bagus. Sedangkan batang atas diambil dari batang/cabang tanaman yang sudah diketahui kualitas buah atau bunga yang dihasilkannya. Perhatikan cara menyambung berikut ini.

(1) Pilih biji tanaman yang akan disambung dari tanaman yang perakarannya kuat. Semai biji tersebut hingga tumbuh dan batangnya berdiameter 1 – 1,5 cm. Tanaman ini dipakai sebagai batang bawah. Jika sudah siap disambung, potong batang bawah ± 10 cm dari permukaan tanah dengan sudut kemiringan 45°.

(2) Sebagai batang atas, pilihlah cabang/ranting dari tanaman sejenis yang produktivitasnya bagus. Ranting yang akan disambung kondisinya harus sehat dan mempunyai tunas. Potonglah dengan sudut kemiringan sesuai dengan batang bawah.

(3) Sambung kedua potongan dengan tepat. Kemudian beri kayu penopang (*spalk*) dan diikat kuat-kuat. Pada waktu menyambung, usahakan kambium dari batang bawah dan atas bertemu dengan tepat.

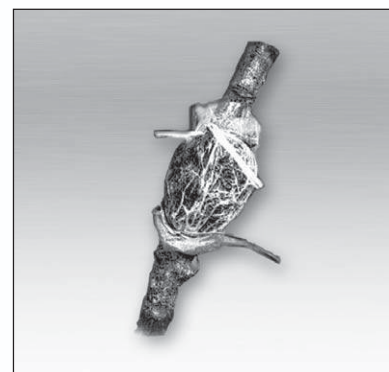
(4) Kurangi daun-daun dari batang atas. Agar lebih kokoh, berilah tongkat penopang.



Gambar 2.16 Proses menyambung pada tanaman apel.

Sumber: Biologi

d) *Mencangkok*, dilakukan dengan cara menyayat dan membuang kulit kayu batang/cabang dan menutupnya dengan tanah. Sayatan yang dilakukan harus sampai menghilangkan bagian kambium. Setelah beberapa waktu, dari bagian kambium di atas sayatan muncul akar (**Gambar 2.17**). Tanaman yang biasa dicangkok misalnya jambu biji, mangga, dan jeruk.



Gambar 2.17 Tanaman dikotil berkayu dapat diperbanyak dengan mencangkok.

Sumber: Dokumen Penerbit

e) *Merunduk*, dilakukan dengan cara membengkokkan atau melengkungkan sebagian cabang tanaman hingga menyentuh tanah. Pada bagian yang menyentuh tanah itu akan tumbuh akar. Untuk merangsang keluarnya akar, kamu dapat menimbun cabang itu dengan tanah. Merunduk sering dilakukan untuk memperbanyak apel, alamanda, dan bunga kertas.

Tugas 2.2

1. Diskusikan dengan temanmu, bagaimanakah cara mencangkok yang benar. Usaha apa yang dilakukan untuk mempercepat tumbuhnya akar pada cangkok?
2. Apakah keuntungan dan kerugian memperbanyak tanaman secara vegetatif?

b. Perkembangbiakan Generatif

Perkembangbiakan generatif pada tumbuhan diawali dengan penyerbukan (polinasi) yang diikuti dengan pembuahan (fertilisasi). Perkembangbiakan ini melibatkan penyatuan gamet jantan dan betina. Gamet pada tumbuhan dihasilkan pada organ bunga. Jadi bunga merupakan alat perkembangbiakan generatif pada tumbuhan berbiji.

1) Bagian-Bagian Bunga

Di kelas VIII kamu telah mempelajari bunga sebagai organ generatif pada tumbuhan. Pada bab ini kamu akan mempelajari bunga sebagai alat perkembangbiakan generatif. Pada **Gambar 2.18** terlihat bagian-bagian bunga, yaitu sebagai berikut.



Gambar 2.18 Bagian-bagian bunga sebagai organ reproduksi tumbuhan.

Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer

- a) *Tangkai bunga (pediselus)*, yaitu bagian bunga yang masih jelas bersifat seperti batang. Fungsinya adalah sebagai tempat duduknya bunga pada batang.
- b) *Dasar bunga (reseptakulum)*, yaitu ujung tangkai yang melebar dengan ruas-ruas yang amat pendek, sehingga daun-daun yang mengalami perubahan menjadi bagian-bagian bunga duduk amat rapat bahkan tampak duduk dalam satu lingkaran.
- c) *Hiasan bunga (periantium)*, yaitu bagian bunga yang merupakan modifikasi dari daun. Hiasan bunga umumnya masih tampak berbentuk lembaran dengan tulang-tulang atau urat daun yang jelas. Hiasan bunga terdiri dari kelopak dan mahkota. *Kelopak (kaliks)* merupakan hiasan bunga yang terletak di sebelah luar. Biasanya berwarna hijau dan sewaktu bunga masih kuncup merupakan selubung yang melindungi kuncup terhadap pengaruh-pengaruh luar. *Mahkota bunga (korola)* yaitu bagian hiasan bunga yang terletak di lingkaran dalam. Umumnya berwarna menyolok dan menarik, serta memiliki bentuk yang beraneka ragam.
- d) *Alat kelamin*, terdiri dari alat kelamin jantan dan betina. Alat kelamin jantan pada bunga berupa benang sari (*stamen*). Benang sari dapat duduk bebas atau berlekatan, ada yang tersusun dalam satu lingkaran dan ada yang dua lingkaran. Benang sari memiliki tangkai sari (*filamen*) dan kepala sari (*anthera*). Pada kepala sari terdapat kotak sari yang mengandung serbuk sari (*pollen*). Serbuk sari merupakan gamet jantan pada bunga.

Alat kelamin betina berupa putik (*pistillum*). Pada bunga dapat ditemukan satu atau beberapa putik. Putik terdiri dari kepala putik (*stigma*), tangkai putik (*stylus*), dan bakal buah (*ovarium*). Di dalam bakal buah terdapat bakal biji (*ovulum*) yang mengandung sel telur (*ovum*). Setiap putik dapat terdiri atas beberapa daun buah tetapi adapula yang hanya terdiri atas satu daun buah.

Berdasarkan kelengkapan bagian-bagian bunga, bunga dibedakan menjadi bunga lengkap dan bunga tidak lengkap. *Bunga lengkap*, jika suatu bunga memiliki perhiasan dan alat perkembangbiakan secara lengkap. Sedangkan *bunga tidak lengkap*, jika suatu bunga tidak memiliki satu atau beberapa bagian bunga.

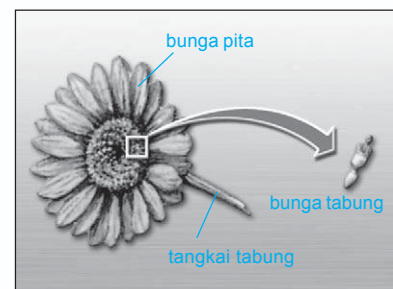
Berdasarkan keberadaan alat kelamin, bunga dapat dibedakan menjadi bunga sempurna dan bunga tidak sempurna. *Bunga sempurna* adalah bunga yang memiliki alat kelamin jantan (benang sari) dan alat kelamin betina (putik). Bunga sempurna sering disebut *bunga kelamin ganda* atau *bunga banci*. *Bunga tidak sempurna* adalah bunga yang hanya memiliki salah satu alat kelamin, yaitu putik saja atau benang sari saja. Bunga yang memiliki benang sari saja disebut *bunga jantan* dan bunga yang hanya memiliki putik saja disebut *bunga betina*. Sedangkan *bunga mandul* atau tidak berkelamin adalah bunga yang tidak memiliki benang sari maupun putik. Misalnya bunga pita pada bunga matahari. Berdasarkan jenis bunganya, tumbuhan dibedakan menjadi dua jenis, yaitu tumbuhan berumah satu dan tumbuhan berumah dua.

- a) *Tumbuhan berumah satu*, jika dalam satu pohon terdapat bunga jantan dan bunga betina. Contoh tanaman kembang sepatu dan jagung.
- b) *Tumbuhan berumah dua*, jika dalam satu pohon terdapat bunga jantan saja atau bunga betina saja. Contoh tanaman salak dan pakis haji.

2) Penyerbukan

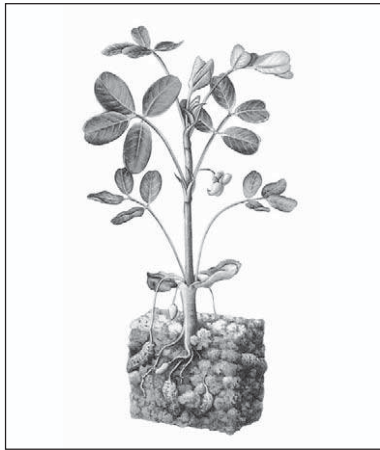
Peristiwa jatuhnya serbuk sari di kepala putik disebut *penyerbukan* atau *persarian*. Serbuk sari dapat berasal dari satu bunga dan dapat pula berasal dari bunga yang lain, bahkan berasal dari tumbuhan berbeda. Berdasarkan asal serbuk sari dan putik maka penyerbukan dapat dibedakan menjadi beberapa macam.

- a) *Penyerbukan sendiri (autogami)*, yaitu penyerbukan yang terjadi apabila serbuk sari dan putik berasal dari satu bunga. Bunga yang melakukan autogami memiliki struktur yang khas sifatnya, yaitu sekalipun bunga sudah mekar, putiknya tetap terlindungi oleh bagian-bagian bunga lainnya sampai terjadinya penyerbukan sendiri. Ciri-ciri bunga yang bersifat autogami adalah sebagai berikut.



Gambar 2.19 Bunga matahari terdiri dari bunga pita (mandul) dan bunga tabung (fertil).

Sumber: Kamus Biologi



Gambar 2.20 Bunga kacang tanah mengalami penyerbukan autogami, karena kebanyakan terjadi ketika bunga belum mekar.

Sumber: Indonesian Heritage Tetumbuhan

- (1) Sebelum terjadi penyerbukan, putik selalu terlindungi oleh kumpulan benang sarinya, misalnya benang sari bersatu membungkus putik.
 - (2) Mahkota bunganya menutupi alat-alat kelamin bunga itu sehingga menghalangi serbuk sari bunga lain menempel pada kepala putiknya sekalipun bunga sebenarnya sudah mekar.
 - (3) Penyerbukan terjadi ketika bunga baru mekar atau bunga masih kuncup, misal pada kacang tanah.
- b) *Penyerbukan tetangga (geitonogami)*, yaitu penyerbukan yang terjadi oleh serbuk sari yang berasal dari bunga lain tapi masih dalam satu pohon. Hal ini dapat terjadi karena bunga tidak memiliki struktur yang khas dan masa kematangan bunga jantan dan betina yang tidak bersamaan.
- c) *Penyerbukan silang (alogami)*, yaitu penyerbukan yang terjadi oleh serbuk sari yang berasal dari tumbuhan lain yang sejenis. Apabila serbuk sari berasal dari bunga lain yang tumbuhannya tidak sejenis dinamakan *penyerbukan bastar*.

Geitonogami dan alogami terjadi karena kedudukan benang sari dan putik berjauhan, sehingga tidak memungkinkan terjadi penyerbukan sendiri. Jadi diperlukan perantara dalam proses penyerbukan. Berdasarkan faktor penyebab sampainya serbuk sari ke kepala putik, penyerbukan dapat dibedakan menjadi beberapa macam.

- a) *Anemogami*, yaitu penyerbukan dengan bantuan angin. Ciri-ciri tumbuhan ini yaitu perhiasan bunganya kecil atau tidak ada, alat kelaminnya terbuka dan tidak memiliki kelenjar madu. Benang sarinya bergelantungan dengan serbuk sari yang sangat kecil dan jumlahnya banyak. Putik biasanya bertangkai panjang dan memiliki cairan perekat. Contoh bunga padi dan bunga jagung.
- b) *Hidrogami*, yaitu penyerbukan dengan bantuan air. Biasanya terjadi pada tumbuhan yang hidup di air.
- c) *Zoidiogami*, yaitu penyerbukan dengan bantuan hewan, misalnya serangga, burung, dan kelelawar. Berdasarkan jenis hewan penyerbuknya maka penyerbukan dibedakan menjadi beberapa jenis.
 - (1) *Entomogami*, ialah penyerbukan dengan bantuan serangga (misalnya kupu-kupu, kumbang bunga, dan lalat). Bunga menghasilkan madu, mengeluarkan bau khas, mahkota bunga berwarna cerah, dan berukuran besar.
 - (2) *Ornitogami*, ialah penyerbukan dengan perantara burung, terjadi pada tumbuhan yang bunganya menghasilkan madu, bermahkota lebar dan tebal, dan berwarna cerah.
 - (3) *Kiroptogami*, ialah penyerbukan dengan perantara hewan bersayap selaput tangan (kelelawar, kalong, dan kampret). Terjadi pada bunga yang mekar di malam hari
 - (4) *Malakogami*, ialah penyerbukan dengan perantara siput.



Gambar 2.21 Burung dapat membantu penyerbukan pada beberapa jenis bunga.

Sumber: Dokumen Penerbit

- d) *Antropogami*, yaitu penyerbukan dengan bantuan manusia. Biasanya tanaman ini sukar mengalami penyerbukan secara alami, misalnya karena struktur bunganya yang unik atau bunga sukar mengeluarkan serbuk sarinya.

Untuk mempelajari bagian-bagian bunga dan penyerbukannya, lakukan **Kegiatan 2.2** berikut ini.

Kegiatan 2.2

Bagian-Bagian Bunga dan Penyerbukannya

Tujuan

Mengamati bagian-bagian bunga dan penyerbukannya.

Alat dan Bahan

- | | |
|-------------------|----------------------------|
| 1. Bunga sepatu | 5. Bunga jambu |
| 2. Bunga jagung | 6. Kaca pembesar |
| 3. Bunga pepaya | 7. Pisau (<i>cutter</i>) |
| 4. Bunga matahari | 8. Pinset |

Langkah Kerja

1. Amatilah semua bunga di atas, gambar dan identifikasilah bagian-bagian bunganya.
2. Klasifikasikan berdasarkan bunga jantan dan bunga betina. Kelompokkan yang termasuk bunga sempurna, bunga tak sempurna, bunga lengkap, bunga tak lengkap, dan bunga mandul.
3. Kelompokkan berdasarkan tipe bunga dan faktor yang membantu penyerbukan.

Pertanyaan

1. Manakah bunga yang termasuk bunga sempurna, bunga tak sempurna, bunga lengkap, bunga tak lengkap, dan bunga mandul?
2. Manakah bunga yang penyerbukannya dibantu oleh serangga? Pada bagian apakah serangga tertarik pada bunga tersebut?
3. Manakah yang termasuk bunga berkelamin ganda?
4. Buatlah kesimpulan dari kegiatan yang telah kamu lakukan.

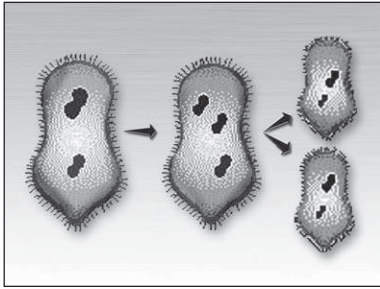
Tugas 2.3

Diskusikan dengan temanmu, perbedaan struktur perkembangbiakan generatif pada tumbuhan Gymnospermae dan tumbuhan Angiospermae.

3. Perkembangbiakan pada Hewan

Perkembangbiakan pada hewan juga terjadi baik secara aseksual maupun seksual. Hewan tingkat rendah dapat bereproduksi secara seksual dan aseksual. Sedangkan hewan tingkat tinggi hanya bereproduksi secara seksual saja.

a. Perkembangbiakan Aseksual pada Hewan



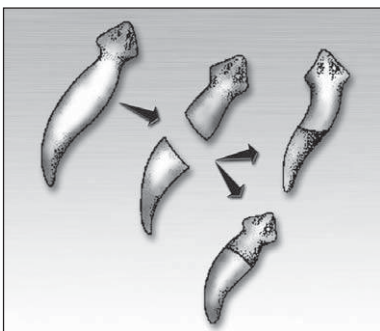
Gambar 2.22 Amoeba melakukan pembelahan secara biner.

Sumber: Dokumen Penerbit



Gambar 2.23 Hydra berkembangbiak dengan membentuk tunas.

Sumber: Encyclopedia Britannica



Gambar 2.24 Planaria melakukan reproduksi vegetatif dengan fragmentasi.

Sumber: Micosoft Encarta

Perkembangbiakan aseksual pada hewan umumnya terjadi pada hewan tingkat rendah/Avertebrata. Reproduksi aseksual artinya reproduksi yang terjadi tanpa didahului dengan peleburan dua sel kelamin yang berbeda jenisnya. Reproduksi aseksual pada hewan ada lima jenis, yaitu pembelahan biner, pembelahan ganda, pembentukan tunas, regenerasi, dan partenogenesis.

- 1) *Pembelahan biner*, terjadi pada makhluk hidup uniseluler, yaitu dari golongan Monera dan Protista. Pada pembelahan biner, dari satu individu membelah secara langsung menjadi dua sel anak. Pembelahan biner terdiri dari lima jenis, yaitu pembelahan ortodoks, melintang, membujur, miring, dan strobilasi. Pembelahan biner secara ortodoks/umum terjadi pada *Amoeba* dan mikroorganisme lain dari golongan *Rhizopoda*. Pembelahan biner secara melintang terjadi pada *Paramecium*. Pembelahan dengan tipe membujur contohnya pada *Euglena*. Tipe pembelahan miring terjadi pada *Dinoflagellata*. Sedangkan pembelahan biner tipe strobilasi menghasilkan individu baru dari bagian tubuh induk yang lepas, contohnya pada cacing pita (*Taenia* sp).
- 2) *Pembelahan ganda*, yaitu pembelahan berulang, sehingga dalam sekali pembelahan dari satu individu dapat dihasilkan lebih dari dua individu. Contoh hewan yang dapat melakukan pembelahan ganda adalah *Plasmodium*.
- 3) *Pertunasan* atau *budding*, yaitu pembentukan tunas kecil yang serupa dengan induk. Tunas ini kemudian memisahkan diri dan menjadi individu baru. Contohnya pada *Hydra*, ubur-ubur pada saat berbentuk *polip*, dan hewan dari golongan *Porifera*. Selain bereproduksi dengan tunas, Porifera juga dapat melakukan reproduksi secara seksual.
- 4) *Fragmentasi*, individu baru terbentuk dari bagian tubuh induk yang terbagi-bagi/terputus baik sengaja atau tidak. Setiap bagian tumbuh dan berkembang membentuk bagian yang belum ada sehingga menjadi individu baru yang utuh. Contoh hewan yang melakukan reproduksi secara fragmentasi adalah cacing tanah, bintang laut, dan *Planaria*. Fragmentasi bukan merupakan cara reproduksi yang utama, karena dalam kondisi normal *Planaria* bereproduksi secara seksual.
- 5) *Partenogenesis*, individu baru terbentuk dari telur yang tidak dibuahi. Hewan yang mengalami partenogenesis adalah serangga, misalnya lebah madu.

Tugas 2.4

Diskusikan dengan temanmu, apakah semua lebah dalam satu koloni dihasilkan melalui partenogenesis. Mengapa demikian?

b. Perkembangbiakan Seksual pada Hewan Tingkat Tinggi

Perkembangbiakan secara seksual pada hewan melibatkan alat reproduksi, sel kelamin/gamet jantan dan gamet betina, serta proses pembuahan atau fertilisasi. Pembuahan pada hewan ada dua jenis, yaitu pembuahan yang terjadi di dalam tubuh induk betina dan pembuahan yang terjadi di luar tubuh. Pembuahan di dalam tubuh induk betina disebut *fertilisasi internal*. Sedangkan pembuahan di luar tubuh induk betina disebut *fertilisasi eksternal*.

Pembuahan eksternal biasanya terjadi pada hewan yang hidup di dalam air, misalnya katak dan ikan. Jumlah sel telur dan sperma yang dihasilkan sangat banyak, sehingga dapat memperbesar peluang terjadinya pembuahan. Pembuahan eksternal dapat dibedakan menjadi dua tipe, yaitu *tipe acak* dan *tipe sarang*. Pada tipe acak, proses pelepasan sel telur dan sperma dilakukan di sembarang tempat. Sedangkan pada tipe sarang, ada tempat tertentu untuk melepaskan sperma dan sel telur, sehingga peluang terjadinya pembuahan lebih besar. Pada fertilisasi internal, pembuahan yang terjadi dalam tubuh induk betina. Jadi sperma dari induk jantan harus dimasukkan ke dalam tubuh betina melalui *kopulasi*.

Alat reproduksi menghasilkan sel kelamin. Sel kelamin jantan/sperma dihasilkan oleh *testis*, sedangkan sel kelamin betina (ovum/sel telur) dihasilkan oleh *ovarium (indung telur)*. Proses pembentukan sel kelamin jantan dan betina disebut *gametogenesis*. Proses pembentukan sel kelamin jantan disebut *spermatogenesis*, sedangkan proses pembentukan sel kelamin betina disebut *oogenesis*.

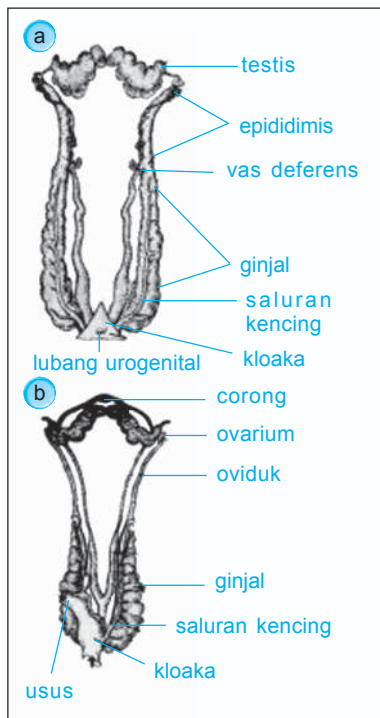
Setelah terjadi pembuahan atau fertilisasi, akan terbentuk zigot yang kemudian berkembang menjadi embrio. Perkembangan dan kelahiran embrio dapat terjadi melalui tiga cara, yaitu vivipar, ovipar, dan ovovivipar.

- 1) Vivipar (hewan beranak), yaitu hewan yang embrionya berkembang dan mendapat makanan di dalam uterus (rahim) induk betina. Contohnya adalah kerbau, sapi, gajah, dan harimau.
- 2) Ovipar (hewan bertelur), yaitu hewan yang embrionya berkembang di dalam telur. Telur hewan ini dikeluarkan dari dalam tubuh dan dilindungi oleh cangkang. Embrio memperoleh makanan dari cadangan makanan yang terdapat di dalam telur. Beberapa hewan ovipar mengerami telurnya hingga menetas, misalnya ayam dan merpati. Namun banyak pula induk yang menimbun telur dengan pasir atau bahkan membiarkan begitu saja.
- 3) Ovovivipar (hewan bertelur dan beranak), yaitu hewan yang embrionya berkembang di dalam telur, tetapi telur tetap berada di dalam tubuh induk betina. Setelah cukup umur, telur akan pecah di dalam tubuh induk dan anaknya keluar. Contohnya adalah kadal dan ikan hiu.



Gambar 2.25 Anak itik menetas dari telur, itik termasuk hewan ovipar.

Sumber: Dokumen Penerbit



Gambar 2.26 (a) Alat kelamin jantan pada ikan, (b) alat kelamin betina pada ikan.

Sumber: Dokumen Penerbit

Pada bab 1 kamu telah mempelajari sistem reproduksi seksual pada manusia. Berikut ini beberapa contoh reproduksi seksual pada hewan.

1) Reproduksi pada Ikan

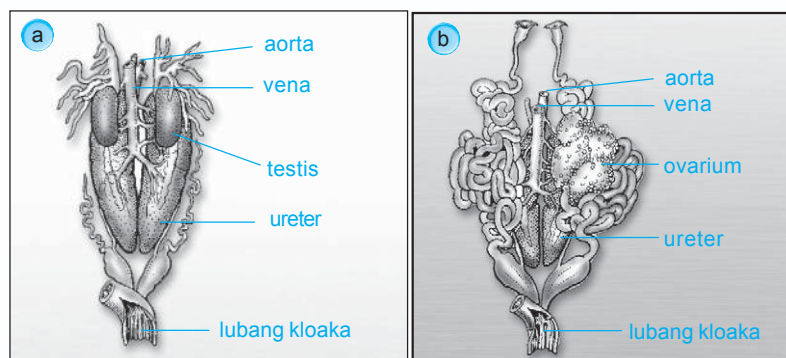
Pada umumnya ikan bertelur (*ovipar*) dan pembuahannya terjadi di luar tubuh induk betinanya. Alat kelamin jantan terdiri dari sepasang testis berwarna putih. Sperma dialirkan melalui saluran *vas deferens* yang bermuara di lubang *urogenital*. Lubang urogenital merupakan lubang yang dipakai untuk keluarnya urin dan sperma.

Alat kelamin betina terdiri dari sepasang *ovarium*. Ovarium menghasilkan sel telur. Sel telur dikeluarkan melewati *oviduk* dan kemudian dialirkan ke lubang urogenital. Setelah ikan betina mengeluarkan sel telur di sembarang tempat atau di tempat tertentu, maka akan diikuti oleh ikan jantan dengan mengeluarkan sperma.

2) Reproduksi pada Katak

Katak termasuk hewan amfibi yang hidup di darat dan air. Pembuahan katak terjadi secara eksternal yang dilakukan di air. Katak bersifat *ovipar* atau bertelur. Alat kelamin jantan terdiri dari sepasang testis yang berwarna putih kekuningan. Testis menghasilkan sperma. Sperma melewati *vas efferentia* dan menuju kloaka. Kloaka merupakan tempat keluarnya sperma, saluran urin, dan sisa pembuangan makanan. Alat kelamin betina terdiri dari sepasang ovarium yang menghasilkan sel telur. Telur melewati oviduk dan menuju kloaka.

Pada saat kawin (*kopulasi*), katak jantan akan naik ke punggung katak betina. Dengan jarinya, katak jantan menekan katak betina sehingga katak betina mengeluarkan sel telur ke dalam air. Saat keluarnya telur, katak jantan akan mengeluarkan spermanya. Terjadilah pembuahan sel telur di dalam air dan akan berkembang menjadi zigot.



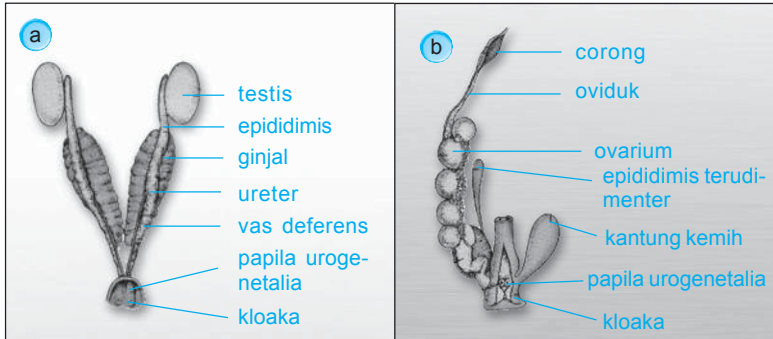
Gambar 2.27 (a) Alat kelamin jantan pada katak, (b) alat kelamin betina pada katak.

Sumber: Dokumen Penerbit

3) Reproduksi pada Reptilia

Umumnya reptilia bersifat *ovipar*, walaupun ada sebagian yang *ovovivipar*. Pada reptilia jantan, alat kelaminnya terdiri dari sepasang testis, epididimis dan vas deferens. Memiliki

alat kelamin khusus yang disebut *hemipenis* dan dikeluarkan melalui kloaka saat kawin. Sedangkan reptilia betina memiliki alat kelamin terdiri dari sepasang ovarium dan oviduk. Telur bermuara di oviduk. Pada reptil ovovivipar telur akan menetas dalam oviduk.



Gambar 2.28 (a) Alat kelamin jantan reptilia, (b) alat kelamin betina reptilia.

Sumber: Dokumen Penerbit

4) Reproduksi pada Burung

Burung berkembangbiak dengan cara bertelur (ovipar). Umumnya telur akan dierami hingga menetas. Embrio di dalam telur memerlukan suhu tertentu untuk pertumbuhan dan perkembangannya.

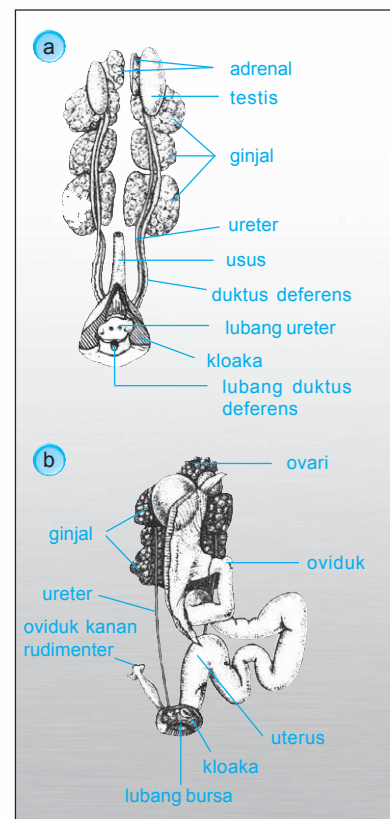
Alat kelamin burung jantan terdiri dari sepasang testis. Sperma yang dihasilkan testis akan menuju vas deferens dan kloaka. Sedangkan alat kelamin betina pada burung terdiri dari ovarium kiri dan oviduk.

Saat kawin, kloaka jantan dan betina saling mendekat sehingga ketika sperma keluar dari kloaka jantan akan langsung masuk ke kloaka betina sehingga sel telur dapat dibuahi. Telur burung mempunyai struktur sebagai berikut.

- Cangkang telur, terbuat dari zat kapur yang berpori untuk keluar masuknya udara. Di sebelah dalam cangkang terdapat dua buah membran yang pada salah satu ujungnya tidak saling melekat, sehingga terbentuk rongga udara.
- Albumen (putih telur), berupa cairan kental berwarna putih bening yang berfungsi sebagai cadangan makanan dan melindungi embrio dari guncangan.
- Kuning telur, terdapat di bagian tengah albumen. Pada kuning telur ini terdapat calon embrio. Agar kuning telur tetap pada posisinya, maka terdapat *kalaza* yang berfungsi menjaga posisi kuning telur.

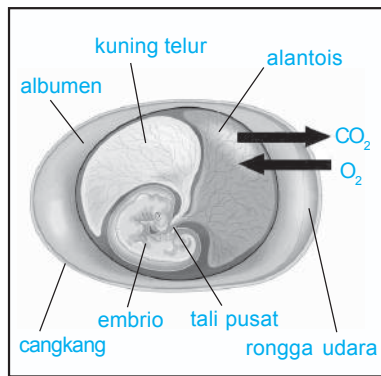
Pada saat telur dierami, embrio mulai tumbuh. Kuning telur dan putih telur diserap melalui pembuluh darah yang terbentuk mengelilingi kuning telur. Bagian-bagian yang berperan dalam mendukung pertumbuhan embrio adalah sebagai berikut.

- Amnion, merupakan cairan ketuban yang terdapat pada suatu kantung tempat tumbuhnya embrio.



Gambar 2.29 (a) Alat kelamin jantan pada burung, (b) alat kelamin betina pada burung.

Sumber: Dokumen Penerbit



Gambar 2.30 Embrio burung yang sedang tumbuh.

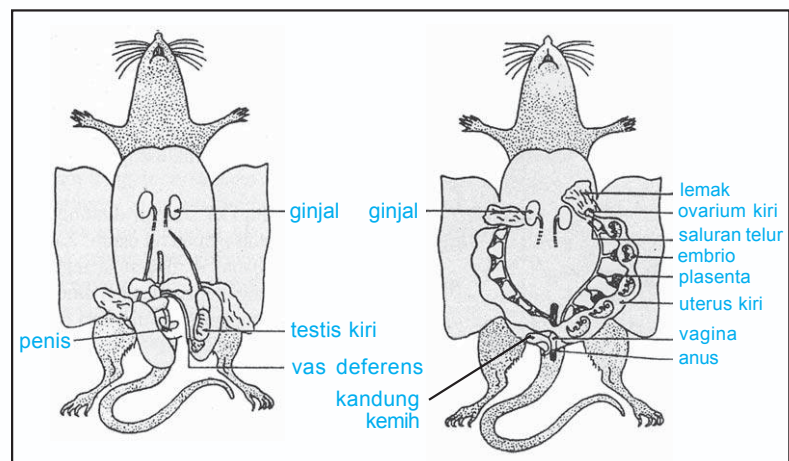
Sumber: Microsoft Encarta, 2006

- b) Alantois, merupakan tempat penyimpanan hasil ekskresi, mengangkut O_2 ke dalam embrio dan CO_2 keluar dari embrio.
- c) Tali pusat, yaitu bagian yang menghubungkan kuning telur dengan alantois.

4) Reproduksi pada Mamalia

Mamalia berkembang biak dengan cara melahirkan anak (vivipar). Proses pembuahnya berlangsung di dalam tubuh induk betina (fertilisasi internal). Setelah dilahirkan, anak hewan mamalia menyusu kepada induknya. Meskipun demikian, ada beberapa jenis mamalia yang tidak melahirkan anaknya, tetapi bertelur. Contohnya adalah platipus (*Ornithorynchus anatinus*).

Semua hewan Mamalia memiliki alat reproduksi yang hampir serupa. Untuk mempelajarinya, amatilah alat reproduksi tikus berikut ini.



Gambar 2.31 (a) Alat perkembangbiakan tikus jantan. (b) Alat perkembangbiakan tikus betina.

Sumber: Dokumen penerbit.

Tikus jantan mempunyai sepasang testis yang berfungsi untuk menghasilkan sperma. Sperma dikeluarkan melalui saluran sperma yang disebut vas deferens. Untuk memasukkan sperma ke dalam tubuh hewan betina, digunakan penis.

Tikus betina mempunyai sepasang ovarium yang berfungsi untuk menghasilkan sel telur atau ovum. Sel telur yang telah dilepaskan dari ovarium (ovulasi) keluar melalui saluran telur dan akhirnya sampai di uterus. Jika sel telur ini dibuahi oleh sperma, akan terbentuk zigot yang akan tumbuh dan berkembang menjadi embrio. Tikus mampu mengandung lebih dari satu embrio. Namun tidak semua Mamalia memiliki kemampuan seperti ini. Setiap embrio memperoleh nutrisi dan oksigen dari plasenta yang dihubungkan melalui tali pusat. Jika sudah tiba masa lahirnya, embrio lepas dari uterus dan dikeluarkan melalui vagina.

4. Keuntungan dan Kerugian Reproduksi Seksual dan Aseksual

Reproduksi seksual (generatif) dan aseksual (vegetatif) mempunyai keuntungan dan kerugian. Berikut ini beberapa sifat reproduksi seksual dan aseksual pada tumbuhan.

a. Keuntungan dan kerugian reproduksi generatif

Keuntungan reproduksi generatif adalah sebagai berikut.

- 1) Tanaman yang ditanam dalam bentuk biji dapat tumbuh lebih kuat dan kokoh.
- 2) Keturunan baru yang dihasilkan sifatnya lebih bervariasi.
- 3) Tanaman mempunyai perakaran yang lebih kuat. Pada tanaman dikotil, jika diperbanyak dengan biji maka mempunyai perakaran tunjang, tetapi bila diperbanyak dengan cangkok atau stek akan mempunyai perakaran serabut.
- 4) Umumnya berumur lebih lama.

Kerugian reproduksi generatif adalah sebagai berikut.

- 1) Tanaman yang diperbanyak dengan biji umur berbuahnya lebih lama.
- 2) Keturunannya sering mempunyai sifat yang tidak sesuai yang diinginkan.

b. Keuntungan dan kerugian reproduksi vegetatif

Keuntungan reproduksi vegetatif adalah sebagai berikut.

- 1) Keturunan baru memiliki sifat-sifat seperti induknya. Jadi jika kamu memperbanyak tanaman secara vegetatif, sebelum tanaman itu berproduksi kamu sudah dapat memprediksi sifatnya. Jadi bila kamu mempunyai tanaman yang menghasilkan buah dengan rasanya manis dan berukuran besar, jika tanaman itu diperbanyak secara vegetatif (dicangkok atau stek) maka akan diperoleh tanaman yang sifatnya sama.
- 2) Tumbuhan dapat segera dikembangkan, tidak perlu menunggu sampai tumbuhan itu berbunga, berbuah, dan menghasilkan biji.
- 3) Waktu yang diperlukan untuk berbuah lebih singkat. Misalnya jambu yang ditanam dari biji akan berbuah setelah berumur lima tahun. Tetapi, jika kamu memperbanyak dengan cangkok, jambu akan berbuah lebih cepat.

Kerugian reproduksi secara vegetatif adalah sebagai berikut.

- 1) Tanaman baru kurang kokoh karena umumnya berakar serabut yang kurang kuat.
- 2) Tanaman induk akan menderita jika terlalu banyak dahan yang dicangkok atau diambil untuk stek.
- 3) Keturunan yang diperoleh dari satu tanaman induk hanya sedikit. Namun dengan *kultur jaringan*, dapat diperoleh keturunan dalam jumlah besar, cepat, seragam, dan identik dengan tanaman induknya.



Gambar 2.32 Tumbuhan yang diperbanyak dengan cangkok lebih cepat berbuah daripada tumbuhan yang ditanam dari biji.

Sumber: *Ensiklopedia Umum*

Latihan 2.2

1. Jika hewan ovipar tidak mengerami telurnya, usaha apakah yang dilakukan hewan itu untuk melindungi dan mempercepat penetasan telurnya?
2. Apakah keuntungan reproduksi vegetatif dan generatif pada hewan dan mikroorganisme?
3. Bagaimana tingkat keberhasilan pembuahan eksternal bila dibandingkan pembuahan internal? Mengapa demikian?

Rangkuman

- Untuk menjaga kelangsungan hidup dan melestarikan jenisnya, maka setiap makhluk hidup harus dapat beradaptasi, lolos dalam seleksi alam, dan dapat berkembang biak.
- Adaptasi adalah kemampuan suatu organisme untuk menyesuaikan diri terhadap perubahan lingkungan. Adaptasi dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu adaptasi morfologi, fisiologi, dan tingkah laku. Semakin tinggi kemampuan beradaptasi, semakin tinggi kemungkinan kelangsungan hidupnya.
- Seleksi alam adalah proses kelulushidupan suatu organisme terhadap perubahan-perubahan yang terjadi di alam. Alam melakukan seleksi terhadap jenis-jenis organisme yang hidup, sehingga organisme yang tidak mampu beradaptasi tidak akan dapat bertahan hidup.
- Perkembangbiakan merupakan kemampuan untuk menghasilkan keturunan. Keturunan yang dihasilkan mempunyai ciri khas seperti induk, sehingga dengan berkembang biak, kelestarian jenisnya dapat dipertahankan. Perkembangbiakan dapat terjadi secara vegetatif (aseksual) dan generatif (seksual).
- Perkembangbiakan tingkat sel terjadi melalui pembelahan sel. Pembelahan sel pada sel-sel tubuh berlangsung secara mitosis, sedangkan pembelahan sel pada pembentukan gamet (sel-sel kelamin) terjadi secara meiosis.

Refleksi

Kamu telah selesai mempelajari materi **Kelangsungan Hidup Organisme** dalam bab ini. Sebelum melanjutkan pelajaran bab III, lakukan evaluasi diri dengan menjawab beberapa pertanyaan di bawah ini. Jika semua pertanyaan dijawab dengan 'ya', berarti kamu telah menguasai bab ini dengan baik. Namun jika ada pertanyaan yang dijawab dengan 'tidak', kamu perlu mempelajari lagi materi yang berkaitan dengan pertanyaan itu. Jika ada kesulitan atau ada hal-hal yang sukar dimengerti, bertanyalah kepada Bapak/Ibu Guru.

1. Apakah kamu dapat menjelaskan cara makhluk hidup mempertahankan kelangsungan hidupnya?
2. Dapatkah kamu menjelaskan cara makhluk hidup beradaptasi dengan lingkungan?
3. Apakah seleksi alam itu? Dapatkah kamu menjelaskan seleksi alam dan memberi contohnya?
4. Apakah kamu dapat menjelaskan perkembangbiakan pada hewan dan tumbuhan, baik perkembangbiakan tingkat sel maupun organisme dengan cara vegetatif dan generatif?

I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Hewan tertentu tidur selama musim dingin merupakan contoh adaptasi
 - a. morfologi
 - b. fisiologi
 - c. tingkah laku
 - d. cuaca
2. Salah satu adaptasi yang bertujuan menakut-nakuti musuh pada hewan adalah
 - a. mimikri
 - b. pewarnaan
 - c. hibernasi
 - d. migrasi
3. Bentuk paruh disesuaikan dengan jenis makanan merupakan contoh adaptasi
 - a. morfologi
 - b. tingkah laku
 - c. fisiologi
 - d. makanan
4. Perkembangbiakan generatif adalah
 - a. berkembangbiak dengan cara membelah diri
 - b. berkembangbiak dengan cara penyatuan sel kelamin jantan dan betina
 - c. berkembangbiak dengan cara tanpa penyatuan sel kelamin jantan dan betina
 - d. berkembangbiak dengan cara bantuan manusia
5. Tumbuhan higrofit memiliki ciri
 - a. daun lebar, tebal, dan stomata sedikit
 - b. daun lebar dan memiliki lapisan lilin tebal
 - c. daun lebar dan stomata sedikit
 - d. daun lebar, tipis, dan stomata banyak
6. Untuk mempertahankan kelestarian jenisnya, organisme akan
 - a. mencari habitat yang lebih luas
 - b. berusaha mendapatkan makanan yang cukup
 - c. memiliki kemampuan berkembang biak
 - d. menghindari dari kejaran musuh
7. Bila terjadi perubahan lingkungan, maka kemungkinannya adalah
 - a. hewan yang tidak mampu beradaptasi akan berkembangbiak
 - b. tumbuhan yang tidak mampu beradaptasi akan berkembangbiak
 - c. hewan dan tumbuhan yang mampu beradaptasi akan terus bertahan hidup
 - d. semua organisme akan mati dan punah
8. Berikut ini yang merupakan cara perkembangbiakan generatif ialah
 - a. setek batang
 - b. okulasi
 - c. menanam biji
 - d. merunduk
9. Bagian bunga yang mempunyai fungsi untuk menarik serangga hinggap ialah
 - a. kelopak
 - b. putik
 - c. benang sari
 - d. mahkota
10. Tempat pembentukan sperma pada vertebrata adalah
 - a. testis
 - b. ovarium
 - c. vas deferens
 - d. kloaka
11. Pembuahan ganda terjadi pada tumbuhan berbiji
 - a. tertutup
 - b. terbuka
 - c. terbuka dan tertutup
 - d. tidak ada yang benar
12. Keuntungan dari perbanyakannya secara vegetatif ialah
 - a. banyak menghasilkan individu baru
 - b. reproduksinya menurun
 - c. menghasilkan tanaman yang kokoh dan kuat
 - d. dapat dilakukan lebih cepat tanpa menunggu tumbuhan induk berbuah
13. Penyerbukan bastar adalah penyerbukan yang serbuk sarinya berasal dari
 - a. bunga itu sendiri
 - b. bunga lain dalam satu pohon
 - c. bunga pohon lain yang masih dalam satu spesies
 - d. bunga pohon lain, satu spesies, namun beda varietas
14. Hewan yang dapat melakukan partenogenesis adalah
 - a. lebah
 - b. cacing tanah
 - c. bekicot
 - d. udang
15. Pembuahan pada katak terjadi pada
 - a. ovarium
 - b. oviduk
 - c. kloaka
 - d. air

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

1. Apakah yang dimaksud dengan adaptasi dan seleksi alam?
2. Mengapa saat berlari denyut jantung akan lebih cepat?
3. Bagaimana cara membedakan umbi akar dan umbi batang?
4. Jelaskan dua perbedaan antara meiosis dan mitosis!
5. Tuliskan berbagai cara reproduksi aseksual pada hewan!

Wacana Sains

Tanaman Padi Tahan Air Asin

Masih ingatkah kamu bencana tsunami yang melanda Aceh pada akhir tahun 2004? Air laut yang naik ke daratan menyebabkan tanah persawahan berkadar garam tinggi. Hal ini menyebabkan padi yang biasa di tanam di sana tidak dapat tumbuh. Tentu tidak mudah mengembalikan kondisi persawahan menjadi seperti sebelum tsunami. Oleh karena itu, masyarakat sangat menginginkan adanya varietas padi yang dapat hidup dan mampu beradaptasi di daerah berkadar garam tinggi.

Adakah tanaman padi yang mampu beradaptasi dengan lingkungan berkadar garam tinggi? **Arun Lahiri Mazumder**, pemimpin *Bose Institute*, sebuah pusat riset genetika tanaman di Kolkata, India menemukan padi liar yang hidup di air asin di hutan mangrove Sunderbans, delta sungai Gangga, India. Padi liar (*Porteresia coaricata*) itu lalu dimuliakan.

Mengapa tanaman padi itu tahan terhadap kadar garam tinggi. Dari penyelidikan, diketahui bahwa terdapat gen yang membuat tanaman sangat toleran terhadap kadar garam, yaitu gen yang menyandikan enzim *inositol synthetase*. Gen yang menyandikan ketahanan terhadap lingkungan berkadar garam tinggi diambil dan dipindahkan ke padi unggul yang lain. Padi unggul yang telah disisipi gen baru ini (menjadi padi *transgenik*) menjadi tahan terhadap kondisi lingkungan berair asin.

Indonesia juga mengembangkan tanaman padi serupa, namun ketahanannya belum sebagus tanaman padi temuan Mazumder itu. Contohnya adalah varietas banyasin, kapuas, lalau, lambur, dan mendawak. IRRI (*International Rice Research Institute*) juga telah mengembangkan lebih dari 47 varietas padi yang toleran terhadap kadar garam.

Sumber: *Tempo*, 6 – 12 November 2006

Bab **III**

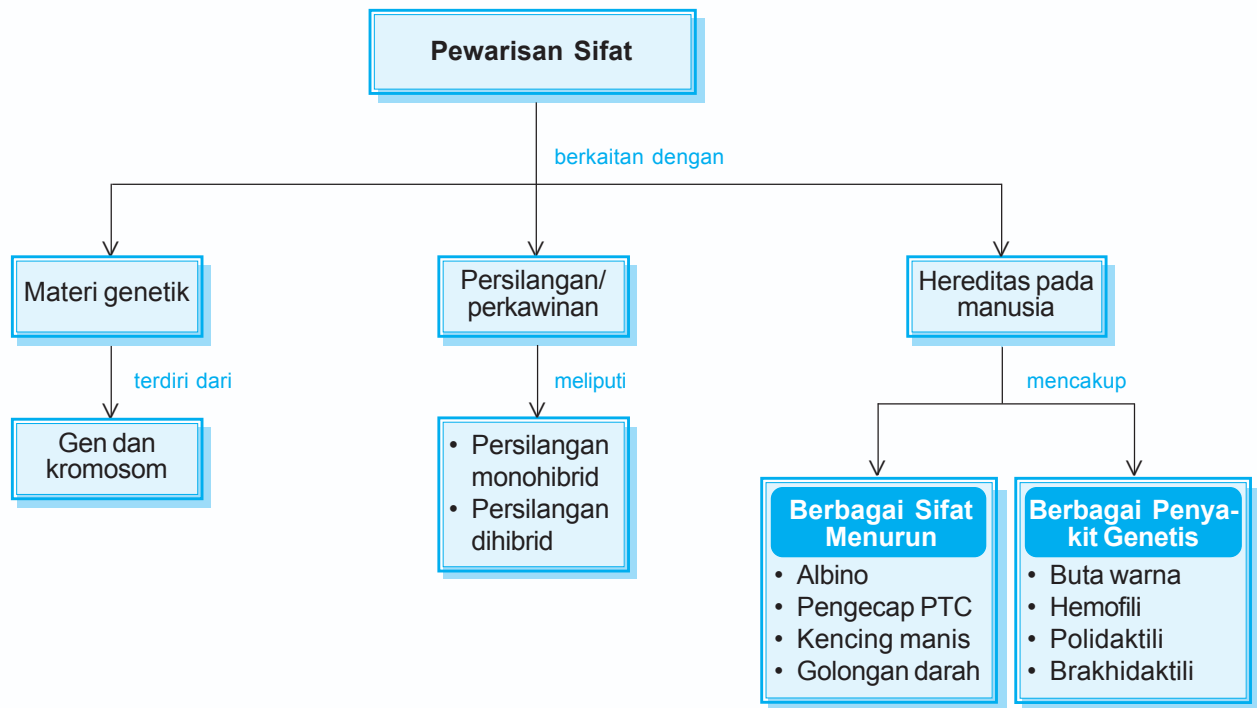
Pewarisan Sifat



Coba perhatikan wajahmu. Mungkin wajahmu ada kemiripan dengan wajah kedua orang tuamu. Perhatikan pula dengan wajah saudaramu. Apakah mereka juga mirip dengan orang tuamu? Apa yang menyebabkan wajah seseorang anak mirip dengan wajah orang tuanya? Apa hubungannya dengan pewarisan sifat?

Pada bab ini kamu akan mempelajari konsep pewarisan sifat pada makhluk hidup. Setelah mempelajari bab ini diharapkan kamu dapat memahami materi genetik yang berhubungan dengan pewarisan sifat, persilangan monohybrid dan dihibrid, dan pewarisan sifat pada manusia.

Peta Konsep



Kata Kunci

- gen
- kromosom
- persilangan
- penyakit menurun

Lihat gambar di samping. Meskipun mereka satu keluarga, setiap individu memiliki ciri/sifat yang unik. Sifat ini ada yang dapat diturunkan dan ada yang tidak dapat diturunkan kepada keturunannya. Materi genetis yang bertanggung jawab dalam pewarisan sifat kepada keturunannya adalah gen dan kromosom. Ilmu yang mempelajari cara-cara perwarisan sifat seperti ini disebut genetika.

A Gen dan Kromosom

Gen ialah suatu substansi kimia dalam kromosom yang bertanggung jawab terhadap pewarisan sifat organisme. Istilah gen pertama kali dikemukakan oleh **W. Johansen**. Fungsi gen antara lain sebagai berikut.

1. Mengatur perkembangan dan metabolisme individu.
2. Menyampaikan informasi genetik dari satu generasi ke generasi berikutnya.
3. Sebagai zarah tersendiri dalam kromosom.

Gen berperan untuk menentukan pewarisan sifat seperti rasa, warna, dan bentuk. Gen terdapat di dalam kromosom, dan menempati tempat-tempat tertentu yaitu di dalam lokus-lokus kromosom. Pada sel eukariotik, kromosom berada di dalam inti sel. Kromosom mempunyai sifat mudah menyerap warna, sehingga dalam sel yang sedang membelah, kromosom dapat kamu lihat dengan menggunakan mikroskop biasa. Akan tetapi untuk mempelajari struktur halusinya, tetap harus digunakan mikroskop elektron. Pada saat sel tidak sedang membelah, kromosom berbentuk benang-benang halus yang disebut benang-benang kromatin.

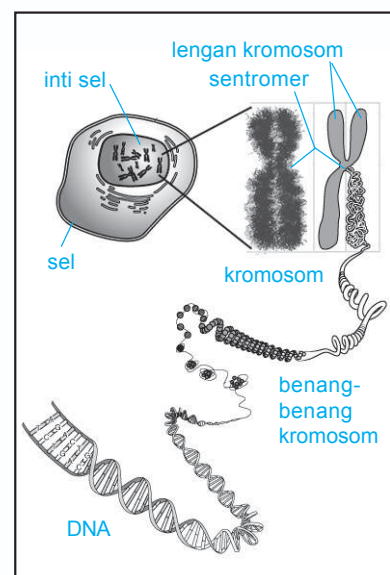
Kromosom berbentuk seperti batang (**Gambar 3.2**). Jika kamu amati dengan teliti, setiap kromosom memiliki dua buah lengan yang dihubungkan oleh *sentromer*. Pada kromosom, terdapat benang-benang halus yang melingkar-lingkar. Di sepanjang benang-benang halus inilah terletak gen. Gen terdiri dari untaian-untaian DNA. Setiap gen menempati tempat tertentu di dalam kromosom. Tempat suatu gen di dalam kromosom disebut sebagai lokus gen.

Pada makhluk tingkat tinggi, sel tubuh (*sel somatik*) mengandung satu pasang kromosom yang diterima dari kedua induk/orang tuanya. Kromosom-kromosom yang berasal dari induk betina bentuknya serupa dengan yang berasal dari induk jantan. Maka sepasang kromosom itu disebut *kromosom homolog*. Karena itu jumlah kromosom dalam sel tubuh dinamakan *diploid* ($2n$). Tetapi pada sel kelamin (*gamet*) hanya mengandung setengah dari jumlah kromosom yang terdapat di dalam sel somatik. Karena itu jumlah kromosomnya dinamakan *haploid* (n). Satu pasang kromosom haploid dari satu spesies dinamakan *genom*. Jumlah kromosom yang dimiliki berbagai makhluk tidak sama. Perhatikan jumlah kromosom beberapa makhluk hidup pada **Tabel 3.1** berikut ini.



Gambar 3.1 Anggota keluarga memiliki persamaan dan perbedaan sifat.

Sumber: Dokumen Penerbit



Gambar 3.2 Di dalam inti sel terdapat kromosom. Kromosom berfungsi sebagai pembawa informasi genetik.

Sumber: www.under-one-roof.net

Tabel 3.1 Jumlah kromosom pada beberapa makhluk hidup.

No	Hewan	Jumlah Kromosom
1.	Manusia	46
2.	Kelinci	64
3.	Kucing	38
4.	Anjing	78
5.	Sapi	60
6.	Kera	48
7.	Lalat rumah	12
8.	Ayam	78
9.	Padi	24
10.	Jagung	20
11.	Ercis	14

Kromosom pada manusia dan makhluk hidup yang berkembang biak secara seksual dapat dibedakan menjadi dua, yaitu sebagai berikut.

1. *Autosom* yaitu kromosom yang mengatur sifat-sifat tubuh selain jenis kelamin. Kromosom tubuh (*autosom*) manusia ada 22 pasang atau berjumlah 44 buah.
2. *Gonosom* atau *kromosom seks*, yaitu kromosom yang khusus menentukan jenis kelamin. Kromosom seks manusia berjumlah satu pasang atau 2 buah. Seorang laki-laki mempunyai kromosom XY, sedangkan seorang wanita mempunyai kromosom XX.

Dengan demikian jumlah kromosom pada manusia adalah 23 pasang atau 46 buah. Kromosom laki-laki ditulis 44AA + XY, sedangkan kromosom wanita ditulis 44AA + XX.

Tokoh Sains

Gregor John Mendel



Mendel (1822 – 1884) adalah seorang rahib Austria di kota Brunin yang mengawali penelitian genetika secara ilmiah. Mendel melakukan percobaan pada tanaman kacang ercis (*Pisum sativum*) selama 12 tahun. Sebelum menjadi rahib, Mendel pernah gagal ketika menempuh ujian untuk mendapatkan sertifikat guru pada tahun 1850. Ironisnya, ia mendapatkan nilai terendah untuk biologi dan geologi.

Tugas 3.1

Carilah informasi letak kromosom pada organisme prokariot (misalnya bakteri). Samakah kromosomnya dengan kromosom organisme eukariotik (misalnya hewan dan tumbuhan).



B Persilangan

Persilangan adalah proses menggabungkan dua sifat yang berbeda dan diharapkan mendapatkan sifat yang baik bagi keturunannya. Orang yang pertama kali menyelidiki perkawinan silang dan menganalisa hasilnya dengan teliti ialah **Gregor Mendel**. Ia mengumpulkan beberapa jenis kacang ercis (*Pisum sativum*) untuk dipelajari perbedaannya satu sama lain dan melakukan percobaan perkawinan silang pada tanaman ercis tersebut. Alasan Mendel memilih tanaman kacang ercis adalah sebagai berikut.

1. Tanaman ini hidupnya tak lama (merupakan tanaman setahun), mudah tumbuh, dan mudah disilangkan.
2. Memiliki bunga sempurna artinya dalam bunganya terdapat benang sari (alat kelamin jantan) dan putik (alat kelamin betina), sehingga biasanya terjadi penyerbukan sendiri. Perkawinan silang dapat dilakukan oleh pertolongan manusia. Penyerbukan sendiri yang berlangsung beberapa generasi terus-menerus akan menghasilkan *galur murni* yaitu keturunan yang selalu memiliki sifat yang sama dengan induknya.
3. Tanaman ini memiliki tujuh sifat dengan perbedaan yang menyolok, seperti batang tinggi lawan kerdil, buah polongan berwarna hijau lawan kuning, bunga berwarna ungu lawan putih, bunganya terletak *aksial* (sepanjang batang) lawan *terminal* (pada ujung batang), biji yang masak berwarna hijau lawan kuning, permukaan biji licin lawan berkerut, dan warna kulit biji abu-abu lawan putih.



Gambar 3.3 Tanaman ercis yang digunakan dalam percobaan Mendel.

Sumber: Microsoft Student, 2006

Pada saat itu, Mendel belum mengetahui bentuk dan susunan kromosom dan gen sebagai pembawa sifat. Mendel menyebut bahan keturunan itu sebagai *faktor tertentu*. Sekarang kamu mengetahui bahwa *faktor penentu* itu adalah *gen*. Dengan diketemukannya kromosom (yaitu benda-benda halus berbentuk batang lurus atau bengkok di dalam sel), maka **Wilhelm Roux** berpendapat bahwa kromosom ialah pembawa sifat keturunan. Pendapat ini diperkuat oleh eksperimen **T. Boveri** dan **W.S. Sutton** (1902) yang membuktikan bahwa gen ialah bagian dari kromosom. Teori ini dikenal dengan *teori kromosom*. Kemudian diketahui juga bahwa gen diwariskan dari orang tua kepada keturunannya lewat gamet atau sel kelamin.

Sebelum mempelajari persilangan Mendel, kamu perlu mengenal terlebih dulu penggunaan beberapa simbol (tanda) yang sering digunakan dalam mempelajari genetika.

P : induk/parental (orang tua)

F : keturunan/filial (*fillus*)

F₁ : keturunan pertama

F₂ : keturunan kedua

♂ : tanda kelamin jantan

♀ : tanda kelamin betina

Gen biasanya diberi simbol dengan huruf pertama dari suatu sifat. *Gen dominan* dinyatakan dengan huruf besar, sedangkan *gen resesif* dengan huruf kecil, misalnya:

T : simbol untuk gen yang menentukan batang tinggi

t : simbol untuk gen yang menentukan batang kerdil

Oleh karena tanaman itu merupakan individu diploid, maka simbol tanaman ditulis dengan huruf dobel, misalnya:

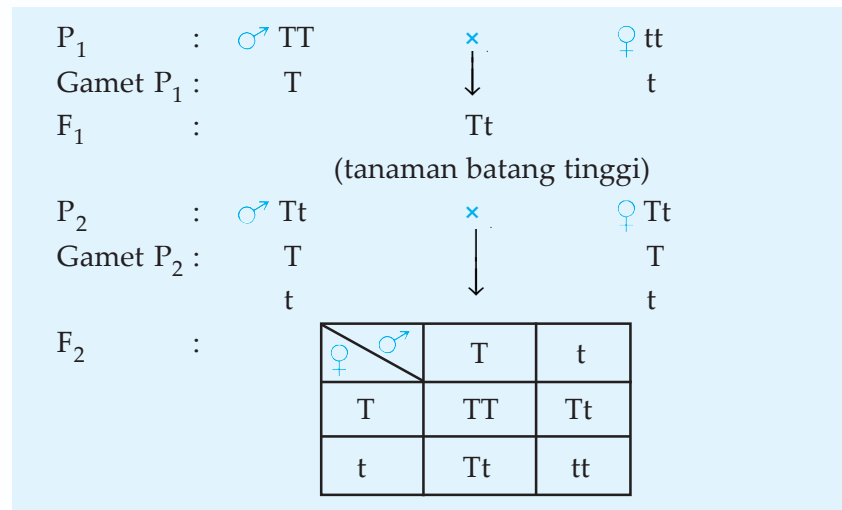
TT : simbol untuk tanaman berbatang tinggi

tt : simbol untuk tanaman berbatang kerdil

Dari perkawinan silang yang dilakukan Mendel pada tanaman ercis berbatang tinggi dengan yang berbatang kerdil, maka semua tanaman keturunan pertama seragam berbatang tinggi. Suatu tanda bahwa sifat batang tinggi mengalahkan sifat

batang kerdil. Sifat demikian disebut *sifat dominan*, sedangkan sifat yang dikalahkan disebut *sifat resesif*. Jika keturunan pertama dibiarkan menyerbuk sendiri, didapatkan keturunan kedua yang memperlihatkan pemisahan sifat dengan perbandingan kira-kira 3/4 batang tinggi dan 1/4 batang kerdil.

Percobaan Mendel tersebut di atas dapat diikuti secara genetik seperti diagram perkawinan sebagai berikut.



Dari diagram papan catur di atas, terlihat bahwa keturunan pada F_2 adalah:

- TT = berbatang tinggi
- 2 Tt = berbatang tinggi
- tt = berbatang pendek/kerdil

Dengan demikian perbandingan tanaman berbatang tinggi : batang kerdil = 3 : 1.

Sifat keturunan yang dapat kamu amati atau lihat (misalnya warna, bentuk, dan ukuran) dinamakan *fenotipe*. Sedangkan sifat dasar yang tak tampak dan tetap (tidak berubah karena lingkungan) pada suatu individu dinamakan *genotipe* (misalnya TT dan tt).

Anggota dari sepasang gen yang terletak pada posisi yang sama pada pasangan kromosom disebut *alel*. Misalnya T menentukan sifat tinggi pada batang, sedangkan t menentukan batang kerdil. Maka T dan t merupakan alel. Tetapi andaikan R adalah gen yang menentukan warna merah bunga, maka T dan r bukan alel.

Homozigot ialah individu yang genotipenya terdiri dari alel yang sama (misalnya TT dan tt), sedangkan *heterozigot* adalah individu yang genotipenya terdiri dari pasangan alel yang tidak sama (misalnya Tt). *Homozigot* dapat dibedakan atas *homozigot dominan* (TT) dan *homozigot resesif* (tt). Fenotipe dua individu dapat sama meskipun genotipenya berbeda. Misalnya tanaman berbatang tinggi dapat mempunyai genotipe TT atau Tt.

Untuk mengetahui sifat-sifat yang dominan dan resesif pada manusia, amatilah sifat-sifat yang ada dalam keluargamu dengan melakukan **Kegiatan 3.1** berikut ini.

Info Sains

Gen Letal

Gen yang dapat menyebabkan kematian pada makhluk hidup disebut "gen letal". Apabila suatu organisme memiliki gen letal, maka pertumbuhan dan perkembangan organisme tersebut dapat terganggu. Beberapa contoh gen letal pada manusia adalah gen THTH dan THth pada penderita talasemia dan gen ss pada penderita sickle cell anemia).

Kegiatan 3.1

Sifat-Sifat Dominan dan Resesif

Tujuan

Mengetahui sifat-sifat yang dominan dalam keluarga.

Bahan

Seluruh anggota keluarga.

Langkah Kerja

1. Datalah seluruh anggota keluargamu, lalu amati ciri-ciri organ tubuhnya meliputi warna kulit, bentuk rambut, bentuk hidung, dan warna mata.
2. Tuliskan hasilnya dalam bentuk tabel pengamatan.
3. Bandingkan dengan data anggota keluarga temanmu. Diskusikan dengan kelompokmu, manakah yang termasuk sifat dominan dan sifat resesif.

Pertanyaan

1. Sebutkan sifat yang paling banyak dari warna kulit dan warna mata!
2. Sebutkan yang paling sedikit bentuk rambut dan bentuk hidung!
3. Jelaskan mana sifat yang dapat dikatakan dominan dan jelaskan alasannya!
4. Buatlah kesimpulan tentang sifat yang dominan dan resesif!

Hasil perkawinan antara dua individu yang mempunyai sifat beda dinamakan *hibrid*. Jadi tanaman F_1 pada contoh di depan merupakan hibrid. Berdasarkan banyaknya sifat beda yang terdapat pada suatu individu, maka perkawinan/persilangan dapat dibedakan menjadi monohibrid, dihibrid, trihibrid, dan seterusnya. Perkawinan monohibrid ialah perkawinan dengan memperhatikan satu sifat beda (misalnya Aa), dihibrid ialah perkawinan dengan memperhatikan dua sifat beda (misalnya AaBb), dan trihibrid ialah perkawinan dengan tiga sifat beda (misalnya AaBbCc).

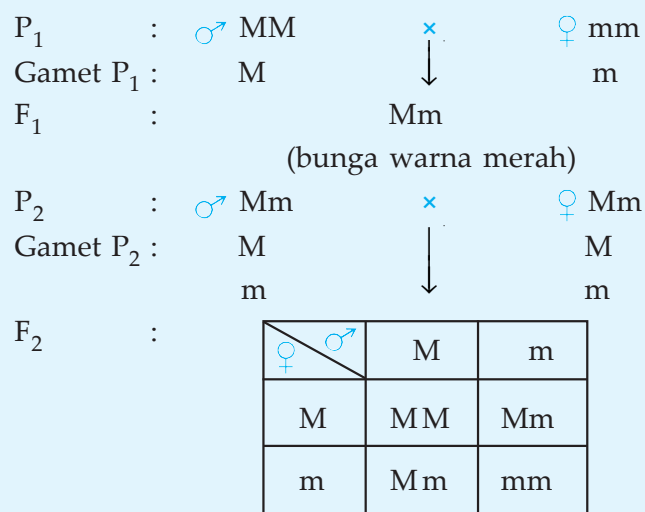
1. Persilangan Monohibrid

Persilangan/perkawinan monohibrid ialah perkawinan antara dua individu dengan memperhatikan satu sifat beda. Percobaan Mendel yang menyilangkan ercis berbatang tinggi dengan ercis berbatang pendek merupakan contoh perkawinan monohibrid.

Setiap makhluk hidup memiliki banyak sifat yang dapat diamati. Untuk memudahkan dalam mempelajari persilangan, kamu boleh hanya memperhatikan salah satu sifat yang dimiliki. Contohnya tanaman ercis memiliki banyak sifat yang mudah diamati seperti sifat tinggi tanaman, warna bunga, kedudukan bunga, bentuk polong, warna polong, bentuk biji, dan warna biji. Jika dilakukan persilangan dengan memperhatikan semua sifat beda itu, maka persilangan akan menjadi rumit. Dalam persilangan monohibrid, hanya diperhatikan salah satu sifat seperti tinggi tanaman saja, warna polong saja, atau sifat yang lain.

a. Sifat Dominan dan Resesif

Perkawinan monohibrid ada yang menunjukkan sifat yang bersifat *dominan* saja atau *resesif* saja, jadi tidak ada sifat yang bersifat antara atau *intermediet*. Contohnya tanaman kacang ercis berbunga merah dikawinkan dengan yang berbunga putih. Turunan pertamanya (F_1) seluruhnya berbunga merah. Apabila turunan pertama disilangkan dengan sesamanya ternyata keturunan kedua (F_2) terdiri atas tanaman ercis berbunga merah dan putih dengan perbandingan 3 : 1. Apabila gen untuk warna merah bunga dilambangkan M, sedangkan gen untuk warna putih dilambangkan m, proses penyilangannya akan tampak sebagai berikut.



Maka terlihat bahwa perbandingan fenotipe F_2 adalah bunga merah : bunga putih = 3 : 1. Sedangkan perbandingan genotipenya adalah MM : Mm : mm = 1 : 2 : 1.

Setiap genotipe yang mengandung M besar, maka akan berwarna merah. Maka gen M dan warna bunga merah bersifat dominan. Namun jika tidak mengandung M, maka termasuk warna putih artinya m bersifat resesif. Juga tidak dihasilkan keturunan yang warna bunganya merah muda (warna antara merah dan putih).

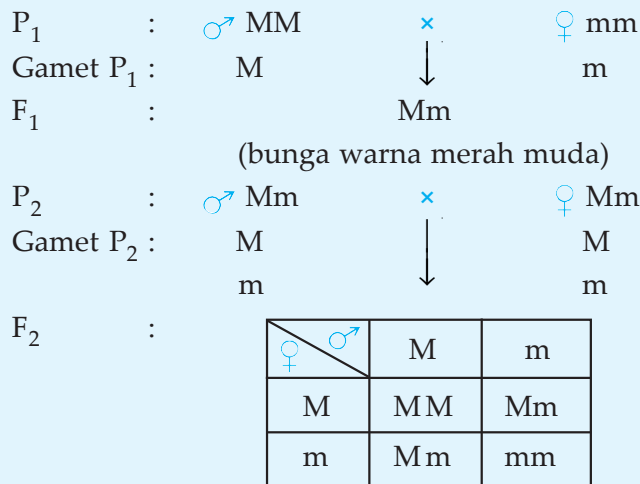
b. Sifat Intermediet

Persilangan monohibrid tidak selalu memperlihatkan sifat dominan resesif, tapi ada pula keturunan yang mempunyai sifat diantara keduanya. Contohnya pada perkawinan silang tanaman bunga pukul empat (*Mirabilis jalapa*). Jika sebuk sari berasal dari tanaman homozigot berbunga merah (genotipe MM) disilangkan dengan putik dari tanaman homozigot berbunga putih (genotipe mm). Diagram persilangannya dapat digambarkan sebagai berikut.

Info Sains

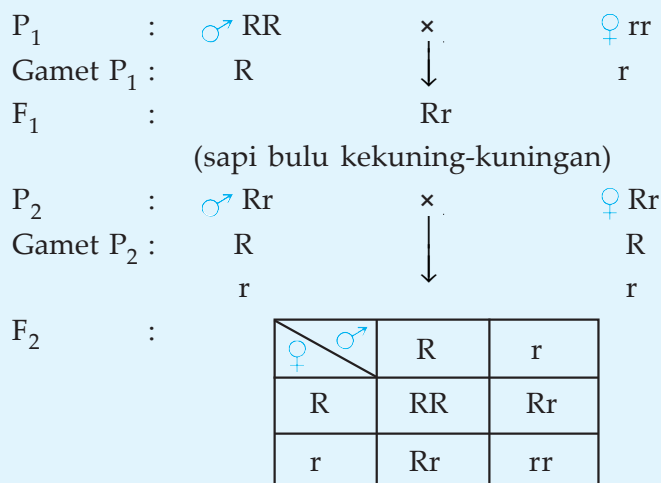
Pemanfaatan Sifat Intermediet

Dominansi tidak lengkap atau sifat intermediet dapat dimanfaatkan oleh petani untuk menghasilkan bunga dari spesies yang sama tetapi warna yang berbeda. Para petani dapat melakukan penyerbukan silang antarbunga yang berbeda warna. Namun tidak semua tanaman menunjukkan sifat intermediet pada warna bunganya.



Maka perbandingan fenotipe F_2 adalah bunga merah : bunga merah muda : bunga putih = 1 : 2 : 1. Sedangkan perbandingan genotipenya adalah MM : Mm : mm = 1 : 2 : 1. Warna bunga merah hanya terjadi bila gen M bertemu dengan M. Jika gen m bertemu dengan m dihasilkan bunga warna putih. Namun bila gen M bertemu dengan m dihasilkan keturunan dengan warna gabungan yaitu merah muda. Sifat ini disebut *sifat intermediet*.

Contoh yang lain misalnya pada sapi yang memiliki bulu merah R disilangkan dengan bulu putih r. Persilangannya dapat digambarkan sebagai berikut.



Maka perbandingan fenotipe F_2 adalah sapi bulu merah : sapi bulu kekuning-kuningan : sapi bulu putih = 1 : 2 : 1. Sedangkan perbandingan genotipenya = RR : Rr : rr = 1 : 2 : 1.

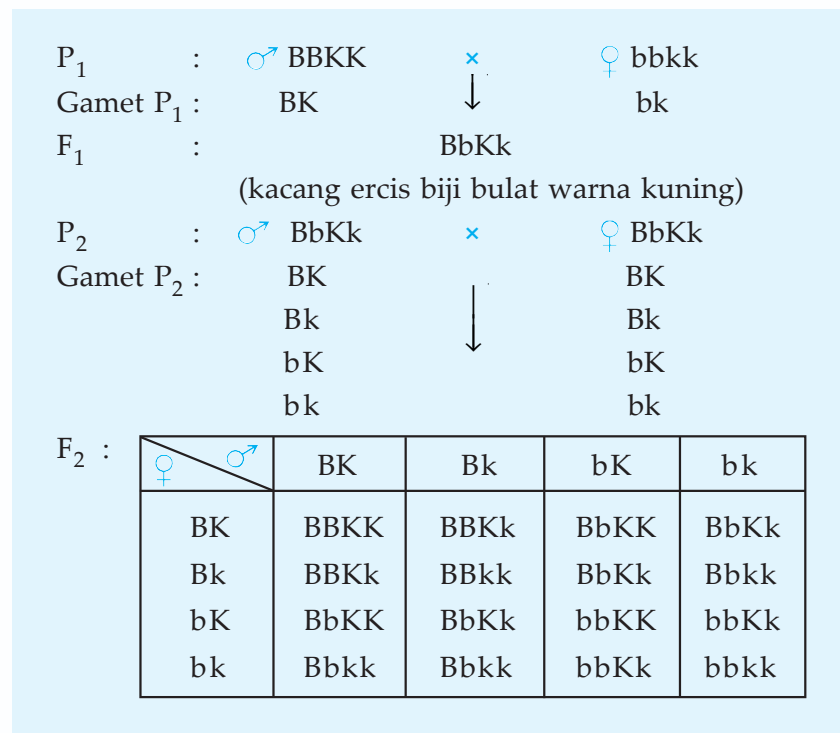
2. Persilangan Dihibrid

Persilangan dihibrid ialah persilangan dengan dua sifat beda. Contohnya hasil percobaan Mendel pada biji tanaman ercis.

Pada biji ercis, kamu dapat mengamati 2 sifat beda, yaitu bentuk biji dan warna biji. Kedua sifat beda itu ditentukan oleh gen-gen sebagai berikut:

- B : gen untuk biji bulat
- b : gen untuk biji keriput
- K : gen untuk biji kuning
- k : gen untuk biji hijau

Jika tanaman ercis berbiji bulat - kuning homozigot (BBKK) disilangkan dengan tanaman ercis berbiji keriput - hijau (bbkk), maka semua tanaman F_1 berbiji bulat - kuning. Apabila tanaman-tanaman F_1 ini dibiarkan menyerbuk sendiri, maka tanaman ini akan membentuk 4 macam gamet baik jantan maupun betina, masing-masing dengan kombinasi BK, Bk, bK, dan bk. Perhatikan diagram persilangan berikut.



Pada F_2 diperoleh $4 \times 4 = 16$ kombinasi, terdiri atas empat macam fenotipe yaitu tanaman berbiji bulat - kuning (9/16), berbiji bulat-hijau (3/16 bagian), berbiji keriput - kuning (3/16 bagian), dan berbiji keriput - hijau (1/16 bagian).

Jadi, pada persilangan dihibrid dapat disimpulkan bahwa pada F_2 diperoleh:

- a. jumlah kombinasi : 16 macam
- b. jumlah genotipe : 9 macam
- c. jumlah fenotipe : 4 macam
- d. rasio perbandingan fenotipe antara biji bulat - kuning : biji bulat - hijau : biji keriput - kuning : biji keriput - hijau adalah 9 : 3 : 3 : 1.

Tabel 3.2 Sifat genotipe dan fenotipe turunan kedua (F₂).

No.	Genotipe	Fenotipe	Jumlah
1.	BBKK	bulat - kuning	1
2.	BBKk	bulat - kuning	2
3.	BbKK	bulat - kuning	2
4.	BbKk	bulat - kuning	4
5.	Bbkk	bulat - hijau	2
6.	BBkk	bulat - hijau	1
7.	bbKk	keriput - kuning	2
8.	bbKK	keriput - kuning	1
9.	Bbkk	keriput - hijau	1

3. Perkembangan dengan Sifat Ajek

Sifat ajek merupakan sifat yang terus-menerus diwariskan oleh induk kepada keturunannya tanpa adanya perubahan. Contoh tanaman yang memiliki sifat ajek adalah tanaman apel yang berbuah besar, berasa manis, dan tahan terhadap penyakit. Apabila individu betina dan jantan memiliki sifat ketiga tersebut lalu mengadakan persilangan, maka kemungkinan keturunannya juga memiliki sifat berbuah besar, berasa manis, dan tahan terhadap penyakit. Hal ini mengandung ketentuan bahwa sifat buah besar dominan terhadap buah tidak besar, sifat rasa manis dominan terhadap sifat rasa tidak manis, dan sifat tahan terhadap penyakit dominan terhadap sifat yang rentan penyakit. Tentunya kedua individu yang dipersilangkan adalah individu homozigot.

Perhatikan contoh persilangannya dengan dua sifat beda (persilangan dihibrid) berikut ini. Misalnya gen yang menentukan buah besar adalah M dan gen yang menentukan rasa manis adalah M.

Sifat berbuah besar : BB (homozigot, dominan)

Sifat berasa manis : MM (homozigot, dominan)

P ₁	:	♂ BBMM	×	♀ BBMM
Gamet P ₁	:	BM	↓	BM
		BM	↓	BM
F ₁	:	BBMM, BBMM, BBMM, BBMM		

Pada persilangan di atas, terlihat kemungkinan sifat F₁ sama semua, yaitu BBMM yang berarti berbuah besar dan berasa manis. Apabila persilangan diulang lagi sampai F₂, maka akan menghasilkan keturunan yang sama, hingga pada persilangan seterusnya (F_n) akan mempunyai keturunan yang sama. Inilah yang disebut perkembangbiakan dengan sifat ajek.

Contoh tanaman lain yang hampir dapat dipastikan keajekannya adalah tanaman yang dikembangbiakkan secara vegetatif dan kloning. Misalnya umbi lapis pada bawang merah,

Info Sains

Persilangan Anggrek

Anggrek sangat mudah disilangkan antarberbagai jenis, baik secara alamiah maupun buatan, sehingga disebut sebagai tanaman yang memiliki banyak silangan.

cangkok pada mangga, dan stek pada ubi kayu. Tetapi kamu harus ingat bahwa gen bukan satu-satunya faktor yang menentukan sifat suatu organisme. Di kelas VIII bab 1 kamu telah mengetahui bahwa nutrisi dan faktor lingkungan memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan organisme. Jadi faktor yang menentukan sifat organisme adalah gen, nutrisi, dan lingkungan.

4. Peranan Persilangan bagi Kehidupan Manusia

Persilangan merupakan cara yang penting dalam pemuliaan untuk menghasilkan bibit hewan maupun tanaman yang unggul. Jika kamu mempunyai tanaman jeruk yang berbuah kecil tapi manis dan tanaman jeruk berbuah besar tapi masam dan kamu menginginkan memperoleh tanaman jeruk dengan buah yang besar dan rasa yang manis, maka kamu dapat menyilangkannya. Diharapkan diperoleh keturunan yang berbuah besar dan rasanya manis. Jika sudah diperoleh, tanaman ini kemudian diperbanyak secara vegetatif agar sifatnya tidak berubah. Jadi penemuan bibit tanaman ataupun hewan yang unggul dapat diperoleh melalui proses persilangan.

Tugas 3.2

Pada kelinci, bulu hitam (H) dominan terhadap bulu putih (h). Bulu kasar (R) dominan terhadap bulu halus (r). Seekor kelinci bulu hitam kasar dikawinkan dengan kelinci bulu putih halus. Semua keturunan pertamanya (F_1) berbulu hitam kasar. Jika keturunan pertama dikawinkan sesamanya, tentukan genotipe, fenotipe, dan perbandingan fenotipe yang dihasilkan pada F_2 . Diskusikan dengan temanmu untuk membuat diagram persilangan.



C Pewarisan Sifat pada Manusia

Pada manusia telah diketahui cukup banyak sifat yang diturunkan, misalnya albino, kemampuan merasakan rasa pahit atau tes *phenyl thiocarbamida* (PTC), mata biru, rambut ikal, ayun, dan kencing manis. Berikut ini beberapa contoh sifat dan penyakit keturunan pada manusia dan cara pewarisannya.

1. Albino

Penderita albino mempunyai gangguan pada pembentukan pigmen melanin, sehingga rambut dan kulitnya berwarna putih (bule). Penglihatan penderita albino juga sangat peka terhadap cahaya. Sifat albino dikendalikan oleh gen resesif a, sedangkan alelnya gen A menentukan sifat yang normal. Jadi penderita albino mempunyai genotipe aa, sedangkan orang yang normal mempunyai fenotipe AA atau Aa.

Coba kamu buat diagram perkawinan jika seorang pria normal homozigot (AA) menikah dengan wanita albino (aa). Berapa persen kemungkinan mempunyai anak yang menderita albino?



Gambar 3.4 Pembentukan melanin pada penderita albino mengalami abnormalitas.

Sumber: Microsoft Student, 2006

2. Sifat Pengecap PTC

Suatu bahan kimia sintetis *phenyl thiocarbamida* (PTC) dapat digunakan untuk menyelidiki apakah orang dapat merasakan rasa pahit atau tidak. Orang yang dapat mengecap rasa pahitnya PTC disebut pengecap (*taster*), sedang yang tidak merasakan pahitnya PTC disebut buta kecap (*nontaster*). Kemampuan untuk merasakan rasa pahit ditentukan oleh gen dominan T, sehingga seorang pengecap dapat mempunyai genotipe TT atau Tt. Alelnya resesif t menyebabkan orang tidak merasakan pahitnya PTC. Jadi orang yang buta kecap memiliki genotipe tt.

Coba, buatlah diagram perkawinan dari pasangan suami dan istri yang memiliki sifat pengecap yang heterozigotik. Tentukan pula ratio genotipe dan fenotipe anak/keturunan mereka.

3. Kencing Manis (*Diabetes Melitus*)

Pada bab 1 kamu telah mempelajari kencing manis sebagai kelainan pada sistem ekskresi ginjal. Kencing manis atau sakit gula adalah suatu penyakit metabolisme pada tubuh manusia yang disebabkan karena pankreas kurang menghasilkan insulin. Akibatnya kadar gula dalam darah tinggi sekali dan sebagian dibuang melalui air kencing. Penyakit kencing manis dapat membahayakan jiwa penderitanya, misalnya dapat mengakibatkan luka sukar disembuhkan.

Dahulu penyakit ini diduga disebabkan oleh pola makanan yang tidak teratur, tidur tidak teratur, dan gaya hidup. Namun penyelidikan lebih lanjut diketahui bahwa kencing manis disebabkan oleh kurangnya produksi insulin dari pankreas. Sifat ini ditentukan oleh gen resesif d. Jika seseorang pada suatu waktu diketahui menderita diabetes, sedangkan kedua orang tuanya normal, maka dapat dipastikan bahwa kedua orang tua itu heterozigotik.

Coba kamu buat diagram persilangan antara kedua orang tua yang gennya heterozigotik. Tentukan genotipe, fenotipe, dan perbandingan genotipe dan fenotipe dari keturunannya.

4. Golongan Darah

Kamu sudah mempelajari golongan darah sistem AB0 di kelas VIII. Hubungan antara fenotipe dan genotipe golongan darah dapat digambarkan pada **Tabel 3.3**.

Tabel 3.3 Genotipe dan fenotipe pada golongan darah sistem AB0.

Fenotipe Golongan Darah	Genotipe	Kemungkinan Macam Sel Gamet
A	$I^A I^A, I^A I^0$	I^A, I^0
B	$I^B I^B, I^B I^0$	I^B, I^0
AB	$I^A I^B$	I^A, I^B
0	$I^0 I^0$	I^0
4 macam	6 macam	3 macam

Info Sains

Perkawinan Sekerabat

Pernikahan dengan keluarga dekat memiliki kemungkinan yang lebih besar untuk memperoleh gen resesif daripada pernikahan tanpa ikatan saudara, sehingga keturunannya dikhawatirkan membawa sifat penyakit menurun.



Gambar 3.5 Olahraga secara teratur sangat berguna bagi penderita diabetes melitus.

Sumber: Dokumen Penerbit

Berdasarkan uraian tabel tersebut dapat dijelaskan bahwa keberadaan antigen A dikendalikan oleh gen I^A , antigen B dikendalikan gen I^B . Gen I^0 bersifat resesif terhadap gen I^A maupun gen I^B .

Coba, buatlah diagram perkawinan dari orang tua yang bergolongan darah AB dan 0. Berapa peluang memiliki anak bergolongan darah B? Mungkin pasangan suami istri yang bergolongan darah A mempunyai anak bergolongan darah 0 dan B?

5. Kelainan Bawaan pada Manusia Bersifat Menurun

Beberapa kelainan pada manusia diturunkan melalui autosom atau kromosom seks baik bersifat dominan ataupun resesif. Kelainan yang diwariskan melalui kromosom seks antara lain buta warna dan hemofili. Kedua kelainan ini diwariskan melalui kromosom X. Sedangkan penyakit keturunan yang diwariskan melalui autosom dominan antara lain jari pendek (*brakhidaktili*), jari bergabung (*sindaktilli*), dan jari lebih dari lima (*polidaktili*).

a. Buta Warna

Gen buta warna terpaut pada kromosom X dan bersifat resesif (c). Gen normal (C) bersifat dominan terhadap gen buta warna (c). Gen buta warna akan berpengaruh dan menyebabkan buta warna ketika tidak bersama dengan gen normal (C). Maka kemungkinan genotipe yang dapat terjadi sebagai berikut.

- X^cY : pria buta warna
- X^CY : pria normal
- X^CX^C : wanita normal
- X^CX^c : wanita pembawa sifat buta warna (*karier*)
- X^cX^c : wanita buta warna

Jadi jika seorang pria buta warna menikah dengan wanita normal, kemungkinan keturunannya adalah sebagai berikut.

P_1	:	$\text{♀ } X^C X^C$	×	$\text{♂ } X^c Y$						
Gamet P_1	:	X^C	↓	X^c Y						
F_1	:	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center; width: 100px;"> <tr> <td style="padding: 5px;">$\text{♀ } \diagup \text{♂}$</td> <td style="padding: 5px;">X^c</td> <td style="padding: 5px;">Y</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">X^C</td> <td style="padding: 5px;">$X^C X^c$</td> <td style="padding: 5px;">$X^C Y$</td> </tr> </table>			$\text{♀ } \diagup \text{♂}$	X^c	Y	X^C	$X^C X^c$	$X^C Y$
$\text{♀ } \diagup \text{♂}$	X^c	Y								
X^C	$X^C X^c$	$X^C Y$								

Hasilnya adalah $X^C X^c$ yaitu wanita normal tetapi karier (membawa sifat) buta warna dan $X^C Y$ yaitu pria dengan penglihatan normal. Coba kamu buat diagram perkawinan jika seorang pria buta warna menikah dengan wanita normal tetapi karier buta warna.

b. Hemofili

Hemofili ialah penya kit keturunan pada manusia yang menyebabkan darah sukar membeku ketika terjadi luka. Hal ini disebabkan karena tidak adanya faktor pembeku darah. Hemofili diwariskan melalui kromosom X dengan gen

Info Sains

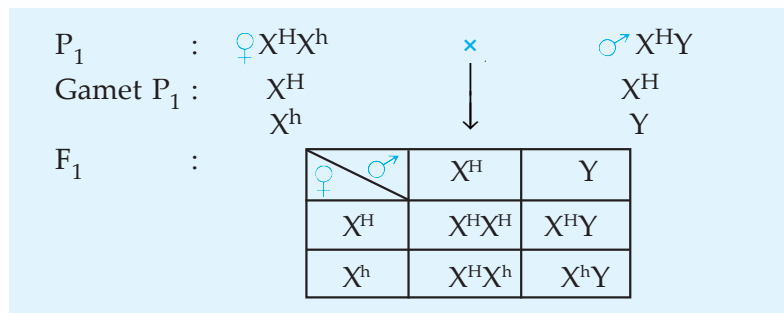
Buta Warna

Orang yang buta warna mengalami gangguan salah satu tipe sel kerucut (sensor warna), untuk mendeteksi warna merah, hijau, atau biru. Gejala buta warna yang paling umum adalah buta warna hijau dan merah. Yaitu ketidakmampuan untuk membedakan kedua warna tersebut.

penyebab hemofili yang bersifat resesif. Gen hemofili (h) bersifat resesif terhadap gen normal (H). Gen H dan gen h tersebut terpaut pada kromosom X, bukan kromosom Y. Hemofili akan muncul jika gen h tidak bersama gen H. Sehingga pria yang menderita hemofili akan memiliki kromosom seks dengan genotipe X^hY . Wanita hemofili tidak dijumpai karena bersifat letal (mati dalam kandungan). Genotipe yang mungkin terjadi ialah sebagai berikut.

- X^HY : pria normal
- X^hY : pria hemofili
- X^HX^H : wanita normal
- X^HX^h : wanita pembawa sifat hemofili (karier hemofili)
- X^hX^h : wanita hemofili (bersifat letal/mati)

Jika seorang wanita normal karier menikah dengan pria normal, akan diperoleh keturunan sebagai berikut.



- Fenotipe F_1 adalah:
- X^HX^H : wanita normal
 - X^HX^h : wanita karier hemofili
 - X^HY : pria normal
 - X^hY : pria hemofili

Dari diagram di atas, tampak bahwa fenotipe yang dihasilkan adalah 75% normal dan 25% hemofili. Yang berfenotipe normal (75%) terdiri dari satu orang wanita normal, satu orang pria normal, dan satu orang wanita normal karier.

c. Jari Lebih (*Polidaktili*)

Polidaktili ditentukan oleh gen dominan P, sedang alelnya resesif p menentukan jari normal. Penderita polidaktili mempunyai jari tangan atau jari kaki (atau jari tangan dan kaki) lebih dari 5. Coba kamu buat diagram perkawinan jika seorang ibu normal mempunyai suaminya penderita polidaktili. Bagaimanakah kemungkinan genotipe dan fenotipe keturunannya?



Gambar 3.6 Penderita *polidaktili* mempunyai kalainan pada jumlah jari pada kaki atau tangan.

Sumber: Dokumen Penerbit

Latihan 3.1

1. Mengapa tidak dijumpai wanita penderita hemofili yang hidup sampai dewasa?
2. Penyakit genetik dapat dicegah, antara lain dengan menghindari perkawinan dengan kerabat dekat, misalnya perkawinan dengan saudara kandung atau saudara sepupu. Diskusikan dengan temanmu, mengapa perkawinan dengan kerabat dekat dapat menyebabkan munculnya penyakit keturunan.

Rangkuman

- Gen dan kromosom merupakan substansi yang bertanggung jawab terhadap pewarisan sifat kepada keturunannya. Gen terdapat di dalam lokus-lokus kromosom, dan kromosom pada sel eukariotik terdapat di dalam inti sel.
- Jumlah kromosom setiap makhluk hidup berbeda-beda. Kromosom pada sel tubuh umumnya bersifat diploid ($2n$), sedangkan kromosom pada sel kelamin bersifat haploid (n). Kromosom yang menentukan sifat selain jenis kelamin disebut autosom, sedangkan sel yang menentukan jenis kelamin suatu individu disebut gonosom atau kromosom seks.
- Persilangan monohibrid adalah persilangan dengan memperhatikan satu sifat beda. Perbandingan genotipe pada F_2 adalah $1 : 2 : 1$. Persilangan monohibrid ada yang bersifat dominan – resesif (perbandingan fenotipe $F_2 = 3 : 1$) dan ada yang bersifat intermediet (perbandingan fenotipe $F_2 = 1 : 2 : 1$)
- Persilangan dihibrid merupakan persilangan dengan memperhatikan dua sifat beda. Perbandingan fenotipe pada F_2 adalah $9 : 3 : 3 : 1$.
- Pada manusia, terdapat beberapa sifat dan penyakit yang bersifat menurun. Misalnya adalah albino, sifat pengecap PTC, kencing manis, golongan darah, buta warna, hemofili, dan polidaktili. Penyakit genetik bersifat menurun dan tidak dapat disembuhkan, tetapi dapat dihindari dengan memperhatikan silsilah keluarga.

Refleksi

Kamu telah selesai mempelajari materi **Pewarisan Sifat** dalam bab ini. Sebelum melanjutkan pelajaran bab IV, lakukan evaluasi diri dengan menjawab beberapa pertanyaan di bawah ini. Jika semua pertanyaan dijawab dengan 'ya', berarti kamu telah menguasai bab ini dengan baik. Namun jika ada pertanyaan yang dijawab dengan 'tidak', kamu perlu mempelajari lagi materi yang berkaitan dengan pertanyaan itu. Jika ada kesulitan atau ada hal-hal yang sukar dimengerti, bertanyalah kepada Bapak/Ibu Guru.

1. Apakah kamu dapat menjelaskan cara pewarisan sifat pada makhluk hidup?
2. Dapatkah kamu menjelaskan diagram persilangan monohibrid dan dihibrid serta menganalisa sifat genotipe dan fenotipe keturunannya?
3. Dapatkah kamu memberi contoh sifat-sifat yang diturunkan secara genetik dari orang tua kepada anaknya?
4. Dapatkah kamu menunjukkan beberapa kelainan bawaan pada manusia yang bersifat menurun?

Latih Kemampuan 3

Kerjakan di buku tugasmu!

I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Sifat warna ungu dan buahnya manis merupakan contoh
 - a. genotipe
 - b. persilangan
 - c. fenotipe
 - d. mutasi
2. Faktor pembawa sifat yang diwariskan dari induk pada keturunannya disebut
 - a. nukleus
 - b. lokus
 - c. alel
 - d. gen

3. Di dalam kromosom, gen menempati tempat-tempat tertentu yang disebut
 - a. sentromer
 - b. alel
 - c. lokus
 - d. aster
4. Kromosom yang menentukan jenis kelamin suatu individu disebut
 - a. kromosom tubuh
 - b. gonosom
 - c. autosom
 - d. haploid
5. Berikut ini yang bukan alasan Mendel menggunakan tanaman ercis untuk percobaannya adalah
 - a. memiliki pasangan-pasangan sifat yang kontras
 - b. merupakan bahan sayuran yang mudah ditemukan
 - c. mampu melakukan penyerbukan sendiri
 - d. cepat menghasilkan keturunan
6. Persilangan dua individu yang bersifat intermediet antara warna merah dan putih akan menghasilkan F_2 dengan warna
 - a. merah, merah muda, dan putih
 - b. merah muda dan merah
 - c. merah muda dan putih
 - d. merah dan putih
7. Pada kelinci, bulu hitam (H) dominan terhadap bulu putih (h). Bulu kasar (R) dominan terhadap bulu halus (r). Seekor kelinci bulu hitam kasar dikawinkan dengan kelinci bulu putih halus. Semua keturunan pertamanya (F_1) berbulu hitam kasar. Jika keturunan pertama dikawinkan sesamanya perbandingan fenotif kelinci bulu hitam kasar : hitam halus : putih kasar : putih halus yang dihasilkan pada F_2 ialah....
 - a. 9 : 3 : 3 : 1
 - b. 12 : 3 : 1
 - c. 9 : 6 : 1
 - d. 15 : 1
8. Tumbuhan kacang ercis berbunga merah (MM) disilangkan dengan kacang ercis berbunga putih (mm). Keturunan pertamanya menghasilkan ercis dengan genotipe
 - a. MM
 - b. Mm
 - c. mm
 - d. MP
9. Persilangan antara mangga berbuah besar manis (BBMM) dengan mangga berbuah kecil masam (bbmm) akan menghasilkan F_1 dengan genotipe
 - a. BBmm
 - b. BbMm
 - c. BbMM
 - d. bbMM
10. Sifat keriting ditentukan oleh gen K dan bersifat dominan terhadap rambut lurus yang ditentukan oleh gen k. Persentase munculnya individu keriting bila terjadi perkawinan antara $Kk \times kk$ adalah
 - a. 25%
 - b. 75%
 - c. 50%
 - d. 100%
11. Jika disilangkan 2 individu galur murni untuk kedua sifat tersebut, kemudian keturunannya disilangkan dengan sesamanya, maka
 - a. 100%
 - b. 50%
 - c. 75%
 - d. 25%
12. Tiga jenis kelainan pada manusia yang biasa diturunkan dari generasi sebelumnya adalah
 - a. buta warna, anemia, dan leukemia
 - b. kencing manis, polio, dan epilepsi
 - c. buta warna, epilepsi, dan polio
 - d. kencing manis, buta warna, dan hemofili
13. Apabila kita mengadakan perkawinan silang maka keturunannya mempunyai sifat tertentu. Bila pada keturunannya hanya satu sifat yang tampak, maka sifat yang tampak ini disebut
 - a. intermediet
 - b. dominan
 - c. resesif
 - d. genotipe
14. Penyakit keturunan pada manusia yang terpaut dengan kromosom seks contohnya
 - a. albino
 - b. buta warna
 - c. brakhidaktili
 - d. diabetes melitus
15. Jika seorang wanita bergolongan darah A menikah dengan laki-laki bergolongan darah AB, maka jenis golongan darah yang tidak mungkin dijumpai pada anaknya adalah
 - a. A
 - b. B
 - c. AB
 - d. 0

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan tepat!

1. Jelaskan mengapa Mendel menggunakan kacang ercis dalam penelitiannya?
2. Seorang petani menyilangkan dua tanaman jeruk nipis dari galur murni. Tanaman jeruk nipis pertama berbuah lebat dan yang kedua berbuah jarang. Hasil persilangan ini adalah tanaman jeruk nipis berbuah lebat.
 - a. Tuliskan genotipe dari kedua induk tanaman jeruk di atas!
 - b. Tuliskan genotipe dari keturunan pertamanya (F_1)!
 - c. Bila tanaman jeruk nipis keturunan pertama disilangkan dengan sesamanya (F_1), buatlah diagram persilangannya!
 - d. Tuliskan semua genotipe dan fenotipe pada keturunan kedua (F_2)!
 - e. Berapakah perbandingan fenotipe pada F_2 ?
3. Suatu makhluk hidup memiliki genotipe BbMm.
 - a. Tentukan banyaknya gamet dan jenisnya!
 - b. Apabila B gen untuk ukuran besar dan m untuk rasa masam, maka tentukan fenotipe makhluk hidup itu?
4. Budi bergenotipe TtPp, di mana gen T = tinggi dan gen P = putih. Sebutkan gamet yang terbentuk dari Budi dan sebutkan fenotipe Budi itu!
5. Dua jenis sapi dikawinkan. Sapi A berfenotipe daya beranak tinggi dan produksi susu tinggi dengan genotipe AaTt. Sapi B berfenotipe daya beranak rendah produksi susu rendah, dengan genotipe aatt.
 - a. Tentukan banyaknya sapi yang beranak tinggi dan produksi susu tinggi!
 - b. Tentukan banyaknya sapi yang beranak tinggi dan produksi susu rendah!
 - c. Tentukan banyaknya sapi yang daya beranak rendah dan produksi susu tinggi!
 - d. Tentukan banyaknya sapi yang daya beranak rendah dan produksi susu rendah!

Wacana Sains

Penyakit Genetis Iktiosis

Sampai bulan November 2006, di daerah Bali terdapat 26 penderita iktiosis. Selain di Bali, juga pernah dijumpai di Probolinggo, Jawa Timur. Penderita mempunyai kulit bersisik di sekujur tubuh, mirip kulit ular. Kulit itu terasa gatal, memerah, mengeras, dan mengelupas terutama di musim kemarau. Jika kulit yang gatal itu digaruk, akan terkelupas dan berdarah. Kondisi ini timbul sejak lahir dan konsisten selama bertahun-tahun.

Menurut **dr AAGP Wiraguna**, spesialis penyakit kulit dari RSUP Sanglah, Denpasar, penyakit kulit itu diturunkan secara genetis. Materi genetis orang tua mengalami mutasi (perubahan struktur dan sifat) dan diturunkan kepada anaknya sehingga mengganggu jaringan yang mendukung kulit. Jenis iktiosis bermacam-macam, ada yang ringan dan ada yang parah. Pada jenis iktiosis parah, dapat menyebabkan kematian beberapa hari setelah bayi dilahirkan. Sampai saat ini iktiosis belum dapat disembuhkan. Tetapi ada obat penghambat agar kulit tidak mudah mengelupas.

Berdasarkan penelusuran silsilah keturunan, diketahui bahwa hampir semua orang tua penderita iktiosis memiliki pertalian darah (suami – istri berasal dari kerabat dekat). Menurut Wiraguna, perkawinan antarkerabat dekat memang cenderung berdampak negatif. Gen-gen resesif atau yang berkaitan dengan sifat-sifat lemah berpeluang lebih besar untuk bersatu dan terwujud dalam berbagai penyakit, termasuk iktiosis. Jadi, sebisa mungkin kamu harus menghindari perkawinan dengan kerabat dekat.

Sumber: *Tempo*, 13 – 19 November 2006

Bab IV

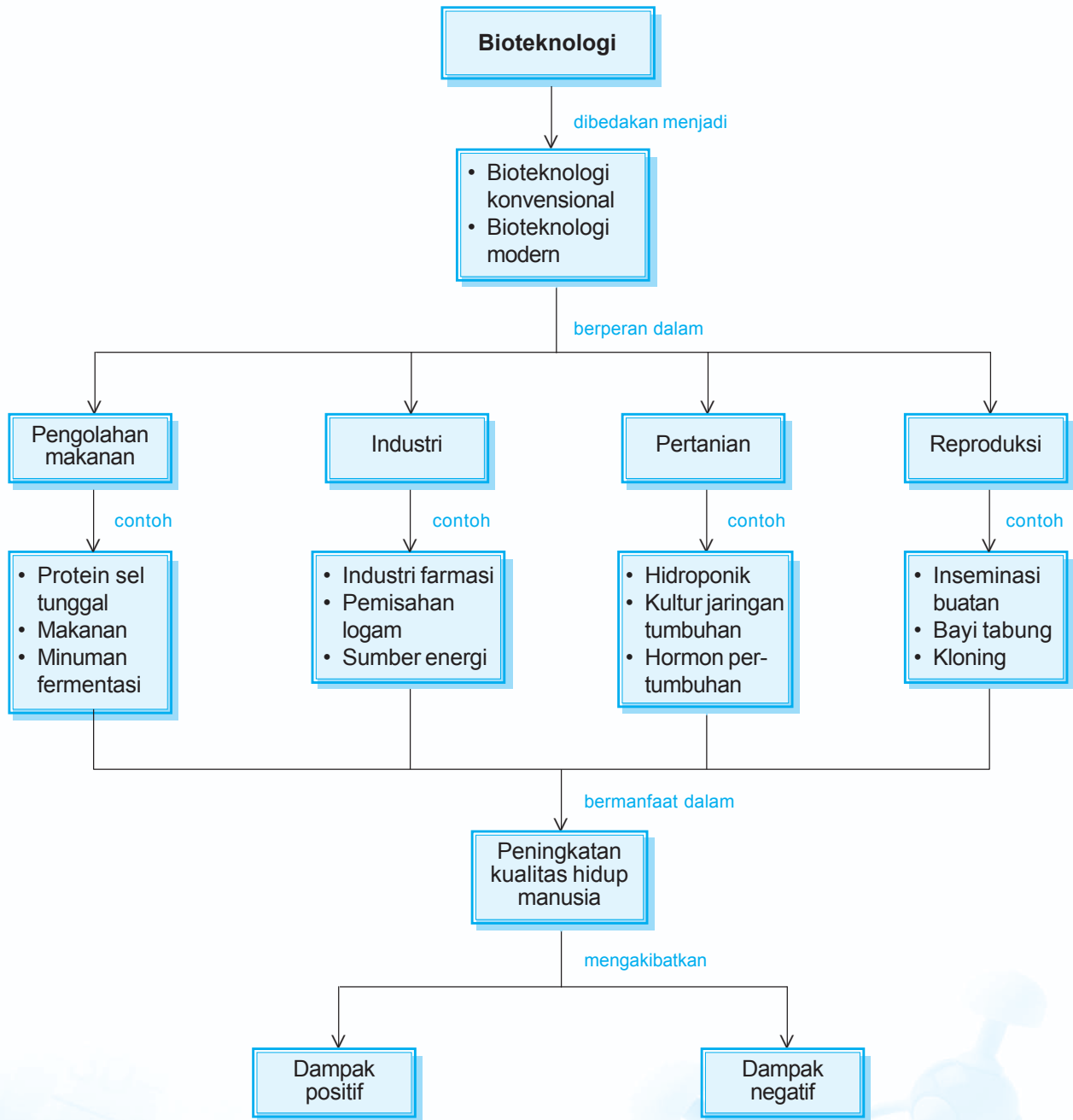
Bioteknologi



Tempe adalah salah satu produk bioteknologi pangan yang mudah kamu jumpai sehari-hari. Penerapan bioteknologi dimaksudkan untuk mempermudah manusia dalam memenuhi kebutuhan kehidupannya. Tahukah kamu, apakah yang dimaksud bioteknologi? Produk bioteknologi apa saja yang sering kamu gunakan dalam kehidupan sehari-hari?

Pada bab ini kamu akan mempelajari bioteknologi dan penerapannya dalam mendukung kelangsungan hidup manusia, khususnya dalam bidang produksi pangan. Setelah mempelajari bab ini diharapkan kamu dapat mendeskripsikan pengertian bioteknologi dan memberikan contoh produk-produk bioteknologi, khususnya bioteknologi yang berkaitan dengan produksi pangan.

Peta Konsep



Kata Kunci

- mikroorganism
- fermentasi
- kultur
- reproduksi

Tahukah kamu apa yang disebut dengan bioteknologi? Bioteknologi merupakan cabang ilmu biologi yang mempelajari pemanfaatan organisme, sistem, atau proses biologi untuk menghasilkan produk berupa barang atau jasa yang berguna untuk meningkatkan kesejahteraan manusia. Perkembangan bioteknologi didukung oleh perkembangan cabang ilmu yang lain yaitu mikrobiologi, genetika, fisika, kimia biokimia, fisiologi, dan lain-lain. Bioteknologi memberikan harapan besar untuk meningkatkan kesejahteraan manusia dengan berbagai terobosan yang dilakukannya.

Bioteknologi telah dimanfaatkan sejak lama. Contohnya adalah pembuatan makanan dengan cara fermentasi seperti membuat tapai, peuyem, tuak, anggur sari buah, dan brem telah dilakukan bangsa Indonesia sejak dulu. Mikroorganisme sangat berperan dalam proses bioteknologi, karena mempunyai sifat dan kemampuan yang unik. Pada bab ini kamu akan mempelajari berbagai jenis pemanfaatan mikroorganisme.

Bioteknologi terus berkembang, dari bioteknologi sederhana/konvensional menjadi bioteknologi modern. Untuk memudahkan mengenal bioteknologi, kamu harus dapat membedakan bioteknologi modern dan bioteknologi tradisional/konvensional. Perbedaannya terletak pada prinsip-prinsip ilmiah yang digunakan. Bioteknologi konvensional masih menggunakan prinsip-prinsip ilmiah yang sederhana. Sedangkan bioteknologi modern telah menggunakan prinsip-prinsip genetika dan biologi molekuler. Jadi dalam bioteknologi konvensional belum melibatkan rekayasa genetika dan bioteknologi modern telah melibatkan rekayasa genetika.



A Pemanfaatan Mikroorganisme dalam Bioteknologi

Mikroorganisme yang berperan dalam bioteknologi contohnya virus, bakteri, alga, jamur, maupun protozoa. Alasan penggunaan mikroorganisme dalam bioteknologi adalah perkembangannya sangat cepat, kemampuan metabolismenya sangat tinggi, dapat tumbuh di berbagai media, dapat tumbuh dan berkembang tanpa terpengaruh cuaca dan iklim, pertumbuhannya mudah dikontrol, dan sifat genetisnya mudah dimodifikasi. Oleh karena itu dalam proses bioteknologi, mikroorganisme ditumbuhkan dalam kondisi yang optimum sehingga efisiensi produksi sangat tinggi.

1. Pemanfaatan Mikroorganisme untuk Produksi Pangan

Berbagai jenis mikroorganisme bersifat menguntungkan dan berguna untuk produksi bahan pangan manusia. Kamu tentu mengenal makanan seperti yoghurt, acar, sosis, roti, keju, tempe, oncom, kecap, dan tapai. Semua makanan tersebut memanfaatkan mikroorganisme dalam pembuatannya.



Gambar 4.1 Tempe dan peuyem merupakan produk bioteknologi konvensional.

Sumber: Dokumen Penerbit

Mikroorganisme juga dimanfaatkan sebagai penghasil bahan pangan yang berprotein tinggi, atau dikenal sebagai *protein sel tunggal* (PST). Kelebihan mikroorganisme sebagai penghasil protein adalah mudah dibudidayakan, pertumbuhannya sangat cepat, dan kadar proteinnya sangat tinggi yaitu dapat mencapai 80%. Bandingkan dengan protein pada biji kedelai yang kadarnya sekitar 45%. Contoh organisme penghasil PST adalah ganggang *Chlorella* dan *Spirulina*.

Aneka produk makanan memanfaatkan jasa mikroorganisme dalam pengolahannya. Peranan mikroorganisme dalam pengolahan makanan ini adalah mengubah bahan makanan menjadi bentuk lain, sehingga nilai gizinya lebih tinggi, zat gizi lebih mudah diserap dan dimanfaatkan, serta mempunyai cita rasa yang lebih menarik. Perhatikan beberapa contoh jenis makanan dan mikroorganisme yang berperan dalam pengolahannya pada **Tabel 4.1** berikut ini.

Tabel 4.1 Produk makanan dan mikroorganisme yang berperan dalam pengolahannya.

No.	Produk Makanan	Bahan Mentah	Mikroorganisme Pengolah
1.	Berbagai jenis kue	Tepung gandum	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
2.	Kopi	Biji kopi	<i>Erwinia dissolvens</i>
3.	Kecap	Kedelai	<i>Aspergillus wentii</i>
4.	Yoghurt	Susu	<i>Lactobacillus bulgaricus</i> dan <i>L. acidophilus</i>
5.	Keju	Susu	<i>Lactobacillus casei</i>
6.	Nata de coco	Air kelapa	<i>Acetobacter xylinum</i>
7.	Oncom	Kacang tanah	<i>Neurospora crassa</i>
8.	Tape	Umbi ketela pohon atau beras ketan	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
9.	Tempe	Kedelai	<i>Rhizopus oryzae</i>
10.	Sayur asin	Sawi hijau	Bakteri asam laktat.

Untuk mempelajari pemanfaatan mikroorganisme dalam produksi pangan, lakukan **Kegiatan 4.1** berikut ini.

Kegiatan 4.1

Membuat Anggur Sari Buah

Tujuan

Mempelajari pembuatan anggur sari buah nanas.

Alat dan Bahan

1. Buah nanas yang matang dan masih keras
2. Pisau
3. Piring untuk memeras
4. Air masak
5. Gula pasir secukupnya

6. Botol bekas selai atau kopi
7. Kain atau kertas bersih
8. ragi atau biakan *Saccharomyces cerevisiae*

Langkah Kerja

1. Cucilah buah nanas dengan air bersih lalu dipotong kecil-kecil atau dihancurkan. Peraslah nanas untuk mengeluarkan jusnya.
2. Jus nanas yang diperoleh dicampur dengan air dan gula pasir dengan perbandingan 6 : 3 : 1. Aduklah campuran hingga merata.
3. Masukkan campuran ke dalam botol sampai terisi setengah dan tambahkan sedikit ragi. Tutuplah botol dengan kain atau kertas.
4. Simpan di tempat aman selama 2 – 3 minggu sampai ada lapisan putih di bagian atasnya, kemudian amatilah produk yang dihasilkan.

Pertanyaan

1. Bagaimanakah sifat produk fermentasi (anggur sari buah) yang kamu hasilkan dengan bahan mentahnya (nanas)?
2. Apa yang dapat kamu simpulkan dari kegiatan di atas?

Pemanfaatan mikroorganisme sebagai pengolah bahan makanan telah lama dikenal dan dilakukan oleh banyak orang. Misalnya, digunakan untuk membuat tape, tempe, kecap, dan sebagainya. Berikut ini adalah beberapa contoh peran mikroorganisme sebagai pengolah makanan.

a. Pemanfaatan Mikroorganisme untuk Membuat Kue/Roti

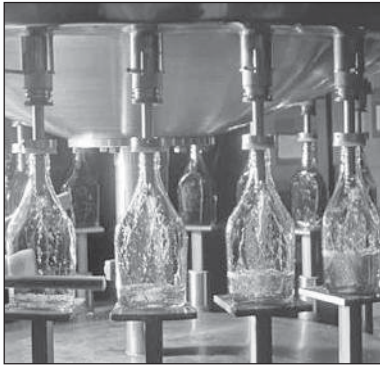
Pernahkah kamu membuat kue atau menyaksikan proses pembuatan kue atau roti? Bahan-bahan apa sajakah yang diperlukan? Dalam pembuatan kue, pada adonan tepung ditambahkan ragi ke dalam adonan tersebut dan dibiarkan beberapa saat. Di dalam ragi terdapat jamur *Saccharomyces cereviceae*. Jamur ini akan berkembang biak dengan cepat dalam substrat tepung dan memfermentasi adonan gula (glukosa). Dalam proses fermentasi ini dihasilkan gelembung-gelembung gas karbon dioksida. Keluarnya gas inilah yang menyebabkan adonan kue atau roti dapat mengembang.

b. Mikroorganisme untuk Membuat Asinan

Asinan atau acar merupakan hasil fermentasi bakteri asam laktat (*Lactobacillus bulgaricus*) yang memberi rasa masam dan sedikit asin pada bahan-bahan seperti kubis, mentimun, dan lobak. Pada umumnya, pembuatan acar dilakukan secara terbuka sehingga memungkinkan bakteri aerob mengubah rasa menjadi masam.

c. Mikroorganisme untuk Membuat Minuman dan Alkohol

Mikroorganisme yang banyak digunakan untuk membuat minuman dan alkohol adalah kelompok jamur anaerob. Substrat yang digunakan jamur berupa zat tepung atau karbohidrat. Jamur akan menghasilkan semacam enzim



Gambar 4.2 Mikroorganisme banyak dimanfaatkan untuk membuat minuman fermentasi.

Sumber: Microsoft Student, 2006

sehingga dapat memfermentasi tepung menjadi glukosa dan karbon dioksida. Dalam proses fermentasi ini dihasilkan alkohol yang dapat memberi citarasa tersendiri pada produk yang dihasilkan, contohnya pada pembuatan tuak, brem, dan sake. Minuman ini dihasilkan dari fermentasi beras ketan oleh *Aspergillus orizae*. Tuak merupakan minuman beralkohol tradisional Jawa. Brem adalah minuman beralkohol tradisional Bali. Sedangkan Sake adalah minuman beralkohol tradisional Jepang.

Contoh lainnya adalah proses pembuatan anggur (*wine*) dan bir. Anggur dibuat dari buah anggur atau buah yang lain dengan memanfaatkan *Saccharomyces cerevisiae* dan *Saccharomyces bayanus* melalui proses fermentasi. Bir dibuat dari biji padi yang sebelumnya diubah menjadi malt yang mengandung enzim amilase. Enzim amilase mengubah zat tepung menjadi glukosa sehingga bisa difermentasi oleh khamir jenis tertentu. Hasil fermentasi berupa etanol dan karbon dioksida. Alkohol juga dapat dibuat dari fermentasi tetes tebu yang disuling untuk mendapatkan alkohol berkadar tinggi. Umumnya, proses pembuatan minuman beralkohol melalui dua tahap, yaitu tahap fermentasi dan tahap *destilasi* (penyulingan). Tahap destilasi diperlukan untuk meningkatkan kadar alkohol dalam minuman.

d. Mikroorganisme untuk Membuat Yogurt

Yogurt adalah sejenis minuman yang berasal dari susu yang diproses dengan dimanfaatkan mikroorganisme tertentu. Dalam pembuatan yogurt, susu diuapkan agar lebih kental dan kadar lemaknya berkurang. Susu kental ini kemudian difermentasikan pada suhu 45° dengan menggunakan campuran bakteri *Streptococcus thermophilus* dan bakteri *Lactobacillus bulgaricus*. Bakteri *Streptococcus thermophilus* pada pembuatan yogurt berfungsi memberi rasa masam, sedangkan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* memberi aroma dan rasa yang berbeda. Jadi, kombinasi antara kedua bakteri itulah yang memberi cita rasa dan aroma pada yogurt.

e. Mikroorganisme untuk Membuat Mentega dan Keju

Mentega dibuat dari susu krim atau susu skim. Cita rasa dan aroma mentega berasal dari hasil fermentasi bakteri yang sama seperti bakteri yang digunakan untuk membuat yogurt yaitu bakteri asam laktat (*Lactobacillus bulgaricus*). Sedangkan keju juga dibuat dari susu yang difermentasikan oleh bakteri asam laktat. Pembuatan keju memerlukan air dadih yang dibuat dari protein susu yang disebut kasein. Beberapa jenis keju difermentasikan oleh bakteri *Propionibacterium*. Jamur lain juga dapat digunakan untuk membuat keju, misalnya beberapa spesies dari genus *Penicillium* untuk membuat keju yang berwarna hijau kebiruan.

2. Pemanfaatan Mikrobiologi di Bidang Industri

Pernahkah kamu mencicipi cuka? Cuka merupakan hasil industri yang memanfaatkan jasa mikroorganisme dalam pembuatannya. Tidak hanya cuka, banyak produk yang lain yang juga memanfaatkan mikroorganisme dalam pembuatannya. Selain berperan dalam industri makanan, mikroorganisme juga digunakan dalam industri minuman, industri kesehatan, industri pakaian, dan industri kayu. Syarat-syarat mikroorganisme yang dipakai dalam industri adalah sebagai berikut.

- a. Organisme yang digunakan harus menghasilkan produk yang banyak, stabil, dan tidak membahayakan kesehatan manusia.
- b. Bahan substrat/tempat hidup mikroorganisme harus murah dan mudah untuk mendapatkannya.

Berikut ini beberapa industri atau bidang usaha yang memanfaatkan organisme dalam proses pembuatannya.

a. Industri Makanan dan Minuman

Dalam industri makanan dan minuman, mikroorganisme berperan penting untuk menghasilkan berbagai bahan seperti asam cuka dan minuman fermentasi. Minuman hasil fermentasi biasanya mengandung alkohol. Contohnya adalah bir, rum, anggur, wiski, dan minuman beralkohol lain. Mikroorganisme yang berperan adalah khamir (jenis jamur uniseluler, contohnya *Saccharomyces cerevisiae*). Produk minuman fermentasi berbeda-beda sesuai dengan bahan mentah dan jenis khamir yang digunakan. Contohnya *rum* merupakan hasil fermentasi dari jagung sedangkan *anggur* merupakan hasil fermentasi dari sari buah anggur. Khamir yang digunakan pada rum dan anggur adalah sama-sama dari genus *Saccharomyces*.

b. Industri Farmasi dan Obat-Obatan

Dalam industri farmasi atau industri obat-obatan, mikroorganisme menghasilkan antibiotik dan hormon. Antibiotik adalah zat yang dihasilkan oleh suatu mikroorganisme yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme lain, khususnya mikroorganisme parasit pada tubuh manusia dan hewan. Penisilin merupakan antibiotik pertama yang dibuat dalam skala industri, dihasilkan oleh jamur *Penicillium notatum*. Contoh lain adalah neomisin-B dihasilkan oleh *Streptomyces fradiae*, streptomisin dihasilkan oleh *Streptomyces griseus*, dan fumigilin dihasilkan oleh *Aspergillus fumigatus*. Hormon juga dapat dihasilkan oleh mikroorganisme. Contohnya hormon insulin berguna untuk menolong penderita diabetes melitus. Bahan lain yang dihasilkan adalah berbagai jenis asam amino, enzim, dan vitamin.



Gambar 4.3 Industri farmasi memanfaatkan jasa mikroorganisme untuk membuat berbagai produk.

Sumber: Microsoft Student, 2006

c. Produk Sumber Energi

Melalui bioteknologi, kamu dapat juga mengubah kotoran hewan, sampah, dan limbah pertanian dijadikan energi dengan bantuan mikroorganisme. Gas bio atau *biogas* adalah hasil fermentasi berbagai mikroorganisme yang banyak mengandung gas metana. Oleh karena itu gas bio dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi panas dan penerangan. Prinsip pembuatan gas bio seperti pada pembentukan gas yang terjadi pada hewan memamah biak, misalnya sapi. Di dalam lambung sapi, serat dari rumput yang bercampur air akan diubah oleh bakteri menjadi asam organik. Kemudian asam organik akan berubah menjadi gas metan dan karbon dioksida dengan bantuan mikroorganisme seperti *Bacterioides*, *Clostridium butyrium*, *Methanobacterium*, *Methanobacillus*, dan *Eschericia coli*.

d. Industri Perminyakan dan Pertambangan

Mikroorganisme digunakan dalam berbagai bidang perminyakan dan pertambangan. Dalam bidang perminyakan berperan dalam pembentukan minyak, eksplorasi minyak, dan pembersihan ceceran minyak. Selain itu beberapa jenis bakteri dapat dimanfaatkan dalam pemisahan logam dari bijihnya. Contohnya adalah *Thiobacillus ferrooxidans*. Bakteri ini tumbuh dalam lingkungan asam, seperti tempat pertambangan dan mampu memisahkan tembaga-tembaga dari bijinya melalui reaksi kimia. Strain yang lain mampu memisahkan logam besi dari bijihnya (besi sulfida). *Chlorella vulgaris* juga dapat melepaskan emas dari bijihnya dan mengakumulasi emas itu di dalam selnya. Jenis bakteri yang lain telah digunakan untuk memperoleh kembali beberapa bijih logam seperti mangan (Mn) dan uranium yang terdapat pada konsentrasi rendah pada bijih.

Mikroorganisme bermanfaat dalam pertambangan karena alasan-alasan berikut.

- 1) Tidak merusak lingkungan dibandingkan pengolahan dengan bahan kimia.
- 2) Lebih banyaknya mineral yang dapat menggunakan mikroorganisme dalam pengolahannya. Mikroorganisme mampu mengumpulkan mineral dari bijih yang hanya mengandung sedikit mineral. Bijih miskin mineral ini tidak layak diproses secara konvensional.



Gambar 4.4 Mikroorganisme berguna untuk mengumpulkan ceceran minyak yang tumpah akibat kecelakaan kapal tanker.

Sumber: Microsoft Student, 2006

Tugas 4.1

Tempe adalah produk bioteknologi pangan yang telah dikenal bangsa Indonesia sejak dulu. Diskusikan dengan temanmu proses pembuatan tempe dan keunggulan nilai gizi tempe dibandingkan nilai gizi pada kedelai.



B Bioteknologi dalam Pertanian

Bioteknologi banyak dimanfaatkan dalam bidang pertanian. Pembuatan kompos dan biogas merupakan contoh yang sederhana. Pemanfaatan bioteknologi untuk meningkatkan hasil pertanian pada masa sekarang ini dilakukan secara modern, misalnya pada pemuliaan tanaman dengan menciptakan tanaman transgenik (tanaman yang gennya telah dimodifikasi), kultur jaringan, biopestisida, dan sebagainya. Berikut ini beberapa contoh bioteknologi dalam bidang pertanian.

1. Hidroponik dan Aeroponik

Hidroponik adalah suatu istilah yang digunakan dalam bercocok tanam tanpa menggunakan tanah sebagai media tumbuhnya. Untuk memperoleh zat makanan atau unsur hara yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman, ke dalam air yang digunakan dilarutkan campuran pupuk organik. Campuran pupuk ini dapat diperoleh dari buatan sendiri atau pupuk buatan yang siap pakai. Adapun keuntungan dengan cara hidroponik adalah sebagai berikut.

- Tumbuhan bebas dari hama dan penyakit.
- Produksi tanaman lebih tinggi.
- Tumbuh lebih cepat.
- Pemakaian pupuk lebih efisien.
- Mudah pengerjaannya.
- Tidak tergantung pada kondisi alam.
- Tidak membutuhkan lahan luas.

Selain hidroponik, saat ini teknik yang sedang dikembangkan adalah teknik aeroponik. Jika hidroponik media yang digunakan untuk tumbuh akar adalah air dan media lain misalnya kerikil atau pasir. Tapi pada aeroponik tidak menggunakan media sama sekali. Akar tanaman di letakkan menggantung dalam suatu wadah yang dijaga kelembapannya dari air yang biasanya berasal dari pompa bertekanan sehingga timbul uap air. Zat makanan diperoleh melalui larutan nutrisi yang disemprotkan ke bagian akar tanaman.

Sistem aeroponik memiliki kelebihan dibandingkan sistem hidroponik. Pada sistem aeroponik, akar yang menggantung akan lebih banyak menyerap oksigen sehingga meningkatkan metabolisme dan kecepatan pertumbuhan tanaman.

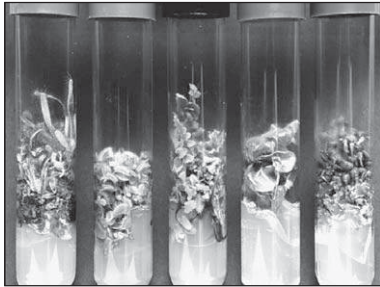
2. Kultur Jaringan Tumbuhan

Mungkin kamu sering mendengar kultur jaringan tumbuhan. Tahukah kamu apakah kultur jaringan tumbuhan itu? Teknik kultur jaringan banyak dilakukan untuk menghasilkan bibit tumbuhan dalam jumlah besar dan seragam sifat genetiknya dalam waktu relatif singkat, misalnya bibit jati, angrek, dan kelapa sawit.



Gambar 4.5 Sayuran yang dibudidayakan secara hidroponik.

Sumber: Dokumen Penerbit



Gambar 4.6 Plantlet yang berhasil tumbuh dalam media kultur jaringan.

Sumber: Dokumen Penerbit

Kultur jaringan memanfaatkan sifat totipotensi sel, yaitu setiap sel membawa informasi genetik yang lengkap sehingga berpotensi untuk berkembang menjadi individu baru yang lengkap. Kultur jaringan mula-mula dilakukan oleh **Frederick C. Steward**. Steward mengkultur sel-sel akar tanaman wortel dalam suatu media buatan. Dari sel-sel akar itu berhasil tumbuh tanaman wortel yang lengkap. Hasil percobaan ini membuktikan bahwa sel mengandung semua informasi genetik yang lengkap.

Bagian yang akan ditumbuhkan melalui kultur jaringan disebut *eksplan*. Eksplan yang digunakan biasanya dari jaringan tumbuhan yang masih muda, misalnya ujung akar, tunas, dan daun muda. Berdasarkan jenis eksplannya, kultur jaringan dapat dibedakan menjadi kultur meristem, kultur antera, kultur embrio, kultur protoplas, kultur kloroplas, kultur polen, dan lain-lain. Eksplan yang telah disterilkan ditumbuhkan pada media steril yang mengandung nutrisi dan zat pengatur tumbuh.

Selama kultur berlangsung, faktor lingkungan seperti cahaya, temperatur, kelembapan, dan pH diatur pada kondisi yang paling sesuai untuk pertumbuhan eksplan. Jika nutrisi, zat pengatur tumbuh, dan keadaan lingkungan sesuai, eksplan akan tumbuh menjadi massa sel yang belum mengalami diferensiasi yang disebut *kalus*. Kalus kemudian tumbuh menjadi tanaman kecil yang telah lengkap yang disebut *plantlet*. Sebelum dapat ditanam, plantlet harus diaklimatisasi selama beberapa waktu sehingga kondisi dan ukurannya sesuai untuk ditanam.

Teknik kultur jaringan sangat menguntungkan dalam memperbanyak tumbuhan bernilai tinggi. Selain itu tanaman langka yang terancam punah dapat dilestarikan dengan memanfaatkan kultur jaringan. Dengan demikian kemajuan industri agrobisnis dapat terwujud dan ketahanan pangan akan meningkat.

3. Bioteknologi dalam Pembentukan Varietas Tanaman Unggul Baru

Teknik-teknik bioteknologi juga dimanfaatkan untuk membuat jenis tanaman unggul yang baru. Hal ini diperlukan untuk mencukupi kebutuhan pangan yang terus meningkat, sedangkan luas lahan pertanian cenderung menurun. Tanaman unggul ini diharapkan mempunyai produktivitas yang lebih baik. Selain itu, peningkatan hasil, juga dilakukan upaya perbaikan pada kandungan nutrisi, kelestarian lingkungan, usia panen, dan berbagai nilai tambah yang lain. Sebagai contoh, nilai tambah pada beberapa tanaman unggul yang telah dikembangkan adalah sebagai berikut.

- a. Peningkatan kandungan nutrisi pada tanaman pisang, cabe, stroberi, dan ubi jalar.
- b. Peningkatan rasa, misalnya pada tanaman tomat, cabe, buncis, dan kedelai.
- c. Peningkatan kualitas produk, misalnya pada pisang, cabe, stroberi dengan tingkat kesegaran dan tekstur yang lebih baik.

- d. Mengurangi reaksi alergi, misalnya pada tanaman polong-polongan dengan kandungan protein penyebab alergi yang lebih rendah
- e. Kandungan bahan berkhasiat obat, misalnya pada tomat dengan kandungan *lycopene* yang tinggi yang berguna sebagai antioksidan untuk mengurangi kanker, bawang dengan kandungan allicin untuk menurunkan kolesterol, serta pada padi dengan kandungan vitamin A dan zat besi untuk mengatasi anemia dan kebutaan.
- f. Tanaman yang mampu memproduksi vaksin dan obat-obatan untuk mengobati penyakit manusia, misalnya pada tanaman tembakau yang telah direkayasa sehingga dapat menghasilkan vaksin untuk penyakit kanker.
- g. Tanaman dengan kandungan nutrisi yang lebih baik untuk pakan ternak.

Penerapan bioteknologi tanaman juga dapat memudahkan petani dalam proses budidaya tanaman. Misalkan dalam pengendalian gulma yaitu dengan menghasilkan tanaman yang memiliki ketahanan terhadap jenis herbisida tertentu. Sebagai contoh adalah tanaman berlabel *Roundup Ready* yang terdiri dari kedelai, canola (sejenis tanaman penghasil minyak), dan jagung yang tahan terhadap herbisida Roundup. Di dunia saat ini telah banyak dilepas berbagai tanaman jenis baru hasil penerapan bioteknologi. Misalnya di China pada tahun 2006 telah dikembangkan sekitar 30 spesies tanaman transgenik, antara lain padi, jagung, kapas, kentang, kedelai, tomat tahan virus, petunia dengan warna bunga bery, paprika tahan virus, dan kapas tahan hama) yang telah dilepas untuk produksi.

Indonesia sebagai negara agraris sangat membutuhkan tanaman jenis unggul untuk meningkatkan produksi pangan. Nah, kamu sebagai generasi muda berperan besar dalam proses alih teknologi, khususnya bioteknologi. Dengan belajar tekun, banyak mencari pengetahuan baru, dan meningkatkan daya kreativitas, kamu dapat menjadi ahli bioteknologi dan berkarya seperti ahli bioteknologi di luar negeri!

Beberapa jenis tanaman unggul baru yang dibuat dengan pemanfaatan bioteknologi adalah sebagai berikut.

a. Padi *Golden Rice*

Padi merupakan tanaman pangan utama dunia. Dengan demikian padi menjadi prioritas utama dalam bioteknologi. Selain padi, tanaman pangan yang telah banyak mendapat sentuhan bioteknologi adalah kentang. Penerapan bioteknologi pada tanaman padi sebenarnya telah lama dilakukan. Salah satu produknya adalah padi jenis *golden rice* yang dikenalkan pada tahun 2001. Diharapkan padi jenis ini dapat membantu jutaan orang yang mengalami kebutaan dan kematian dikarenakan kekurangan vitamin A dan besi. Vitamin A sangat penting untuk penglihatan, respon kekebalan, perbaikan sel, pertumbuhan tulang, reproduksi, hingga penting untuk pertumbuhan embrionik.

Nama *Golden Rice* diberikan karena butiran yang dihasilkan berwarna kuning menyerupai emas karena mengandung karotenoid. Rekayasa genetika merupakan metode yang digunakan untuk produksi *Golden Rice*. Hal ini disebabkan karena tidak ada plasma nutfah padi yang mampu untuk mensintesis karotenoid.

b. Kentang *Russet Burbank*

Teknik bioteknologi saat ini telah banyak digunakan dalam produksi kentang. Baik dalam teknik penyediaan bibit, pemuliaan kentang, hingga rekayasa genetika untuk meningkatkan sifat-sifat unggul kentang. Dalam hal penyediaan bibit, saat ini teknik kultur jaringan telah banyak digunakan. Teknik kultur jaringan memungkinkan petani mendapatkan bibit dalam jumlah besar yang identik dengan induknya. Contoh varietas kentang baru adalah kentang *Russet Burbank* yang memiliki kandungan pati yang tinggi yang dapat menghasilkan kentang goreng dan kripik kentang dengan kualitas yang lebih baik karena menyerap lebih sedikit minyak ketika digoreng.

c. Tomat *FlavrSavr*

Teknologi rekayasa genetika juga telah diaplikasikan pada tanaman hortikultura. Sebagai contoh yang cukup terkenal adalah tomat *FlavrSavr*, yaitu jenis tomat yang buah matangnya tidak lekas rusak/membusuk. Hal ini sangat berbeda dengan tanaman tomat lain, di mana buah yang matang cepat menjadi rusak. Sifat tomat *FlavrSavr* ini sangat berguna dalam pengiriman buah ke tempat yang jauh sebelum tiba di tangan konsumen.

d. Tembakau Rendah Nikotin

Salah satu dari sekian banyak kerugian merokok adalah gangguan kesehatan karena kadar nikotin yang tinggi. Pendekatan bioteknologi dilakukan untuk mengatasi permasalahan ini yaitu dengan merakit tanaman tembakau yang bebas kandungan nikotin. Pada tahun 2001 jenis tembakau ini diklaim dapat mengurangi resiko serangan kanker akibat merokok. Selain bebas nikotin, sentuhan bioteknologi lain juga dilakukan untuk tanaman tembakau misalnya dengan meningkatkan aroma menggunakan gen aroma dari tanaman lain. Salah satu yang telah berhasil adalah mengabungkannya dengan aroma buah lemon.

4. Bioteknologi dalam Bidang Peternakan

Dalam bidang peternakan, bioteknologi dimanfaatkan untuk menghasilkan vaksin, antibodi, pakan bergizi tinggi, dan hormon pertumbuhan. Contoh vaksin untuk ternak yaitu vaksin untuk penyakit mulut dan kuku pada mamalia, vaksin NCD untuk mengobati penyakit tetelo pada unggas, dan vaksin untuk penyakit flu burung.

Hormon pertumbuhan diberikan pada ternak untuk meningkatkan produksi daging, susu, atau telur. Contohnya adalah pemberian *Bovine Growth Hormone* pada sapi perah dapat meningkatkan produksi susu dan daging hingga 20%. Namun penggunaan hormon untuk memacu produksi pada ternak masih diperdebatkan karena berpotensi meningkatkan penyakit masitis pada ternak dan membahayakan kesehatan manusia.

Pemanfaatan bioteknologi dalam bidang peternakan lainnya adalah membuat hewan transgenik (hewan yang gennya telah dimodifikasi) dan teknologi induk buatan. Teknologi induk buatan sering dilakukan pada hewan langka yang sulit bereproduksi secara alami. Embrio hewan ini ditransplantasikan pada rahim spesies lain yang masih berkerabat. Dengan cara ini diharapkan hewan langka tersebut terhindar dari ancaman kepunahan.

Tugas 4.2

Biopestisida merupakan contoh bioteknologi dalam pengendalian hama dan penyakit tanaman. Carilah contoh-contoh biopestisida beserta cara penggunaan dan jenis hama dan penyakit yang dapat ditanggulangi.



C Bioteknologi Reproduksi

Teknologi reproduksi telah dikembangkan pada hewan, tumbuhan, bahkan manusia. Teknologi reproduksi pada hewan dan tumbuhan bertujuan untuk memenuhi kebutuhan manusia seperti bahan makanan yang lebih baik dan keseimbangan populasi dengan cara menghindari kepunahan suatu spesies. Beberapa jenis bioteknologi reproduksi adalah sebagai berikut.

1. Inseminasi Buatan

Inseminasi buatan adalah cara untuk memasukkan sperma hewan jantan ke dalam organ reproduksi betina dengan menggunakan alat tertentu. Nama lain dari inseminasi buatan ini adalah kawin suntik. Tujuan dilakukannya inseminasi buatan ini adalah sebagai berikut.

- Meningkatkan kualitas keturunan.
- Memudahkan pengaturan proses perkawinan.
- Menghindari kelangkaan hewan jantan yang termasuk bibit unggul.
- Meningkatkan tingkat reproduksi hewan.

2. Bayi Tabung (*Fertilization in Vitro*)

Tidak semua pasangan suami istri mampu menghasilkan keturunan. Penyebabnya dapat berbagai hal mulai masalah ovulasi, tersumbatnya tuba falopii, dan jumlah sperma terlalu sedikit. Dengan perkembangan ilmu dan teknologi kedokteran,

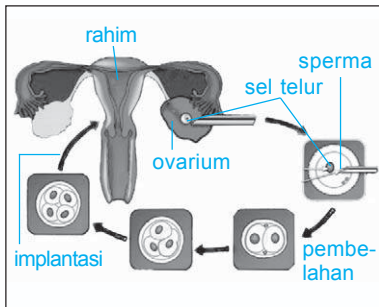


Gambar 4.7 Proses inseminasi buatan pada sapi.

Sumber: Dokumen Penerbit

sebagian masalah itu telah ada jalan keluarnya. Bayi tabung merupakan salah satu jalan keluar untuk memecahkan masalah ketidaksuburan (*infertilitas*). Tetapi cara ini akan menghabiskan biaya yang mahal. Bayi tabung mulai populer pada tahun 1978, dengan tes pertama di dunia.

Sperma dan telur berasal dari pasangan yang ingin melakukan program bayi tabung. Di beberapa negara sel telur dan sperma disediakan oleh lembaga tertentu dan orang yang memiliki uang dapat memilih calon ibu atau ayah dari bayi yang ingin dilahirkan. Empat langkah dasar dari program bayi tabung adalah sebagai berikut.



Gambar 4.8 Proses pembuatan bayi tabung.

Sumber: *Ensiklopedia Iptek*

- Menggunakan obat untuk membuat folikel menjadi banyak di dalam ovarium. Seperti kamu ketahui bahwa ovarium yang normal hanya menghasilkan satu sel telur setiap bulannya. Jika folikel yang berkembang dalam ovarium lebih banyak, maka sel telur yang dihasilkan juga lebih banyak.
- Memantau perkembangan folikel dengan *ultrasonografi* untuk mengetahui perkembangan telur dalam ovarium dan lapisan uterus. Setelah folikel dan lapisan uterus matang, baru hormon HCG (*Human Chorionik Gonadotropin*) diberikan sebagai pemicu.
- Setelah 36 jam dari pemberian pemicu, kondisi telur dipantau kembali dengan ultrasonografi.
- Spesimen sperma disiapkan dan dicuci terlebih dahulu. Setelah dicuci kemudian sperma ditempatkan dengan sel telur dan disimpan dalam inkubator selama 18 jam. Setelah 18 jam akan dilihat normal atau tidaknya fertilisasi di bawah mikroskop. Jika normal akan disimpan pada inkubator sampai embrio menjadi multiseluler.

Tahap berikutnya adalah memindahkan embrio ke dalam uterus. Jumlah embrio yang dipindahkan dapat lebih dari satu. Meskipun memungkinkan lebih dari satu embrio yang ditempatkan di rahim, tetapi tergantung kondisi rahimnya.

3. Kloning

Kloning adalah teknik atau metode reproduksi secara aseksual yang menggunakan sel tubuh (sel somatik) makhluk hidup. *Klon* atau keturunan yang dihasilkan memiliki kesamaan gen dengan induknya. Para ilmuwan awalnya melakukan teknik kloning pada katak dan salamander awal tahun 50-an. Pada tahun 1996, seorang ilmuwan sains Inggris, Ian Wilmut menggunakan prosedur yang sama untuk mengkloning domba, nama domba itu adalah Dolly.

Sejak Dolly berhasil dikloning, ilmuwan dari berbagai penjuru dunia mencoba melakukan kloning terhadap hewan lain dengan teknik yang sama. Dewey adalah rusa ekor putih pertama hasil kloning di Universitas Texas. Dewey adalah seekor rusa berekor putih *Odocoileus virginianus*. Rusa ini merupakan rusa kloning pertama di dunia. Rusa tersebut berkembang normal dan saat muda minum susu dari botol. Sebagai bahan

kloning, diambil dari sel-sel kulit rusa jantan. Para peneliti mengambil inti sel kemudian memasukkannya dalam rahim seekor rusa betina. Keberhasilan kloning ini diharapkan dapat menghindarkan rusa jenis ini dari ancaman kepunahan.

Kuda pertama hasil kloning diberi nama Prometea. Prometea dilahirkan oleh induk yang sekaligus juga donor DNA-nya. Prometea dikloning dari sel kulit induknya, seekor kuda pekerja kecil jenis haflinger. Nukleus dari sel kulit itu kemudian ditanam pada sel telur kuda lain yang sudah dibuang nukleusnya. Sel yang mulai membelah kemudian dikembalikan ke rahim induknya.

Selain rusa dan kuda, kloning juga dicobakan pada anjing. Suatu tim yang beranggotakan 11 orang berhasil mengkloning anjing untuk pertama kalinya. Drh Yuda Heru Fibrianto adalah salah satu anggota tim yang berasal dari Indonesia. Proyek kloning ini membutuhkan waktu selama 2 tahun 8 bulan. Proses kloning anjing adalah sebagai berikut.

- Membuat biakan sel dari kulit anjing yang akan dipakai sebagai donor sel. Kulit anjing diambil sedikit dan dibiakkan dalam cawan petri. Setelah berkembang disimpan dalam suhu 150°C .
- Persiapan mengambil sel telur dari anjing yang sudah diovulasikan dengan cara melihat keadaan sel-sel vagina dan kadar hormon progesteron dalam darah.
- Melakukan kloning pada sel telur, dengan cara menghilangkan inti dari sel telur tersebut dan diganti dengan satu sel yang telah dibiakkan dari sel donor.
- Menyatukan sel yang berasal dari kulit dengan sel telur yang telah hilang intinya dengan listrik sebesar $3 - 3,5 \text{ kV/cm}$ di dalam plat dari baja putih yang sejajar dan dalam media *manitol*.
- Implantasi yaitu memasukkan sel telur yang telah bersatu ke dalam rahim anjing lain dengan cara operasi.
- Pemeriksaan kehamilan dengan ultrasonografi (USG) 22 hari kemudian. Guna memastikan terjadinya kehamilan ditunggu lagi sampai hari ke-60.

Meskipun bioteknologi memberi manfaat yang banyak bagi kesejahteraan manusia, bioteknologi juga membawa dampak buruk. Contohnya adalah pengembangan senjata biologis, ancaman kerusakan lingkungan dan ketidakseimbangan ekosistem, serta gangguan kesehatan.



Gambar 4.9 Domba dolly hasil kloning pertama yang berhasil hidup.

Sumber: Microsoft Student, 2006

Latihan 4.1

- Iseminasi buatan sering dilakukan pada sapi. Carilah informasi proses iseminasi buatan untuk memperoleh sapi-sapi yang produk susu dan dagingnya tinggi.
- Pemanfaatan bioteknologi menimbulkan pro dan kontra. Carilah informasi dampak positif dan dampak negatif pemanfaatan bioteknologi.

Rangkuman

- Bioteknologi merupakan cabang ilmu biologi yang mempelajari pemanfaatan organisme, sistem, atau proses biologi untuk menghasilkan produk berupa barang atau jasa yang berguna untuk meningkatkan kesejahteraan manusia. Bioteknologi berkembang dari bioteknologi konvensional menjadi bioteknologi modern.
- Mikroorganisme berperan penting dalam bioteknologi, yaitu memproduksi bahan pangan berprotein tinggi, berperan dalam proses pembuatan berbagai bahan pangan, serta dimanfaatkan dalam berbagai industri seperti industri makanan dan minuman, industri farmasi dan obat-obatan, dan industri energi dan pertambangan.
- Contoh bioteknologi dalam bidang pertanian adalah cara bercocok tanam secara hidroponik dan aeroponik, pemanfaatan kultur jaringan untuk menghasilkan bibit tanaman unggul, dan dalam bidang peternakan dengan memberikan vaksin, pakan bergizi tinggi, hormon pertumbuhan, hewan transgenik, dan teknologi induk buatan.
- Bioteknologi reproduksi berupaya mengembangkan hewan dan tumbuhan unggul untuk kesejahteraan manusia dan menjaga keseimbangan populasi. Beberapa contoh bioteknologi reproduksi adalah iseminasi buatan, teknologi bayi tabung, dan kloning.

Refleksi

Kamu telah selesai mempelajari materi **Bioteknologi** dalam bab ini. Sebelum melanjutkan pelajaran bab V, lakukan evaluasi diri dengan menjawab beberapa pertanyaan di bawah ini. Jika semua pertanyaan dijawab dengan 'ya', berarti kamu telah menguasai bab ini dengan baik. Namun jika ada pertanyaan yang dijawab dengan 'tidak', kamu perlu mempelajari lagi materi yang berkaitan dengan pertanyaan itu. Jika ada kesulitan atau ada hal-hal yang sukar dimengerti, bertanyalah kepada Bapak/Ibu Guru.

1. Apakah kamu dapat menjelaskan pengertian bioteknologi dan bidang-bidang yang terkait dengannya?
2. Dapatkah kamu menjelaskan peranan mikroorganisme dalam bioteknologi?
3. Dapatkah kamu menyebutkan contoh penerapan bioteknologi yang mendukung kelangsungan hidup manusia khususnya dalam hal produksi pangan? Apakah kamu juga dapat menjelaskan prinsip kerjanya?
4. Dapatkah kamu memberikan contoh dampak positif dan dampak negatif penggunaan bioteknologi?

Latih Kemampuan 4

Kerjakan di buku tugasmu!

I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Keuntungan proses fermentasi makanan adalah sebagai berikut, *kecuali*
 - a. nilai gizi lebih tinggi
 - b. cita rasa lebih baik
 - c. harganya lebih murah
 - d. aroma lebih menarik
2. Tindakan berikut ini yang dilakukan dalam bioteknologi modern adalah
 - a. tidak menggunakan prinsip ilmiah
 - b. menggunakan peralatan canggih
 - c. dilakukan secara sederhana
 - d. tidak diproduksi secara besar-besaran

3. Rekayasa genetika sangat bermanfaat untuk kehidupan manusia, antara lain
 - a. memperoleh hormon insulin dengan memanfaatkan bakteri
 - b. meningkatkan kesuburan tanah dengan pupuk buatan
 - c. menentukan unsur yang diperlukan oleh tanaman
 - d. memperoleh cara pengobatan penyakit dengan tepat
4. Dengan bioteknologi, reproduksi tanaman secara vegetatif dalam jumlah yang banyak dan seragam dapat dilakukan melalui cara
 - a. rekombinasi gen
 - b. cangkok
 - c. hidroponik
 - d. kultur jaringan
5. Bioteknologi merupakan penerapan berbagai bidang ilmu, yaitu
 - a. biologi, matematika, fisika, dan kimia
 - b. biologi, kimia, fisika, dan pertanian
 - c. mikrobiologi, genetika, biologi molekuler, dan biokimia
 - d. biologi, kimia, matematika, dan genetika
6. Perbedaan antara bioteknologi konvensional dengan bioteknologi modern terletak pada
 - a. produk yang dihasilkan
 - b. manfaat produknya
 - c. mikroorganisme yang digunakan
 - d. prinsip-prinsip ilmiah yang digunakan
7. Produk bioteknologi modern antara lain....
 - a. tempe, tape, kecap, dan asam amino
 - b. asam amino, kecap, vaksin, dan enzim
 - c. enzim, vaksin, asam amino, dan antibiotika
 - d. tempe, asam amino, antibiotika, dan cuka
8. Gas bio sebagai hasil bioteknologi memiliki kelebihan, yaitu
 - a. tidak menyebabkan pencemaran lingkungan
 - b. diproduksi oleh mikroorganisme
 - c. mudah memproduksinya
 - d. bahan baku limbah pertanian dan peternakan
9. Yang dapat kita golongan sebagai protein sel tunggal adalah
 - a. protein kedelai dan kacang tanah
 - b. protein sel ganggang dan ragi
 - c. protein ikan dan daging
 - d. protein tahu dan tempe
10. Dampak negatif bioteknologi haruslah tetap diwaspadai sebab
 - a. mikroorganisme akan bertambah banyak
 - b. merusak tatanan kehidupan manusia
 - c. adanya organisme transgenik dapat mempengaruhi atau merusak keseimbangan lingkungan
 - d. meningkatkan pencemaran lingkungan
11. Inseminasi pada sapi bertujuan agar keturunannya mempunyai sifat-sifat sebagai berikut, *kecuali*
 - a. daging dan susu berkualitas tinggi
 - b. kualitas ternak yang lebih baik
 - c. jinak
 - d. tahan penyakit
12. Kloning merupakan perkembangbiakan secara
 - a. seksual
 - b. aseksual
 - c. generatif
 - d. konjugasi
13. Penggunaan cara reproduksi bayi tabung bertujuan untuk
 - a. menghemat waktu kehamilan
 - b. menciptakan bayi yang sehat
 - c. mempermudah kelahiran
 - d. membantu kasus infertilitas
14. Pembuahan dengan teknik bayi tabung memiliki kerugian dibandingkan secara alami yaitu
 - a. mudah dan cepat
 - b. murah dan lambat
 - c. mahal dan rumit
 - d. mahal dan lambat
15. Yang tidak termasuk teknologi reproduksi adalah
 - a. kloning
 - b. inseminasi buatan
 - c. fermentasi
 - d. bayi tabung

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

1. Jelaskan pengertian bioteknologi menurut pendapatmu sendiri.
2. Jelaskan perbedaan antara bioteknologi konvensional dan bioteknologi modern?
3. Berilah contoh aplikasi bioteknologi yang mudah ditemukan di sekitar tempat tinggalmu. Termasuk bioteknologi apakah aplikasi itu?
4. Jelaskan kelebihan energi hasil bioteknologi.
5. Jelaskan secara singkat mengenai proses bayi tabung.

Wacana Sains

Biopestisida dari Daun Pare

Bila musim hujan tiba, kamu harus waspada terhadap serangan nyamuk. Penyakit demam berdarah sering melanda pada awal musim penghujan. Kamu dapat menggunakan abate untuk membasmi larva nyamuk. Kalau tidak ada, kamu dapat menggunakan daun pare.

Dua mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya, Malang, **Heri Kristanto** dan **Endah Silfiyanti** menemukan daun pare (*Momordica charantia*) mempunyai efek larvasida (dapat membunuh larva). Penemuan itu didorong oleh keinginan Heri dan Endah untuk menemukan pembasmi nyamuk demam berdarah yang ramah lingkungan.

Selama ini masyarakat banyak yang menggunakan zat kimia buatan untuk membasmi nyamuk. Padahal cara itu memberi dampak buruk terhadap kesehatan. Akhirnya mereka menemukan bahwa daun pare memiliki efek antilarva yang kuat. Kemampuan ini diduga disebabkan karena adanya zat *momordicin* pada daun pare. Zat ini juga yang membuat buah pare terasa pahit.



Sumber: *Tempo*, 13 – 19 November 2006

Bab V

Listrik

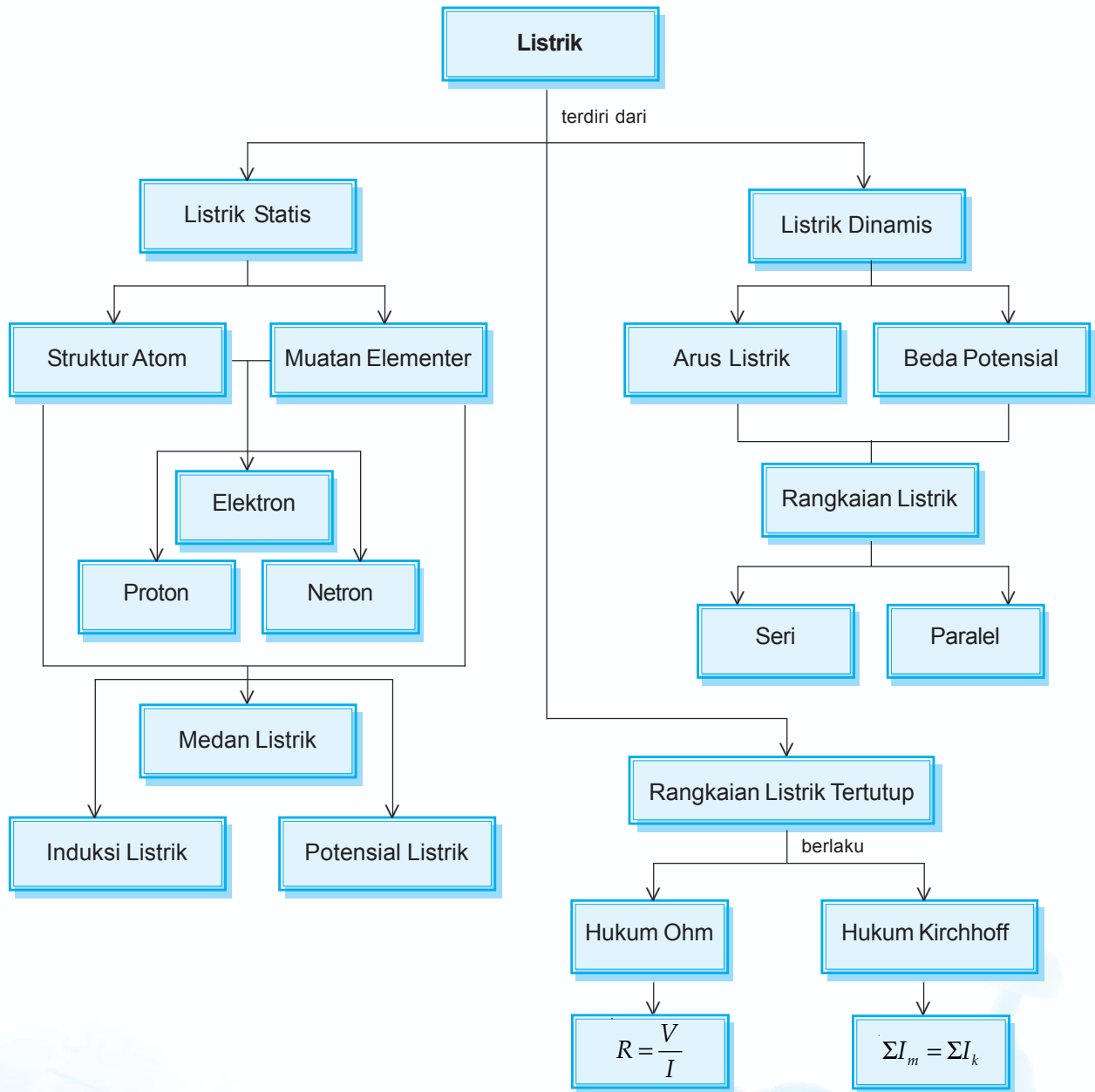


Kilat atau halilintar sering kita jumpai ketika musim penghujan. Apakah sebenarnya kilat itu? Bagaimana kilat dapat terjadi?

Listrik sudah menjadi kebutuhan penting dalam kehidupan sehari-hari. Bagaimana rangkaian listrik di rumahmu? Komponen-komponen apa saja yang sering digunakan dalam rangkaian listrik?

Mari kita pahami konsep kelistrikan dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Dalam pembelajaran ini kamu dapat mendeskripsikan muatan listrik untuk memahami gejala-gejala listrik statis dan menganalisis percobaan listrik dinamis dalam suatu rangkaian beserta penerapannya.

Peta Konsep



Kata Kunci

- atom
- listrik
- rangkaian listrik
- arus listrik
- tegangan listrik
- hambatan



A Listrik Statis

Sering sekali kita mendengar dan berhubungan dengan listrik. Segala pekerjaan kita dipermudah dengan adanya listrik. Adanya listrik mendorong manusia untuk menemukan alat-alat berteknologi canggih guna membantu memudahkan pekerjaan manusia. Setiap hari kita tak pernah lepas dari segala sesuatu yang berhubungan dengan listrik. Semua alat-alat listrik yang kita gunakan sekarang tidak akan ada jika tidak ada orang yang menemukan listrik.

Sebenarnya, pengetahuan tentang listrik dimulai dari teori atom, yaitu dengan ditemukannya atom dan teori-teori yang menjelaskan tentang perkiraan-perkiraan struktur atom.

1. Struktur Atom

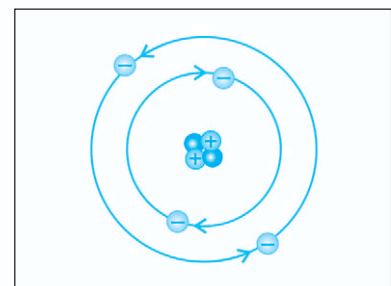
Pernahkah kamu mendengar istilah atom? Atom dalam bahasa Yunani *atomos* yang berarti tidak dapat dibagi-bagi lagi. Atom berarti juga partikel dari suatu materi yang paling kecil. Pendapat bahwa atom merupakan bagian terkecil dari sebuah materi akhirnya runtuh setelah **J.J. Thomson**, seorang ahli Fisika Inggris berhasil menemukan *elektron*. Elektron berada di dalam atom.

Penelitian mengenai atom lebih lanjut dilakukan oleh **Ernest Rutherford**. Rutherford melalui percobaannya menyimpulkan bahwa selain elektron, di dalam atom juga terdapat sebuah muatan positif. Muatan positif ini kemudian disebut sebagai *proton*.

Penemuan elektron oleh J.J. Thomson dan proton oleh Rutherford dilengkapi dengan hasil penelitian **Niels Bohr**. Hasil penelitian ini seakan-akan membuktikan kebenaran penelitian-penelitian sebelumnya. Dari hasil penelitiannya Bohr menyimpulkan bahwa atom terdiri atas *inti atom* dan *kulit atom*. Inti atom terdiri atas muatan positif atau *proton* dan muatan netral atau *neutron*. Inti atom ini dikelilingi oleh elektron yang menempati kulit atom. Struktur atom yang terdiri atas inti atom dan kulit atom ditunjukkan pada **Gambar 5.1**.

Penelitian lebih jauh dapat diketahui bahwa massa inti atom lebih besar daripada massa elektron. Massa inti hampir sama dengan massa atomnya sendiri. Hampir semua massa atom berpusat pada inti atom.

Tahukah kamu bahwa sistem atom ini mempunyai kemiripan dengan tata surya di mana bumi kita sebagai salah satu anggotanya? Di dalam tata surya matahari bertindak sebagai inti dan planet-planetnya mengelilingi matahari. Penjelasan lebih mendalam mengenai atom ini dijelaskan pada bab khusus Teori Atom di SMA.



Gambar 5.1 Struktur atom menurut Niels Bohr.

2. Muatan Listrik

Sebelum mengetahui lebih lanjut tentang listrik statis, mari kita lakukan kegiatan berikut!

Kegiatan 5.1

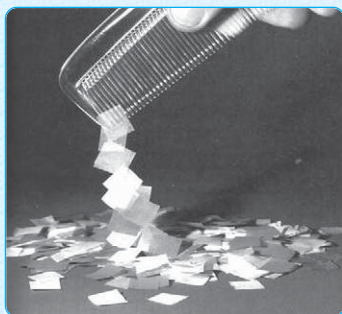
Menjadikan Benda Bermuatan Listrik

Alat dan Bahan

Sisir, sobekan-sobekan kecil kertas, dan kain wol.

Prosedur Kerja

1. Gosoklah sisir dengan kain wol beberapa kali.
2. Dekatkan sisir tersebut pada sobekan kertas-kertas.
3. Apa yang terjadi? Apakah sobekan-sobekan kertas tersebut menempel ke sisir?
4. Jika percobaan kamu benar, sobekan-sobekan kertas tersebut akan menempel pada sisir. Jika kamu belum berhasil, ulangi langkah-langkah di atas.



Sisir yang telah digosok dengan kain wol dapat menarik sobekan-sobekan kertas. Mengapa hal ini terjadi? Pada awalnya, kain wol dan sisir keduanya tidak bermuatan. Tidak bermuatan berarti jumlah elektron dan proton dalam atom plastik dan wol tersebut adalah sama. Gosokan kain wol pada sisir mengakibatkan elektron-elektron yang terdapat pada kain wol berpindah ke sisir. Dengan demikian, sisir tersebut akan menerima elektron dari kain wol sehingga jumlah elektronnya lebih banyak daripada protonnya. Sisir tersebut menjadi bermuatan negatif. Ketika didekatkan dengan sobekan-sobekan kertas, sobekan-sobekan kertas ini akan tertarik oleh sisir tersebut. Dengan menggosok-gosokkan dua benda (sisir dan kain wol) dapat membuat benda bermuatan listrik. Metode ini disebut metode gesekan. Contoh lain adalah ebonit akan bermuatan negatif jika digosok dengan kain wol dan kaca akan bermuatan positif jika digosok dengan kain sutra. Jadi, dapat disimpulkan bahwa sebuah benda yang bermuatan listrik dapat menarik benda-benda di sekitarnya. **Listrik statis** adalah listrik yang muatan-muatannya tidak mengalir atau ada dalam keadaan diam.

Mengapa sisir, kain wol, dan benda-benda lainnya dapat mempunyai muatan? Setiap materi tersusun oleh partikel-partikel dan setiap partikel tersusun oleh atom-atom. Atom terdiri atas inti atom yang tersusun oleh proton dan neutron. Inti atom ini diselubungi oleh kulit atom. Pada kulit atom, terdapat elektron-elektron. Proton disebut juga muatan positif, sedangkan neutron merupakan muatan listrik netral. Adapun elektron adalah muatan listrik negatif.

Jika suatu materi mempunyai jumlah proton sama dengan jumlah elektron, materi tersebut dikatakan tidak bermuatan atau netral. Jika jumlah proton lebih banyak daripada jumlah elektron, sehingga atom-atomnya kekurangan elektron, maka atom tersebut dikatakan bermuatan positif. Adapun atom dikatakan bermuatan negatif jika jumlah elektron lebih banyak daripada jumlah proton, sehingga atom-atomnya kelebihan elektron.

a. Muatan Listrik Elementer

Telah disebutkan bahwa suatu benda dikatakan bermuatan listrik jika atom-atom benda tersebut kekurangan atau kelebihan elektron. Besarnya muatan listrik bergantung pada seberapa banyak atom-atom tersebut kekurangan atau kelebihan elektron. Semakin banyak atom-atomnya kekurangan atau kelebihan elektron, maka semakin besar muatannya.

Dalam sistem satuan internasional (SI), satuan muatan adalah Coulomb (C). Berapakah muatan listrik sebuah elektron, proton, dan neutron?

Muatan elektron = $-1,6 \times 10^{-19}$ Coulomb

Muatan proton = $+1,6 \times 10^{-19}$ Coulomb

Muatan neutron = 0 (tidak bermuatan)

Latihan 5.1

1. Apakah yang dimaksud atom?
2. Jelaskan penemuan ilmuwan berikut yang berkaitan dengan atom!
 - a. J.J. Thomson
 - b. Ernest Rutherford
 - c. Niels Bohr
3. Mengapa mistar plastik yang telah digosok dengan kain wol dapat menarik serpihan-serpihan kertas?
3. Berapakah muatan listrik suatu benda yang atom-atomnya kekurangan 10 elektron?
4. Menurutmu, adakah benda yang atom-atomnya hanya terdiri atas elektron saja?
5. Jelaskan perbedaan antara benda bermuatan positif dan benda bermuatan negatif!

b. Interaksi Muatan Listrik

Kamu telah mengetahui bahwa suatu benda dapat bermuatan dengan cara digosok. Jika kita cermati, Tuhan Yang Maha Esa telah menciptakan makhluk-Nya dengan berpasang-pasangan, contohnya ada laki-laki dan ada perempuan. Pasangan-pasangan tersebut akan berinteraksi baik dengan pasangannya maupun dengan sesamanya. Begitupun muatan, muatan ada yang bermuatan positif dan ada yang bermuatan negatif. Untuk mengamati interaksi antarmuatan ini lakukan kegiatan berikut.

Kegiatan 5.2

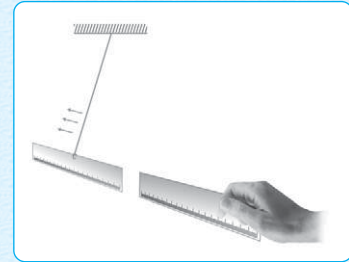
Interaksi Muatan Listrik Sejenis

Alat dan Bahan

Dua buah mistar plastik, tali, dan kain wol.

Prosedur Kerja

1. Gantungkan salah satu penggaris dengan tali sedemikian sehingga pada penggaris tersebut tidak ada gaya lain yang bekerja selain gaya gravitasi.
2. Dengan kain wol, gosoklah kedua mistar plastik beberapa saat.
3. Lepaskan penggaris yang digantung sehingga bergantung bebas.
4. Dekatkan penggaris yang kamu pegang pada penggaris yang sedang menggantung.
5. Amatilah apa yang terjadi. Berikan kesimpulanmu.



Ketika kamu menggosok-gosok mistar plastik dengan kain wol, kamu telah membuat kedua mistar plastik tersebut bermuatan negatif. Kedua mistar plastik yang telah bermuatan negatif tersebut didekatkan satu sama lain, ternyata ada sebuah gaya yang menentang atau menolak kedua penggaris tersebut untuk bersentuhan. Charles Augustin de Coulomb telah meneliti fenomena ini dan menyimpulkan bahwa ada interaksi antara muatan-muatan listrik.

Bagaimana interaksi muatan-muatan listrik? Dari **Kegiatan 5.2** dua buah mistar yang bermuatan negatif, terjadi interaksi saling menolak. Coulomb telah menemukan bahwa jika dua muatan sejenis didekatkan, di antara keduanya akan terjadi interaksi saling menolak. Sedangkan jika dua muatan yang tidak sejenis didekatkan, akan terjadi interaksi saling menarik.

Untuk membuktikan kesimpulan Coulomb bahwa dua muatan yang berlainan jenis akan saling menarik, mari kita lakukan kegiatan berikut!

Kegiatan 5.2

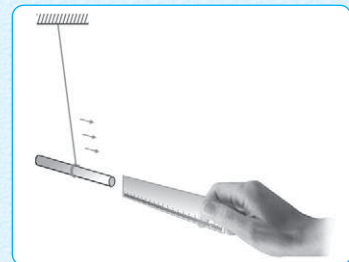
Interaksi Muatan Listrik Berbeda Jenis

Alat dan Bahan

Mistar plastik, kain wol, batang kaca, kain sutra, dan tali.

Prosedur Kerja

1. Gantungkan batang kaca dengan tali.
2. Gosoklah mistar plastik dengan kain wol dan gosok pula batang kaca dengan kain sutra.
3. Dekatkan mistar plastik dengan batang kaca yang tergantung.
4. Amati apa yang terjadi. Berikan kesimpulanmu.



Ketika kamu menggosokkan kain wol ke mistar plastik, maka terjadi perpindahan elektron dari wol ke mistar plastik sehingga mistar plastik tersebut bermuatan listrik negatif. Penggosokan batang kaca dengan kain sutra menyebabkan elektron pindah dari kaca ke sutra sehingga batang kaca bermuatan positif. Ketika didekatkan, antara mistar plastik dan batang kaca terjadi gaya tarik-menarik. Mengapa hal ini terjadi? Sesuai dengan yang disimpulkan oleh Coulomb bahwa muatan tidak sejenis akan tarik-menarik. Mistar dan batang kaca pada kegiatan ini mempunyai muatan yang tidak sejenis, sehingga antara keduanya terjadi gaya tarik-menarik. Contoh benda-benda yang bermuatan listrik karena digosok dengan benda lain ditunjukkan pada **Tabel 1.1**.

Tabel 5.1 Muatan listrik suatu benda karena digosok benda lain

Benda	Digosok dengan	Muatan Listrik
Plastik	kain wol	negatif
Ebonit	kain wol	negatif
Kaca	kain sutera	positif
Sisir	rambut	negatif

c. Hukum Coulomb

Ketika dua buah muatan sejenis didekatkan satu sama lain, terdapat sebuah gaya yang saling menolak yang mencegah kedua muatan tersebut bersatu. Sebaliknya, jika dua buah muatan yang berlainan jenis didekatkan, akan timbul gaya saling menarik. Gaya tolak-menolak dan gaya tarik-menarik ini disebut **gaya elektrostatik**.

Coulomb berhasil menghitung besarnya gaya antarmuatan ini. Sebagai penghargaan atas penemuannya, gaya antarmuatan ini dinamakan **gaya Coulomb**. Dalam penelitiannya, Coulomb menggunakan alat yang dinamakan neraca puntir, seperti terlihat pada **Gambar 5.2**.

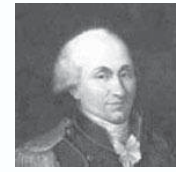
Jika bola A dan B yang bermuatan sejenis didekatkan, maka akan tolak menolak, sehingga lengan neraca terpuntir dari kedudukan seimbang. Makin besar sudut puntiran lengan neraca, makin besar gaya listrik. Coulomb mengukur gaya listrik untuk berbagai pasangan bola A dan B yang muatan listriknya berbeda dan gaya listrik antara pasangan bola A dan B untuk berbagai jarak pisah dengan dasar sudut puntiran tersebut.

Dari hasil penelitiannya, Charles Coulomb menyimpulkan sebagai berikut.

Besarnya gaya tarik-menarik atau tolak-menolak antara dua benda yang bermuatan listrik sebanding dengan hasil kali kedua muatan tersebut dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua muatan tersebut.

Tokoh Sains

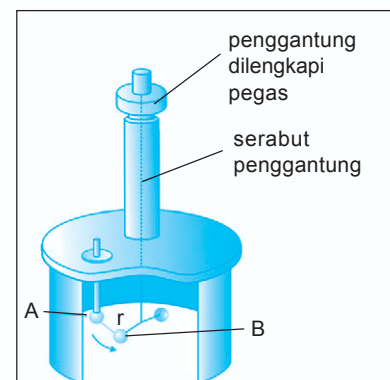
Coulomb



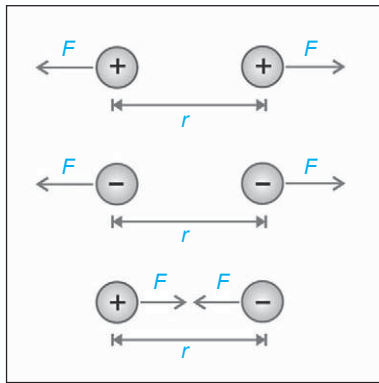
Charles-Augustin de Coulomb (14 Juni 1736 - 23 Agustus 1806) adalah seorang ilmuwan Perancis. Coulomb berbakat besar dalam bidang matematika dan belajar teknik untuk menjadi Korps Ahli Teknik Kerajaan. Setelah bertugas di Martinique selama beberapa tahun, ia kembali ke Paris dan di tahun 1779 terpilih menjadi anggota Akademi Ilmiah di tahun 1781.

Percobaan awal Coulomb meliputi tekanan yang bisa memecahkan suatu benda (1773) dan ini adalah awal ilmu modern tentang kekuatan benda-benda. Karyanya di bidang listrik dan magnet yang membuatnya begitu terkenal, baru diterbitkan dalam serangkaian makalah antara tahun 1785 dan 1789.

Sumber: id.wikipedia.org



Gambar 5.2 Neraca puntir



Gambar 5.3 Muatan yang sejenis akan tolak menolak dan muatan yang tidak sejenis akan tarik menarik.

Misalkan muatan pertama dilambangkan dengan Q_1 , muatan kedua dilambangkan dengan Q_2 , dan jarak antara kedua muatan tersebut dilambangkan r . Besarnya gaya coulomb dapat dituliskan dalam persamaan sebagai berikut.

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \quad \dots\dots (5.1)$$

Keterangan:

- F = gaya coulomb (N)
- k = tetapan = $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$
- Q_1, Q_2 = besar muatan (coulomb)
- r = jarak antarmuatan (m)

Contoh

1. Diketahui dua buah muatan listrik masing-masing bermuatan $+5 \times 10^{-9} \text{ C}$ dipisahkan oleh jarak 0,5 cm. Bagaimanakah in-teraksi kedua muatan tersebut? Hitunglah gaya Coulombnya!

Jawab:

$$Q_1 = Q_2 = +5 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$r = 0,5 \text{ cm} = 0,5 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$F = \dots ?$$

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

$$= 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2 \cdot \frac{(5 \times 10^{-9} \text{ C}) \cdot (5 \times 10^{-9} \text{ C})}{(0,5 \times 10^{-2} \text{ m})^2}$$

$$= 9 \times 10^{-3} \text{ N}$$

Karena kedua muatan tersebut sejenis, interaksi antara kedua muatan tersebut adalah tolak menolak. Besar gaya tolak menolaknya adalah $9 \times 10^{-3} \text{ N}$.

2. Dua buah muatan listrik masing-masing bermuatan $+8 \times 10^{-9} \text{ C}$ dipisahkan oleh jarak r . Jika diketahui gaya coulomb antara dua muatan tersebut adalah $3,6 \times 10^{-4} \text{ N}$, hitunglah nilai r !

Jawab:

$$Q_1 = Q_2 = +8 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$F = 3,6 \times 10^{-4} \text{ N}$$

$$r = \dots ?$$

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

$$\Leftrightarrow 3,6 \times 10^{-4} \text{ N} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \cdot \frac{(8 \times 10^{-9} \text{ C}) \cdot (8 \times 10^{-9} \text{ C})}{r^2}$$

$$\Leftrightarrow 3,6 \times 10^{-4} \text{ N} = \frac{576 \times 10^{-9} \text{ Nm}^2}{r^2}$$

$$\Leftrightarrow r^2 = \frac{576 \times 10^{-9} \text{ Nm}^2}{3,6 \times 10^{-4} \text{ N}} = 16 \times 10^{-4}$$

$$\Leftrightarrow r = \sqrt{16 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 4 \times 10^{-2} \text{ m}$$

Jadi, nilai r adalah $4 \times 10^{-2} \text{ m}$ atau 4 cm.

Selain dipengaruhi oleh muatan dan jarak antarmuatan, gaya Coulomb juga dipengaruhi oleh medium di antara kedua muatan tersebut. Gaya Coulomb antara dua muatan yang terletak di dalam medium air akan berbeda ketika kedua muatan tersebut terletak di udara.

d. Elektroskop

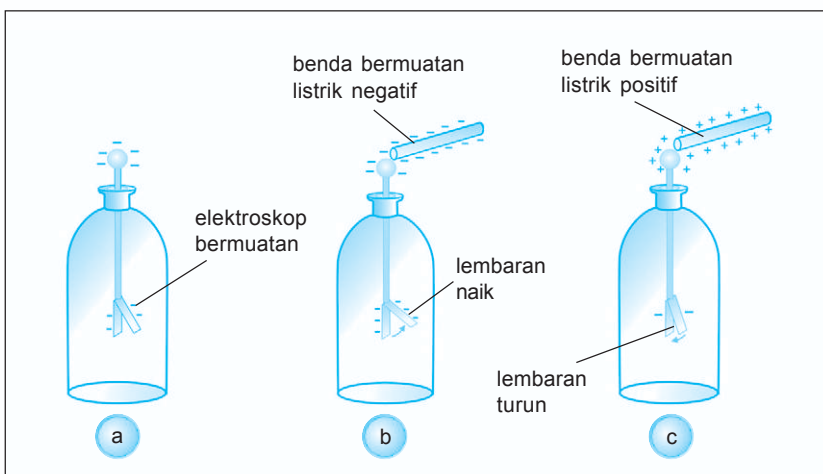
Bagaimana mengetahui sebuah benda bermuatan atau tidak? Untuk mengetahui apakah sebuah benda bermuatan atau tidak dapat diamati menggunakan alat yang dinamakan elektroskop. Elektroskop yang paling umum digunakan adalah elektroskop lembaran emas. Skema elektroskop terlihat seperti **Gambar 5.4**.

Prinsip kerja alat ini berdasarkan sifat muatan, yaitu akan saling menolak jika didekatkan dengan muatan yang sejenis. Elektroskop berbentuk tabung. Di dalam tabung terdapat lembaran emas yang dapat diberi muatan dari bagian atas melalui sebuah kawat konduktor. Jika sebuah benda bermuatan ditempelkan pada kawat konduktor, maka lembaran emas dan batang akan bermuatan pula. Karena jenis muatannya sama, keduanya akan saling menolak dan lembaran emas akan menjauhi batang membentuk huruf "V" terbalik. Semakin besar muatan yang diberikan, lembaran tersebut semakin jauh membuka. Dengan demikian kita dapat mengetahui bahwa benda yang ditempelkan pada ujung atas elektroskop bermuatan.

Bagaimana menentukan jenis muatan listrik suatu benda? Kamu tidak dapat menggunakan elektroskop netral untuk menentukan jenis muatan suatu benda, oleh karena itu kamu harus menggunakan elektroskop bermuatan listrik. Misal elektroskop bermuatan negatif yang daun/lembarannya mekar. Perhatikan **Gambar 5.5**!



Gambar 5.4 Elektroskop



Gambar 5.5 a. Elektroskop listrik negatif.
b. Ketika didekatkan benda bermuatan negatif, lembaran/daun naik.
c. Ketika didekatkan benda bermuatan positif, lembaran/daun turun.

Gambar 5.5a menunjukkan sebuah elektroskop bermuatan listrik negatif. Ketika didekati suatu benda bermuatan listrik, lembaran/daun pada elektroskop makin naik, berarti benda bermuatan yang didekatkan kepala elektroskop mempunyai muatan yang sejenis dengan muatan elektroskop, yaitu bermuatan negatif (**Gambar 5.5b**). Sebaliknya pada **Gambar 5.5c** ketika kepala elektroskop didekati benda bermuatan listrik, lembaran/daun elektroskop makin turun (lebih menguncup). Ini berarti benda bermuatan yang didekatkan pada kepala elektroskop mempunyai muatan yang tidak sejenis dengan muatan elektroskop. Muatan benda bermuatan yang didekatkan kepala elektroskop tersebut bermuatan positif.

3. Induksi Listrik

Kamu telah mengetahui bahwa sebuah benda dapat bermuatan listrik dengan cara digosok. Selain digosok, sebuah benda dapat bermuatan dengan cara induksi. Bagaimana terjadinya induksi listrik?

Gambar 5.6 memperlihatkan sebuah batang P yang tidak bermuatan (netral). Terlihat bahwa jumlah elektron dan jumlah protonnya sama. Ketika sebuah batang Q yang bermuatan negatif didekatkan pada ujung B, muatan-muatan pada batang P akan bereaksi. Semua muatan negatif akan menolak muatan negatif yang berasal dari batang Q, sedangkan semua muatan positif akan tertarik oleh batang Q. Hal ini sesuai dengan sifat elektron yang akan saling menolak jika muatannya sama dan akan saling menarik jika muatannya berbeda.

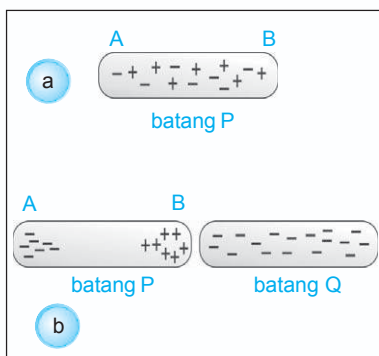
Muatan negatif batang P akan berkumpul di ujung A dan muatan positif akan berkumpul di ujung B. Jika ujung A batang P didekatkan pada elektroskop, apa yang terjadi? Keping yang terdapat pada elektroskop pasti akan membuka karena memperoleh muatan sejenis yaitu muatan negatif dari ujung A batang P. Peristiwa ini disebut sebagai **induksi listrik**.

4. Medan Listrik

Konon, ketika Newton menemukan hukum gravitasi, diilhami oleh sebuah apel yang jatuh dari pohonnya ke tanah. Newton memikirkan mengapa hal tersebut terjadi. Hasil pemikirannya sampai pada sebuah kesimpulan bahwa di antara dua buah benda yang mempunyai massa ada interaksi tarik-menarik. Kesimpulan ini terkenal dengan **hukum gravitasi Newton**.

Buah apel akan jatuh ke tanah karena ada gaya tarik bumi yang disebut **gaya gravitasi**. Massa bumi jauh lebih besar daripada massa sebuah apel. Oleh karena itu, apel akan tertarik oleh bumi, bukan sebaliknya. Dalam hal ini, dikatakan bahwa apel terletak pada medan gravitasi bumi.

Dua buah muatan yang diletakkan pada jarak tertentu akan mengalami hal serupa dengan buah apel yang jatuh ke bumi. Sebuah muatan akan mempunyai medan listrik di sekitarnya



Gambar 5.6 a. Batang P yang netral (tidak bermuatan)
b. Batang P didekatkan dengan batang Q yang bermuatan negatif.

sehingga jika sebuah muatan uji diletakkan pada jarak tertentu, muatan uji tersebut akan mengalami gaya tarik atau gaya tolak dari muatan tersebut selama muatan uji tersebut berada dalam medan listrik bermuatan.

Medan listrik adalah daerah di sekitar benda bermuatan listrik. Benda bermuatan listrik mempunyai garis-garis, seperti ditunjukkan pada **Gambar 5.7**. Garis-garis gaya listrik pada muatan positif bergerak ke luar. Sedangkan pada muatan negatif garis-garis gayanya menuju pusat. Garis-garis gaya berasal dari muatan positif menuju muatan negatif seperti ditunjukkan pada **Gambar 5.8**.

Misalkan, sebuah muatan uji q diletakkan pada jarak tertentu dari muatan Q . Ternyata, muatan uji tersebut akan tertarik oleh muatan Q . Dalam hal ini muatan uji q berada di dalam medan listrik muatan Q . Bagaimana menentukan besarnya kuat medan listrik muatan Q ? Kuat medan listrik didefinisikan sebagai berikut.

Besarnya gaya Coulomb yang dialami oleh sebuah muatan uji q akibat adanya muatan Q dibagi dengan besarnya muatan uji q .

Dalam bentuk matematis, definisi tersebut dituliskan dalam persamaan sebagai berikut.

$$\text{kuat medan listrik} = \frac{\text{gaya Coulomb}}{\text{muatan uji}}$$

$$E = \frac{k \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2}}{q} = k \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2} \quad \dots\dots\dots (5.2)$$

Keterangan:

- E = kuat medan (N/C)
- Q = muatan (C)
- r = jarak muatan uji ke muatan tertentu (m)

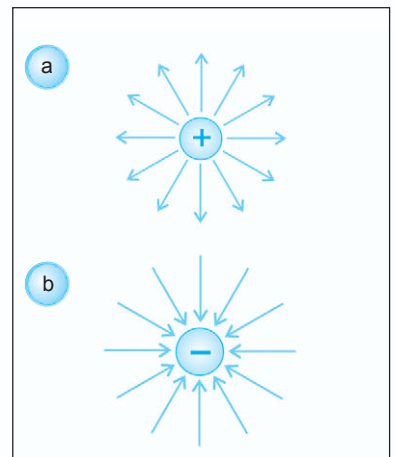
Dari **Persamaan (5.2)** terlihat bahwa untuk mengetahui besarnya kuat medan listrik dari sebuah muatan, kita hanya memerlukan besarnya muatan tersebut serta jarak muatan uji dari muatan yang akan dicari besar medan listriknya. Terlihat bahwa semakin besar muatannya, semakin besar kuat medan listriknya untuk jarak yang sama. Semakin dekat muatan uji dari suatu muatan yang akan dicari kuat medannya, semakin besar kuat medan listriknya untuk muatan yang sama.

Contoh

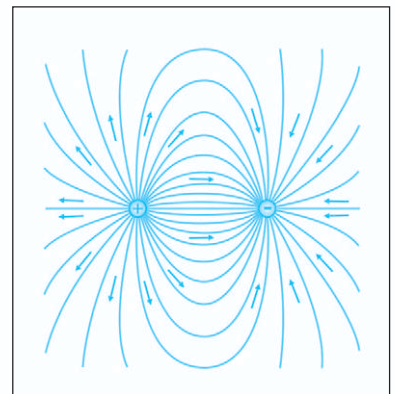
Hitunglah kuat medan listrik dari sebuah muatan Q yang muatannya 7×10^{-9} C pada jarak 7 cm dari muatan tersebut!

Jawab:

- $Q = +7 \times 10^{-9}$ C
- $r = 7 \text{ cm} = 7 \times 10^{-2}$ m
- $E = \dots ?$



Gambar 5.7 a. Medan listrik muatan positif.
b. Medan listrik muatan negatif.



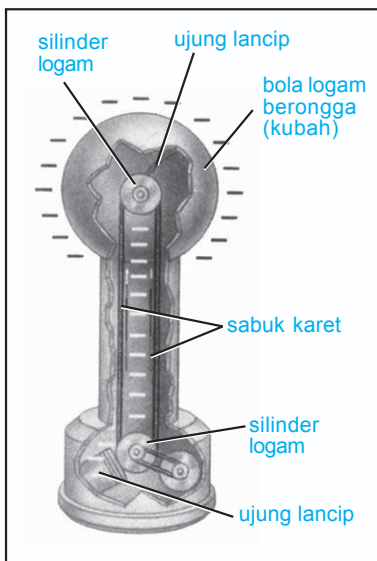
Gambar 5.8 Garis-garis gaya listrik antara muatan positif dan negatif.

$$\begin{aligned}
 E &= k \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2} \\
 &= 9 \times 10^9 \cdot \frac{7 \times 10^{-9}}{(7 \times 10^{-2})^2} \\
 &= 1,29 \times 10^4
 \end{aligned}$$

Jadi, kuat medan listriknya sebesar $1,29 \times 10^4$ N/C.

6. Penerapan Listrik Statis

Listrik statis juga dapat dihasilkan dengan menggunakan generator listrik statis. Contoh generator listrik statis adalah generator Van de Graaff (**Gambar 5.9**).



Gambar 5.9 Generator Van de Graaff

Sumber: Ensiklopedia IPTEK

Generator Van de Graaff menghasilkan listrik statis yang besar dengan metode gesekan. Gesekan antara silinder logam bawah dengan sabuk karet menimbulkan muatan listrik negatif pada sabuk karet. Gesekan antara silinder politen atas dengan sabuk karet menimbulkan muatan positif pada sabuk karet. Jadi, gerak sabuk karet ke atas selalu membawa muatan listrik negatif dan gerak ke bawah selalu membawa muatan listrik positif. Muatan listrik negatif menempati permukaan luar bola yaitu kubah. Di dalam bola tidak ada muatan listrik. Karena sabuk karet terus bergerak, maka muatan listrik negatif pada kubah terus bertambah. Muatan listrik positif pada sabuk karet bawah mengalir ke tanah, sehingga muatan ini dinetralkan oleh muatan listrik dari tanah.

Contoh penerapan listrik statis antara lain sebagai berikut.

- Pengendap elektrostatis pada cerobong asap, fungsinya membersihkan gas buang yang keluar melalui cerobong asap agar tidak mengandung partikel-partikel pencemar.
- Pengecatan mobil, penggunaan penyemprot cat elektrostatis.
- Mesin fotokopi (selain menerapkan konsep optik).
- Petir

Petir merupakan fenomena listrik statis yang sering terjadi pada waktu hujan badai. Awan badai terbentuk oleh uap air, debu, garam dari lautan, dan bahan-bahan lainnya. Di dalamnya arus udara mengalir dengan kencang sehingga menyebabkan partikel-partikel di dalam awan tersebut tersebut saling bertabrakan. Pada peristiwa tabrakan itu terjadi pelepasan elektron antara partikel yang satu dengan partikel yang lain. Partikel yang kehilangan elektron akan bermuatan positif sedangkan partikel yang menerima elektron akan bermuatan negatif. Para ilmuwan belum mengetahui secara pasti mengapa partikel yang relatif lebih berat cenderung bermuatan negatif dan partikel yang lebih ringan cenderung bermuatan positif. Hal inilah yang menyebabkan pada bagian bawah awan berkumpul partikel bermuatan negatif dan pada bagian atas awan berkumpul partikel bermuatan positif.

Selama hujan badai terjadi, bumi yang bermuatan positif akan menarik awan yang bermuatan negatif ke bawah. Pada proses ini muatan akan mencari proses penyaluran yang paling pendek, yaitu tempat-tempat yang paling dekat dengan awan, seperti gedung-gedung tinggi, pohon, dan antena pemancar. Ketika terjadi petir, suhunya dapat mencapai ribuan derajat Celsius dan mengandung energi ribuan mega volt. Kekuatan petir dapat menghancurkan gedung, membunuh hewan dan manusia, serta dapat memusnahkan pohon menjadi serpihan-serpihan.

Untuk melindungi gedung-gedung pencakar langit dari petir, **Benjamin Franklin**, ilmuwan abad ke-17, memprakarsai pembuatan penangkal petir. Saat ini para ilmuwan banyak melakukan eksperimen untuk memanfaatkan energi listrik dalam petir yang sangat besar.

Info Sains

Apakah hanya listrik saja yang mempunyai medan?

Tidak, bukan hanya listrik saja yang memiliki medan. Misalnya gravitasi dan suhu. Pada prinsipnya, selama suatu benda dapat merasakan pengaruh dari benda lain dikatakan benda tersebut berada dalam sebuah medan.

Tugas 5.1

Carilah pemanfaatan listrik statis yang lain dalam kehidupan sehari-hari kemudian diskusikan dengan teman kelompokmu!

Latihan 5.2

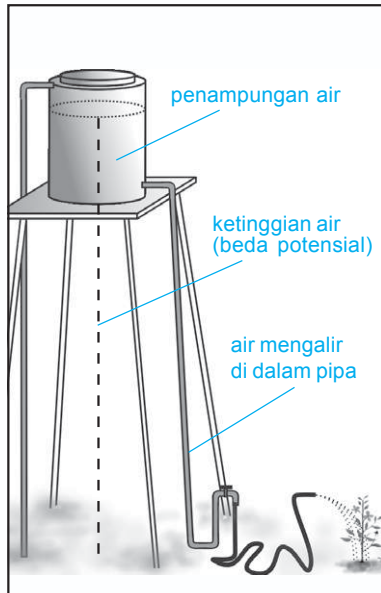
1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan gaya yang terjadi antarmuatan!
2. Apa yang dimaksud dengan medan listrik? Besaran-besaran fisika apa saja yang mempunyai medan?
3. Hitunglah kuat medan listrik dari sebuah muatan Q yang muatannya 5×10^{-9} C pada jarak 4 cm dari muatan tersebut!
4. Apa yang dimaksud beda potensial listrik?
5. Beda potensial listrik benda P dan benda Q diketahui sebesar 10 J/C dan besar muatan yang dapat dipindahkan adalah 20 C. Hitunglah usaha yang dilakukan untuk memindahkan muatan tersebut!



B Listrik Dinamis

Lampu pijar merupakan aplikasi pemanfaatan listrik. Lampu pijar menghasilkan energi cahaya dengan prinsip arus mengalir melewati kawat tipis dan menimbulkan sinar putih-panas. Saat arus listrik mengalir melalui kumparan, kumparan akan panas secara cepat dan memancarkan cahaya. Apa yang dimaksud dengan arus listrik?

1. Pengertian Arus Listrik

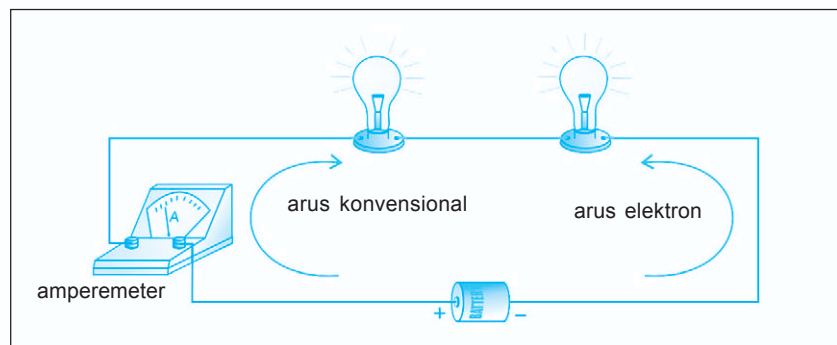


Gambar 5.10 Air dapat mengalir melalui selang dan memancar karena memiliki beda potensial (ketinggian) antara tanah dan tempat penampungan air.

Pernahkah kamu menggunakan slang air untuk menyiram tanaman? Dari mana air yang digunakan untuk menyiram tanaman tersebut? Hampir setiap rumah mempunyai sebuah penampungan air yang digunakan untuk mandi, memasak, dan sebagainya. Penampungan air diletakkan pada tempat yang cukup tinggi. Biasanya ketinggiannya hampir sama dengan atap rumah. Selang air yang digunakan untuk menyiram tanaman berasal dari tempat penampungan air melalui pipa. Mengapa air dapat memancar dengan deras dari selang? Air dalam penampungan yang diletakkan pada ketinggian mempunyai energi potensial. Apakah energi potensial itu? Kamu telah mempelajarinya di kelas VII. Energi potensial adalah energi yang dimiliki sebuah benda karena benda tersebut mempunyai ketinggian. Ketinggian ini diukur relatif dari tanah. Energi potensial ini dapat berubah menjadi energi gerak (energi kinetik). Air dapat mengalir melalui selang karena adanya beda potensial antara tempat penampungan air yang berada pada suatu ketinggian dengan ujung selang yang kamu pegang. Karena beda potensial ini air mengalir melalui slang. Aliran air ini dinamakan arus. Semakin tinggi tempat penampungan air diletakkan, semakin deras arus air yang keluar dari ujung slang.

Bagaimana dengan arus listrik? Perumpamaan arus listrik mirip dengan arus air yang melalui slang seperti penjelasan di atas. Jika pada arus air, yang mengalir adalah air, sedangkan pada arus listrik yang mengalir adalah muatan listrik. Pada abad ke-19, para ilmuwan telah sepakat bahwa arus listrik merupakan aliran muatan positif pada suatu penghantar karena perbedaan potensial.

Ternyata, setelah ditemukan elektron oleh J.J. Thompson, anggapan ini keliru. Bukan muatan positif yang mengalir, melainkan muatan negatif atau elektron. Akan tetapi, anggapan bahwa arus listrik mengalir dari kutub yang bermuatan positif ke kutub yang bermuatan negatif masih digunakan. Hal ini dikarenakan kuantitas banyaknya elektron yang mengalir dalam satu arah sama dengan jumlah muatan negatif yang mengalir dalam arah berlawanan. Pengertian arus listrik merupakan aliran muatan positif dari potensial tinggi ke potensial rendah disebut arus konvensional. Perhatikan **Gambar 5.11!**

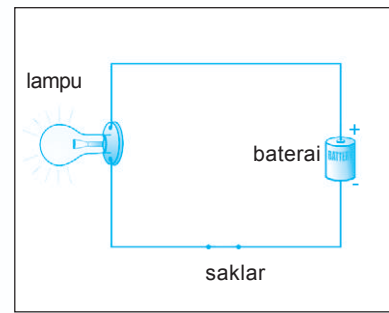


Gambar 5.11 Arus elektron berlawanan arah dengan arus konvensional.

Pada pembahasan tentang beda potensial listrik telah dibahas bahwa suatu benda mempunyai beda potensial tertentu. Semakin besar beda potensial listrik semakin besar arus listrik yang dapat ditimbulkan. Tidak seperti aliran air, aliran arus listrik tidak dapat kamu lihat. Akan tetapi bukti bahwa arus listrik memang ada dapat kamu lihat pada lampu di rumahmu yang menyala merupakan.

Gambar 5.12 merupakan rangkaian sederhana yang membuktikan bahwa arus listrik mengalir pada rangkaian tersebut yang ditandai dengan menyalnya lampu ketika saklar ditutup. Dengan menutup saklar, menjadikan rangkaian tersebut menjadi rangkaian tertutup sehingga arus listrik dapat mengalir.

Ada istilah penting yang sering digunakan dalam pembahasan listrik dinamis yaitu rangkaian listrik tertutup dan rangkaian listrik terbuka. Ketika kamu menyambungkan saklar, arus listrik dapat mengalir dalam rangkaian sehingga lampu dapat menyala. Sebaliknya, jika saklar terbuka, arus listrik tidak dapat mengalir dalam rangkaian sehingga lampu tidak menyala. Coba kamu simpulkan sendiri apa yang dimaksud rangkaian listrik tertutup dan rangkaian listrik terbuka.



Gambar 5.12 Arus listrik mengalir di dalam sebuah rangkaian.

Kegiatan 5.4

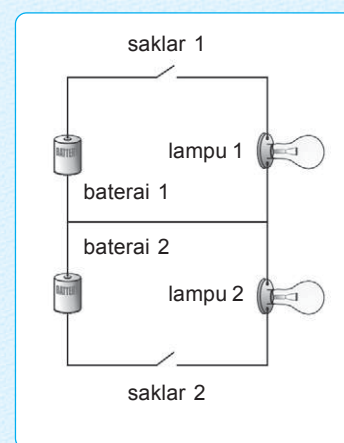
Arus Listrik dalam Rangkaian Tertutup

Alat dan Bahan

Dua buah lampu kecil 3 volt dan dudukannya, 2 buah baterai dan dudukannya, dan dua buah saklar.

Prosedur Kerja

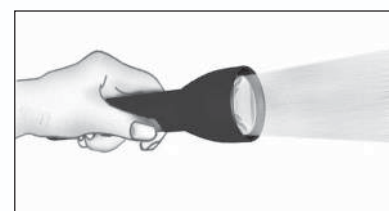
1. Buatlah rangkaian seperti gambar di samping.
2. Tutuplah saklar 1 dan saklar 2. Apakah lampu 1 dan lampu 2 menyala?
3. Biarkan saklar 1 tetap tertutup. Bukalah saklar 2, apa yang terjadi?
4. Bukalah saklar 1 dan tutup saklar 2, apa yang terjadi?
5. Apakah kesimpulan dari kegiatan ini?



Kegiatan 5.4 merupakan kegiatan yang membuktikan bahwa arus listrik mengalir di dalam rangkaian tertutup. Ketika kedua saklar tertutup, kedua lampu menyala. Ketika saklar 1 tertutup dan saklar 2 terbuka, ternyata lampu 1 menyala dan lampu 2 padam. Sebaliknya, ketika saklar 1 terbuka dan saklar 2 tertutup, maka lampu 1 padam dan lampu 2 menyala.

2. Kuat Arus Listrik

Ketika kamu memancarkan air dari slang, kamu dapat melihat kekuatan air memancar. Semakin tinggi tempat penampungan air, semakin kencang air tersebut memancar.



Gambar 5.13 Nyala lampu senter makin redup jika sering dipakai.

Jika sebuah lampu senter dinyalakan dan baterai yang digunakan adalah baterai baru, apa yang terjadi? Lampu senter tersebut akan menyala terang. Akan tetapi cahaya lampu senter yang terang tidak akan bertahan selamanya. Semakin lama lampu senter tersebut dinyalakan, cahaya lampu senter tersebut semakin redup.

Mobil-mobilan yang menggunakan baterai akan melaju dengan cepat dan lincah jika baterai yang digunakannya masih baru. Akan tetapi, mobil-mobilan tersebut akan semakin lemah jika baterainya semakin sering digunakan.

Dari kedua contoh di atas, kita dapat menyimpulkan bahwa kuat arus dipengaruhi oleh potensial sumber arus listrik tersebut. Semakin besar beda potensialnya, semakin besar kuat arus yang dapat dihasilkannya. Apakah arus listrik itu? Perhatikan sebuah baterai. Sebuah baterai mempunyai dua kutub, yaitu kutub positif dan kutub negatif. Kutub positif mempunyai potensial lebih besar daripada kutub negatif. Oleh karena itu, muatan listrik dapat mengalir dari kutub positif ke kutub negatif. Aliran muatan ini semakin lama semakin kecil. Jadi, ada hubungan antara kuat arus dan waktu.

Kuat arus listrik didefinisikan sebagai banyaknya muatan listrik yang mengalir setiap sekon. Kuat arus listrik dilambangkan dengan I dan satuannya adalah ampere (A). Satu ampere merupakan muatan 1 Coulomb yang mengalir setiap satu sekon. Jika definisi kuat arus ini dituliskan dalam bentuk matematika, diperoleh:

$$I = \frac{Q}{t} \dots\dots (5.3)$$

Keterangan:

- I = kuat arus listrik (A = ampere)
- Q = muatan listrik (C = Coulomb)
- t = waktu (s = sekon)

Satuan kuat arus lainnya adalah sebagai berikut.

- a. miliampere (mA), $1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$
- b. mikroampere (μA), $1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$

Contoh

1. Muatan sebesar 180 coulomb mengalir dalam 30 detik. Hitunglah kuat arus listriknya!

Jawab:

$$Q = 180 \text{ C}$$

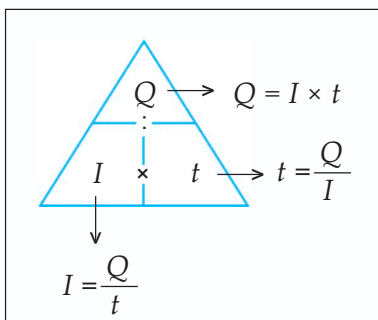
$$t = 30 \text{ sekon}$$

$$I = \dots ?$$

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{180 \text{ C}}{30 \text{ s}} = 6 \text{ C/s}$$

Jadi, besarnya arus listrik adalah 6 A.

2. Jika diketahui kuat arus sebuah sumber arus listrik adalah 5 A, hitunglah muatan yang mengalir selama 1 menit!



Gambar 5.14 Segitiga ohm

Jawab:

$$I = 5 \text{ A}$$

$$t = 1 \text{ menit} = 60 \text{ detik}$$

$$Q = \dots ?$$

$$I = \frac{Q}{t} \Leftrightarrow Q = I \times t = 5 \text{ A} \times 60 \text{ s} = 300 \text{ C}$$

Jadi, banyaknya muatan yang mengalir adalah 300 C.

Tugas 5.2

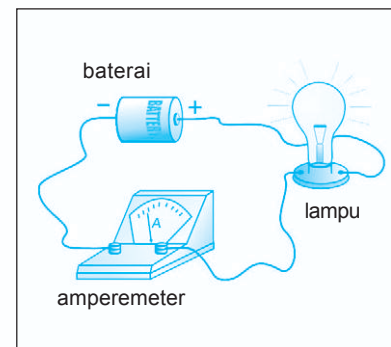
Baterai ponsel yang kosong perlu diisi ulang agar dapat digunakan lagi. Carilah informasi tentang apa yang dimaksud isi ulang (*recharge*)! Bagaimana cara kerjanya dan mengapa ada baterai yang dapat diisi ulang dan ada yang tidak?

3. Mengukur Kuat Arus Listrik

Telah disebutkan bahwa kuat arus listrik mempunyai satuan ampere. *Satu ampere* didefinisikan sebagai banyaknya muatan yang mengalir setiap satu sekon.

Bagaimana jika kamu ingin mengetahui besarnya arus listrik dari sebuah baterai 1,5 volt? Untuk mengukur kuat arus listrik digunakan sebuah alat yang dinamakan **amperemeter**.

Penggunaan amperemeter ini dihubungkan dengan kedua kutub baterai yaitu kutub positif dan kutub negatif sedemikian sehingga arus listrik dari baterai melewati amperemeter. Untuk lebih memahami bagaimana penggunaan amperemeter, lakukan kegiatan berikut!



Gambar 5.15 Amperemeter disusun seri dalam rangkaian listrik.

Kegiatan 5.5

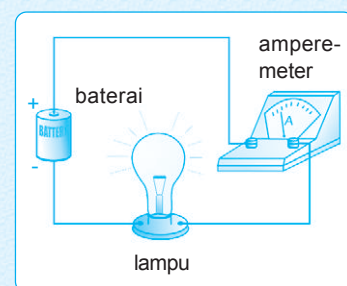
Menggunakan Amperemeter

Alat dan Bahan

Sebuah amperemeter, baterai beserta dudukannya, lampu, dan kabel secukupnya.

Prosedur Kerja

1. Buatlah rangkaian seperti gambar di samping.
2. Amati jarum pada amperemeter.
3. Catatlah angka yang terbaca oleh amperemeter tersebut.
4. Bagaimana jika kabel pada salah satu kutub baterai dilepas? Apakah jarum amperemeter bergerak?
5. Berikan kesimpulanmu.



Ketika amperemeter dihubungkan dengan baterai, jarum amperemeter tersebut akan bergerak. Hal ini menandakan bahwa baterai tersebut masih dapat mengeluarkan arus listrik dan rangkaiannya benar.

4. Potensial Listrik

Angkatlah sebuah beban yang terletak pada lantai setinggi h . Ketika kamu mengangkat beban tersebut, kamu mengeluarkan gaya untuk melawan gaya tarik gravitasi terhadap benda tersebut. Besarnya gaya yang kamu berikan dikalikan perpindahan benda dari keadaan semula dalam hal ini ketinggian h dinamakan usaha. Usaha juga dapat dihitung dengan menghitung beda potensial ketika benda berada di atas lantai dan ketika benda berada pada ketinggian h .

Hal serupa terjadi ketika sebuah muatan uji $+q$ yang berada dalam sebuah medan listrik dari sebuah muatan $-Q$ digerakkan menjauhi muatan $-Q$. Karena antara kedua muatan ini saling menarik, diperlukan sebuah usaha untuk memindahkan muatan uji q tersebut. Besarnya usaha dibagi besarnya muatan uji dinamakan beda potensial listrik. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut.

$$v_1 - v_2 = \frac{W}{q} \quad \dots\dots (5.4)$$

Keterangan:

- W = usaha (Joule)
- $v_1 - v_2$ = beda potensial antara kedudukan 1 dan kedudukan 2 (volt atau Joule/Coulomb)
- q = muatan listrik (Coulomb)

Contoh

Muatan listrik sebesar 40 C dipindahkan dari benda 1 menuju ke benda 2. Jika diketahui usaha untuk memindahkan benda tersebut adalah 120 J, hitunglah beda potensial listrik antara benda 1 dan benda 2!

Jawab:

$$q = 40 \text{ C}$$

$$W = 120 \text{ J}$$

$$\Delta v = \dots ?$$

$$v_1 - v_2 = \frac{W}{q} = \frac{120 \text{ J}}{40 \text{ C}} = 3 \text{ J/C}$$

Jadi, besarnya beda potensial adalah 3 volt.

5. Beda Potensial Listrik

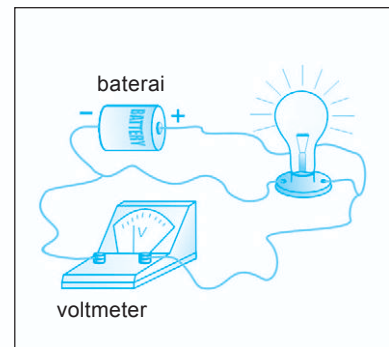
Mengapa arus listrik dapat mengalir? Perhatikan ketika kamu menjatuhkan benda dari ketinggian. Benda akan jatuh karena tertarik oleh bumi. Benda yang terletak pada suatu ketinggian memiliki energi potensial. Berarti ada beda potensial antara benda yang terletak pada suatu ketinggian dengan titik acuan (bumi).

Bagaimana dengan arus listrik? Arus listrik pun dapat mengalir karena adanya beda potensial. Baterai dapat mengalirkan arus listrik karena baterai mempunyai beda potensial antara kedua kutubnya yaitu kutub positif dan kutub negatif. Kutub positif mempunyai potensial lebih besar daripada kutub negatif. Dengan demikian, arus listrik pada baterai akan mengalir dari kutub positif ke kutub negatif.

Perbedaan potensial antara dua titik dalam suatu rangkaian dinamakan *tegangan*. Biasanya, baterai mempunyai tegangan yang tertulis pada bagian luarnya misalnya 1,5 V, artinya baterai tersebut mempunyai beda potensial antara kutub positif dan kutub negatif sebesar 1,5 V.

Seperti halnya arus listrik yang dapat diukur menggunakan amperemeter, tegangan (beda potensial) dapat juga diukur. Alat untuk mengukur beda potensial disebut **voltmeter**.

Ada perbedaan cara mengukur beda potensial dengan cara mengukur arus. Arus listrik diukur dengan merangkai amperemeter secara seri dalam suatu rangkaian, sedangkan mengukur beda potensial listrik dilakukan dengan merangkai voltmeter secara sejajar (paralel) dalam suatu rangkaian. Untuk memahami cara mengukur beda potensial menggunakan voltmeter, mari kita lakukan kegiatan berikut!



Gambar 5.16 Voltmeter digunakan untuk mengukur tegangan listrik, dipasang paralel dalam rangkaian listrik.

Kegiatan 5.6

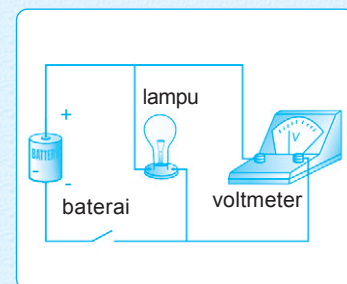
Menggunakan Voltmeter

Alat dan Bahan

Sebuah voltmeter, baterai beserta dudukannya, lampu, saklar, dan kabel secukupnya.

Prosedur Kerja

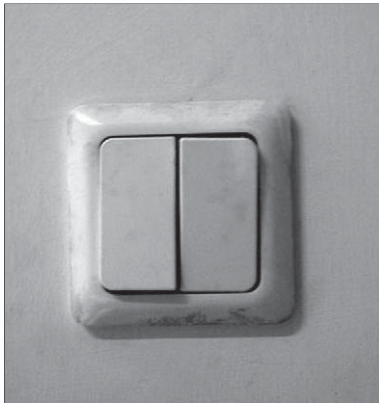
1. Rangkai peralatan seperti gambar di samping
2. Tutuplah saklar pada rangkaian.
3. Perhatikan lampu pada rangkaian, apakah menyala?
4. Jika lampu menyala, hal ini menandakan bahwa arus listrik telah mengalir dalam rangkaian.
5. Perhatikan voltmeter, apakah jarum penunjuk bergerak? Catatlah angka yang ditunjukkan oleh voltmeter tersebut.



Ketika saklar ditutup, lampu akan menyala. Pada keadaan ini, kamu dapat mengukur beda potensial dengan membaca angka yang ditunjukkan oleh jarum pada voltmeter. Dapat disimpulkan bahwa beda potensial dapat diukur jika rangkaian dalam keadaan tertutup dan ada arus listrik yang mengalir dari sebuah sumber arus listrik misalnya baterai. Tapi perlu diingat, voltmeter harus dirangkai secara paralel. Angka yang ditunjukkan oleh voltmeter merupakan beda potensial antara dua buah kutub.

6. Rangkaian Listrik

Sebuah rangkaian listrik terdiri dari beberapa komponen. Dapatkah kamu menyebutkan beberapa contoh komponen listrik yang ada di rumahmu? Komponen listrik adalah alat-alat yang digunakan untuk membuat sebuah peranti dan dapat berfungsi jika dialiri arus listrik.

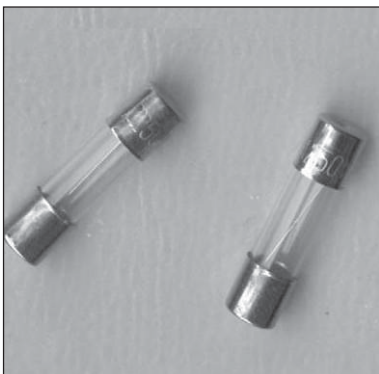


Gambar 5.17 Saklar

Saklar merupakan sebuah komponen listrik. Saklar digunakan untuk menyambungkan atau memutuskan arus listrik pada sebuah rangkaian listrik. Jika kamu menekan saklar pada posisi ON, berarti kamu telah membuat rangkaian menjadi tertutup dan arus listrik dapat mengalir dalam rangkaian sehingga lampu menyala. Saklar diperlukan untuk mematikan dan menghidupkan sebuah alat listrik. Hampir semua peralatan yang menggunakan listrik mempunyai saklar. Misalnya, televisi, radio, kipas angin, mobil-mobilan, dan sebagainya.

Saklar diberi simbol 

Sekring merupakan contoh komponen listrik lainnya. Apakah kegunaan sekring? Jika kamu menghubungkan kutub positif dan kutub negatif pada baterai dengan kabel secara langsung, kamu telah membuat sebuah hubungan singkat. Hubungan singkat terjadi jika kutub-kutub yang berbeda dari sebuah sumber arus dihubungkan tanpa melalui hambatan. Jika tegangannya sangat besar, maka hubungan singkat akan sangat berbahaya. Arus listrik yang mengalir dalam kabel akan sangat besar sehingga menimbulkan pemanasan pada kabel tersebut dan dapat mengakibatkan kebakaran. Mengapa arus yang mengalir dalam hubungan singkat dapat sangat besar? Hal ini karena dalam hubungan singkat hambatannya sangat kecil. Kebakaran sering terjadi akibat hubungan singkat tersebut. Jadi, kamu harus hati-hati dalam menggunakan listrik. Untuk menghindari bahaya tersebut, maka dipasang sekring. Fungsi sekring adalah untuk membatasi arus listrik yang mengalir. Sekring akan putus bila arusnya melebihi batas.



Gambar 5.18 Salah satu jenis sekring.

Sekring diberi simbol 

a. Rangkaian Seri

Pada **Kegiatan 5.4** dan **Kegiatan 5.5** kamu telah mempelajari bagaimana membuat rangkaian sederhana. Di dalam sebuah rangkaian terdapat komponen-komponen listrik, seperti lampu, kabel, amperemeter, voltmeter, dan sebagainya. Telah disinggung pula bahwa untuk mengukur kuat arus listrik di dalam sebuah rangkaian tertutup, ampere-meter harus disusun secara seri dengan sumber arus listrik misalnya baterai. Apakah rangkaian seri itu?

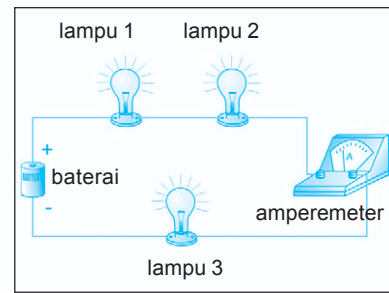
Rangkaian seri adalah rangkaian listrik di mana semua hambatan listrik (atau peralatan listrik) disusun berderet, ujung hambatan satu bersambungan dengan ujung hambatan yang lainnya. Dalam rangkaian seri, besarnya hambatan total rangkaian merupakan jumlah dari ke-

seluruhan hambatan peralatan listrik yang disambungkan dalam rangkaian. **Gambar 5.19** merupakan sebuah contoh rangkaian seri. Pada rangkaian tersebut terdapat komponen-komponen listrik, yaitu baterai, tiga buah lampu, dan amperemeter. Sebuah rangkaian seri ditandai dengan tidak adanya percabangan di rangkaian tersebut.

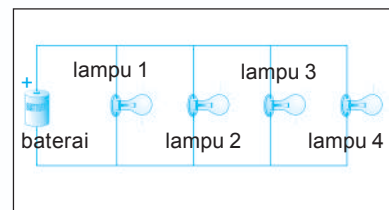
b. Rangkaian Paralel

Selain rangkaian seri, sebuah rangkaian listrik dapat berupa rangkaian paralel. Pada rangkaian paralel, komponen-komponen listrik disusun secara paralel/sejajar dengan sumber arus listrik. Contoh sebuah rangkaian paralel ditunjukkan pada **Gambar 5.20**. Dalam rangkaian paralel, besarnya hambatan total dalam rangkaian lebih kecil dari hambatan setiap peralatan listrik yang disambungkan. Besarnya hambatan pengganti dari rangkaian seri dan paralel serta besarnya kuat arus dan tegangan yang mengalir dalam rangkaian akan dipelajari di subbab berikutnya tentang hambatan listrik.

Alat-alat listrik di rumahmu disusun secara paralel. Dengan cara ini, kamu dapat menonton televisi dan menyalakan lampu secara bersamaan. Jika televisi dimatikan, lampu akan tetap menyala.



Gambar 5.19 Tiga buah lampu yang disusun seri.



Gambar 5.19 Empat buah lampu yang disusun paralel.

Tugas 5.3

Apa keuntungan dan kerugian pemilihan jenis rangkaian? Diskusikan dengan temanmu!

Latihan 5.3

1. Jelaskan yang dimaksud dengan arus listrik!
2. Apa yang menyebabkan timbulnya arus listrik?
3. Mengapa sebuah baterai jika dipergunakan terus menerus, maka semakin lama baterai itu semakin melemah (arus listriknya berkurang)?
4. Sebutkan macam-macam komponen listrik beserta fungsinya!
5. Terdapat tiga buah lampu dan sebuah baterai. Gambarkan rangkaian seri dan rangkaian paralel dari komponen-komponen listrik tersebut!



C Rangkaian Listrik Tertutup

Kamu telah mempelajari rangkaian listrik yang disusun secara seri dan paralel. Contoh rangkaian listrik seri dapat kamu lihat pada lampu senter. Baterai-baterai di dalam lampu senter disusun secara seri. Bagaimana jika baterai dalam lampu senter itu disusun secara paralel?

Ternyata, ada hubungan antara potensial, kuat arus listrik, dan hambatan listrik. Perlu diketahui bahwa setiap komponen listrik mempunyai hambatan (*resistansi*). Masih ingatkah kamu mengapa terjadi hubungan singkat? Hubungan singkat terjadi karena dua kutub listrik yaitu kutub positif dan kutub negatif dihubungkan secara langsung tanpa adanya komponen listrik di antara keduanya. Dalam hal ini, komponen listrik bertindak sebagai hambatan karena pada dasarnya setiap alat listrik mempunyai hambatan.

1. Hubungan Kuat Arus Listrik, Beda Potensial, dan Hambatan

Telah disebutkan bahwa ada hubungan antara kuat arus listrik (I), beda potensial (V), dan hambatan (R). Untuk melihat bagaimana ketiga besaran tersebut saling memengaruhi, lakukan kegiatan berikut!

Kegiatan 5.7

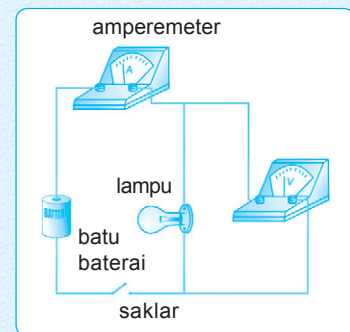
Hubungan Antara Kuat Arus, Beda Potensial, dan Hambatan

Alat dan Bahan

Sebuah lampu, 3 buah batu baterai, amperemeter, voltmeter, dan kabel.

Prosedur Kerja

1. Buatlah rangkaian seperti gambar di samping.
2. Tutuplah rangkaian tersebut dengan cara menutup saklar
3. Amati besar kuat arus dan tegangan pada alat ukur.
4. Tambahkan baterainya sehingga diperoleh nilai kuat arus dan tegangan yang berbeda.
5. Tulislah hasil pengamatanmu pada tabel berikut.



Tegangan (V)	Kuat Arus (I)	$\frac{V}{I}$

6. Buatlah grafik hubungan antara tegangan (V) dan kuat arus (I).
7. Apakah kesimpulan dari hasil percobaan di atas?

Dari **Kegiatan 5.7** hubungan antara tegangan (V) dan kuat arus listrik (I) dapat dibuat grafik, seperti ditunjukkan pada **Gambar 5.21**.

Berdasarkan grafik tersebut dapat dicari harga gradiennya (ingat pelajaran matematika), yang secara matematis dituliskan sebagai berikut.

$$y = m \cdot x$$

Dengan m adalah suatu tetapan atau gradien. Harga gradien ini dapat dicari melalui perbandingan berikut.

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

Secara analog, grafik V terhadap I dapat juga ditentukan gradiennya sebagai berikut.

$$m = \frac{\Delta V}{\Delta I}$$

Nilai m yang tetap tersebut kemudian disebut besaran hambatan listrik, yang diberi simbol R .

George Simone Ohm (1789–1854) meneliti hubungan antara potensial listrik (V), kuat arus (I), dan hambatan listrik (R). Secara matematis dituliskan sebagai berikut.

$$R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots (5.5)$$

Keterangan:

- R = hambatan listrik (ohm)
- V = beda potensial (volt)
- I = kuat arus (ampere)

Rumus di atas dikenal sebagai **Hukum Ohm**, yaitu hambatan di dalam suatu rangkaian sama dengan tegangan dibagi arus.

Contoh

1. Sebuah lampu disusun seri dengan sebuah amperemeter dan sumber tegangan sebesar 20 V. Jika jarum amperemeter menunjukkan angka 0,5 A, hitung besar hambatan lampu!

Jawab:

$$V = 20 \text{ V}$$

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

$$R = \dots ?$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{20 \text{ V}}{0,5 \text{ A}} = 40 \text{ ohm}$$

Jadi, hambatan lampu tersebut adalah 40 ohm.

2. Diketahui sebuah sumber listrik sebesar 25 V. Jika sumber listrik itu dihubungkan dengan sebuah lampu yang hambatannya 5 ohm, hitunglah arus yang mengalir dalam lampu tersebut!

Jawab:

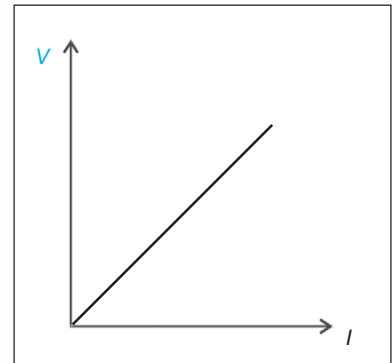
$$V = 25 \text{ V}$$

$$R = 5 \text{ ohm}$$

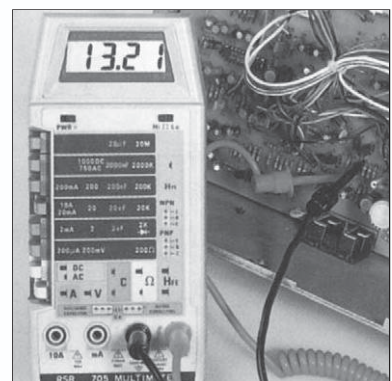
$$I = \dots ?$$

$$R = \frac{V}{I} \Leftrightarrow I = \frac{V}{R} = \frac{25 \text{ V}}{5 \text{ ohm}} = 5 \text{ A}$$

Jadi, arus yang mengalir dalam lampu tersebut adalah 5 A.



Gambar 5.21 Grafik hubungan antara tegangan (V) dan arus listrik (I).



Gambar 5.22 Ohmmeter digunakan untuk mengukur hambatan sebuah komponen listrik.

Sumber: Dokumen Penerbit

Info Sains

Unit Penurun Tegangan

Mengapa komponen-komponen listrik di dalam televisi tidak terbakar atau rusak ketika dihubungkan dengan sumber listrik yang tegangannya mencapai 220 V? Di dalam televisi terdapat sebuah komponen listrik yang berfungsi untuk menurunkan tegangan dari sumber listrik yang bertegangan tinggi, misalnya sumber listrik dari PLN yang bertegangan 220 V. Dengan demikian tegangan listrik yang masuk ke dalam televisi dapat disesuaikan dengan kebutuhan.

2. Hukum Ohm dalam Keseharian



Gambar 5.23 a. Lampu menyala redup.
b. Lampu menyala terang.

Dalam kehidupan sehari-hari, pengetahuan tentang Hukum Ohm sangat bermanfaat dalam pemilihan komponen-komponen listrik yang baik serta sesuai dengan besarnya tegangan yang tersedia. Misalnya, jika kamu menggunakan lampu baterai. Lampu baterai mempunyai tahanan yang dibuat sesuai dengan nilai tegangan yang besarnya tertentu. Jika lampu baterai tersebut dihubungkan dengan baterai yang tegangannya terlalu besar, maka lampu tersebut akan rusak. Sebaliknya jika lampu tersebut dihubungkan dengan baterai yang tegangannya terlalu kecil, lampu tersebut tidak akan menyala secara maksimal atau lampu tersebut akan terlihat redup.

Biasanya alat-alat listrik dibuat sedemikian rupa sehingga besarnya tegangan yang diperlukan untuk mengoperasikan alat tersebut dapat menggunakan sumber tegangan dari sumber listrik dari PLN. Untuk menyesuaikan kebutuhan tegangan yang diperlukan guna mengoperasikan alat tersebut, biasanya alat-alat listrik dibuat dengan menambahkan hambatan. Baik dari segi bahan pembuatannya, atau ditambahkan resistor lain untuk menambah tahanan alat tersebut.

Latihan 5.4

1. Bagaimana hubungan antara tegangan, tahanan, dan kuat arus menurut Hukum Coulomb?
2. a. Gambarkan hubungan antara tegangan, tahanan, dan kuat arus dalam bentuk grafik!
b. Gambarkan pula grafik hubungan antara hambatan dan kuat arus!
3. Apa fungsi hambatan dalam sebuah rangkaian listrik?
4. Sebuah kawat diberi arus 4 ampere. Jika kawat tersebut mempunyai hambatan 12 ohm, hitunglah beda potensial antara dua kawat tersebut!
5. Menurut pengetahuanmu, sebutkan aplikasi Hukum Ohm dalam keseharian!

3. Hambatan Jenis

Masih ingatkah kamu pemisalan arus listrik dengan aliran air yang keluar dari slang? Sekedar mengingatkan, arus listrik mirip dengan aliran arus air di dalam slang. Banyaknya air yang mengalir dari slang bergantung pada besarnya pipa. Semakin besar ukuran pipa, semakin besar pula air yang mengalir setiap waktu.

Hal serupa terjadi pada arus listrik. Kamu telah mengetahui bahwa arus listrik bergantung pada hambatan penghantarnya yaitu kabel dan komponen-komponen listrik yang terdapat dalam rangkaian tersebut. Hambatan listrik bergantung pada jenis bahan hambatan, panjang hambatan dan luas penampang yang dilalui arus listrik. Untuk mengetahui hubungan di antaranya, lakukan percobaan berikut!

Kegiatan 5.8

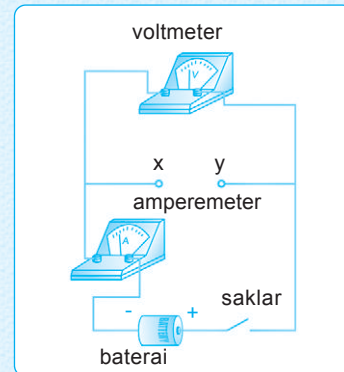
Menyelidiki Hambatan Kawat Penghantar

Alat dan Bahan

Voltmeter, amperemeter, kawat nikrom (0,5 m dan 1 m), kawat konstantan (0,5 m), batu baterai dua buah, saklar, dan kabel secukupnya.

Prosedur Kerja

1. Rangkai alat-alat seperti gambar di samping.
2. Pasang kawat nikrom dengan panjang 0,5 m antara titik x dan y. Tutup saklar, catat besar kuat arus dan tegangan yang terbaca pada alat ukur.
3. Buka saklar.
4. Gantilah kawat nikrom dengan panjang 1 m, kemudian pasang kembali pada titik x dan y. Catat besar kuat arus dan tegangan yang terbaca pada alat ukur.
5. Buka kembali saklar.
6. Ulangi langkah 4 untuk panjang kawat nikrom 0,5 m tetapi luas penampang menjadi 2 kali semula.
7. Ulangi langkah 4 untuk kawat konstantan yang panjangnya 0,5 m (luas penampangnya sama dengan luas penampang kawat nikrom).
8. Tulislah hasil pengamatan ke dalam tabel berikut.



No.	Jenis Kawat	Panjang Kawat (l)	Luas Penampang kawat (A)	Tegangan (V)	Arus (I)	$\frac{V}{I}$

9. Apakah kesimpulanmu dari kegiatan ini?

Dari hasil kegiatan, diperoleh bahwa nilai hambatan suatu penghantar bergantung pada hal-hal berikut ini.

1. Panjang kawat, semakin panjang kawat maka hambatan semakin besar.
2. Luas penampang kawat, semakin besar luas penampang maka hambatannya semakin kecil.
3. Jenis bahan.

Jika dituliskan dalam bentuk matematika, hambatan dapat dituliskan sebagai berikut.

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} \dots\dots\dots (5.6)$$

Keterangan:

- R = hambatan (Ω)
 ρ = hambatan jenis (Ωm)
 l = panjang bahan (m)
 A = luas penampang (m^2)

Tokoh Sains

Georg Simon Ohm



Georg Simon Ohm (16 Maret 1789 - 6 Juli 1854) adalah seorang ahli fisika Jerman. Ketika menjadi guru sekolah menengah, Ohm memulai penelitiannya tentang sel elektrokimia yang baru ditemukan oleh Alessandro Volta, seorang ahli dari Italia. Dengan menggunakan peralatan yang dibuatnya sendiri, Ohm menunjukkan adanya hubungan langsung antara perbedaan potensial yang melewati suatu konduktor dengan arus yang mengalir di dalamnya. Hubungan ini kemudian dikenal sebagai Hukum Ohm. Penemuannya tersebut mengawali bidang analisis rangkaian listrik.

Sumber: en.wikipedia.org

Contoh beberapa jenis penghambat dalam rangkaian listrik:

- rheostat
- resistor pita warna
- potensiometer

Hambatan jenis merupakan sifat khas dari suatu bahan. Bahan yang terbuat dari besi akan berbeda hambatan jenisnya dengan bahan yang terbuat dari tembaga. Sebuah penghantar misalnya kabel harus memiliki hambatan jenis yang kecil sehingga arus dari sumber tegangan tidak banyak yang hilang ketika sampai pada alat listrik.

Ukuran panjang dan luas penampang bahan juga memengaruhi hambatan sebuah bahan. Semakin panjang sebuah penghantar dan semakin kecil luas penampangnya, semakin besar hambatannya. Demikian sebaliknya.

Contoh

- Sebuah kawat panjangnya 50 cm dan luas penampangnya $0,5 \text{ cm}^2$. Hitunglah hambatan jenis kawat tersebut jika hambatannya 5.000Ω !

Jawab:

$$l = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$$

$$A = 0,5 \text{ cm}^2 = 0,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$R = 5.000 \Omega$$

$$\rho = \dots ?$$

$$\begin{aligned} R = \rho \cdot \frac{l}{A} &\Leftrightarrow \rho = \frac{R \times A}{l} \\ &= \frac{5.000 \Omega \times (0,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2)}{0,5 \text{ m}} \\ &= 0,5 \Omega\text{m} \end{aligned}$$

Jadi, bahan tersebut mempunyai hambatan jenis sebesar $0,5 \Omega\text{m}$.

- Sebuah kawat panjangnya 3 m dan luas penampangnya $0,5 \text{ cm}^2$. Hitunglah hambatan kawat tersebut jika hambatan jenisnya $2 \times 10^{-3} \Omega\text{m}$!

Jawab:

$$l = 3 \text{ m}$$

$$A = 0,5 \text{ cm}^2 = 0,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\rho = 2 \times 10^{-3} \Omega\text{m}$$

$$R = \dots ?$$

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} = 2 \times 10^{-3} \Omega\text{m} \cdot \frac{3 \text{ m}}{0,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 120 \Omega$$

Jadi, bahan tersebut mempunyai hambatan sebesar 120 ohm.

Dari Hukum Ohm ini kita dapat mengetahui bahwa bentuk dan sifat-sifat bahan sebuah penghantar listrik memengaruhi nilai hambatannya. Semakin kecil nilai hambatan suatu bahan semakin baik bahan tersebut dijadikan penghantar listrik.

Panjang penghantar yang memengaruhi besarnya hambatan menjadi kendala bagi PLN untuk mendistribusikan listrik. Kamu bayangkan berapa ratus kilometer panjang kabel PLN yang digunakan untuk mendistribusikan arus listrik ini. Akan tetapi, hal ini dapat ditanggulangi dengan adanya alat transformator. Transformator berfungsi untuk meningkatkan atau menurunkan tegangan.

4. Konduktor, Isolator, dan Semikonduktor

Ketika kamu mempelajari rangkaian listrik, kamu menggunakan kabel sebagai penghantar arus listriknya. Bagaimana jika kabel tersebut diganti dengan tali plastik, apakah lampu menyala?

Hukum Ohm menyatakan bahwa jenis bahan memengaruhi nilai hambatan listriknya. Sifat alami yang dimiliki suatu bahan adalah hambatan jenisnya. Hambatan jenis besi akan berbeda dengan hambatan jenis tembaga. Jika kamu mengganti kabel penghantar pada suatu rangkaian listrik dengan tali plastik, arus listrik ini pasti tidak akan mengalir. Mengapa demikian? Plastik merupakan bahan yang hambatan jenisnya sangat besar sehingga tidak ada arus listrik yang mengalir melaluinya.

Berdasarkan sifat menghantarkan listriknya, bahan dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu konduktor, isolator, dan semikonduktor. *Konduktor* adalah bahan-bahan yang dapat menghantarkan arus listrik dengan baik. Bahan-bahan yang termasuk jenis konduktor ini di antaranya besi, baja, tembaga, dan nikel. *Isolator* adalah bahan-bahan yang sama sekali tidak dapat menghantarkan arus listrik. Contoh bahan-bahan yang termasuk isolator, di antaranya plastik, kayu kering, dan kertas.

Bagaimana dengan *semikonduktor*? Jika konduktor merupakan bahan yang dapat menghantarkan arus listrik dan isolator merupakan bahan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik, semikonduktor merupakan bahan yang bersifat di antara isolator dan konduktor. Artinya, semikonduktor dapat menghantarkan arus listrik dan dapat pula tidak menghantarkan arus listrik. Sifat semikonduktor ini bergantung suhu. Jika suhu bahan semakin tinggi, bahan ini akan bersifat konduktor. Sebaliknya, jika suhunya semakin rendah bahan ini akan menjadi isolator.

Sifat-sifat semikonduktor dimanfaatkan dalam pembuatan komponen-komponen listrik seperti transistor dan IC (*Integrated Circuit*). Bahan-bahan semikonduktor contohnya germanium, silikon, dan selenium.

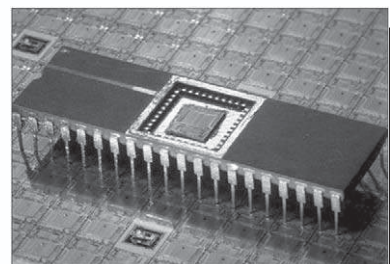
Jika kamu perhatikan, alat-alat listrik yang ada di rumahmu pasti ada yang menggunakan bahan-bahan konduktor dan bahan isolator. Sebuah obeng dibuat dari bahan besi dengan pegangannya dibuat dari kayu atau plastik. Mengapa dirancang demikian? Rancangan seperti ini bermanfaat ketika digunakan untuk memperbaiki bagian dalam alat-alat elektronik, agar pengguna tidak terkena aliran listrik.



Gambar 5.24 Sebuah unit pengubah tegangan (transformator) yang digunakan PLN.



Gambar 5.25 Tembaga bersifat konduktor dan plastik/karet bersifat isolator disusun untuk membuat kabel koaksial.



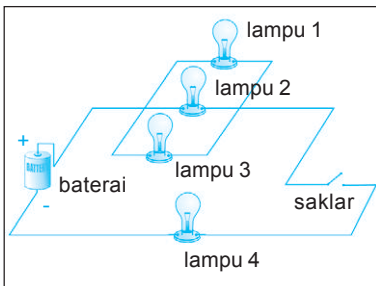
Gambar 5.26 Semikonduktor digunakan untuk membuat IC.

Tugas 5.4

Carilah 5 jenis bahan-bahan yang termasuk konduktor, isolator, dan semikonduktor! Tuliskan pula kegunaan bahan-bahan tersebut!

Latihan 5.5

1. Jelaskan faktor-faktor yang memengaruhi besarnya tahanan sebuah bahan!
2. Apakah yang dimaksud konduktor, isolator, dan semikonduktor?
3. Mengapa sebuah baterai jika digunakan terus menerus semakin lama semakin melemah (arus listriknya berkurang)?
4. Terdapat 3 buah lampu dan sebuah baterai. Gambarkan rangkaian seri dan rangkaian paralel dari komponen-komponen listrik tersebut!



Gambar 5.27 Lampu 1, 2, dan 3 disusun paralel, kemudian dirangkai seri dengan lampu 4.

5. Hukum I Kirchhoff

Pada kegiatan sebelumnya, kamu telah membuat rangkaian sederhana, tetapi dalam sebuah rangkaian seringkali terdapat rangkaian yang rumit sehingga diperlukan teknik tertentu dalam menyelesaikan masalah-masalah yang berhubungan dengan rangkaian tersebut.

Gambar 5.27 memperlihatkan gambar sebuah rangkaian yang terdiri atas rangkaian seri dan rangkaian paralel. Bagaimana dengan arus dan tegangan yang melalui setiap lampu? Untuk memahaminya, lakukan kegiatan berikut!

Kegiatan 5.9

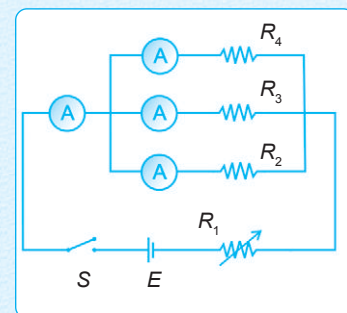
Arus Listrik pada Rangkaian bercabang

Alat dan Bahan

Tiga buah resistor 10 ohm, sebuah hambatan geser, sebuah saklar, empat buah amperemeter, dan sumber tegangan satu buah baterai.

Prosedur Kerja

1. Buatlah rangkaian seperti gambar di samping.
2. Tutuplah saklar, kemudian geser-geser hambatan geser. Catatlah angka yang ditunjukkan jarum pada amperemeter.
3. Buatlah kesimpulan dari kegiatan yang telah kamu lakukan.

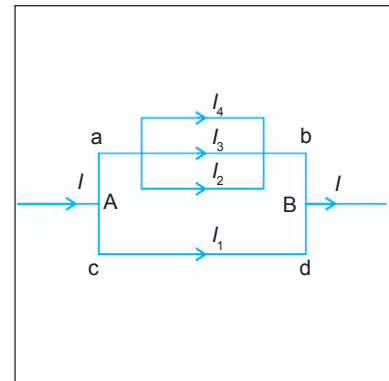


Pada **Kegiatan 5.8** terlihat bahwa besarnya arus yang melalui R_2 , R_3 , dan R_4 merupakan satu per tiganya dari arus listrik yang melalui R_1 karena R_2 , R_3 , dan R_4 nilainya sama. Kuat arus setelah melalui percabangan akan terbagi tiga sama besar. Apakah hasil pengamatanmu demikian?

Gustav Kirchhoff pada pertengahan abad ke-19 telah melakukan penelitian tentang perilaku arus listrik yang melalui sebuah percabangan. Hasil penelitian Kirchhoff ini dikenal sebagai Hukum Kirchhoff.

Hukum I Kirchhoff menyatakan bahwa arus listrik yang masuk melalui percabangan sama dengan arus yang keluar dari percabangan. Hukum II Kirchhoff menyatakan tentang beda potensial yang mengitari suatu rangkaian tertutup. Yang akan kamu pelajari berikut hanya Hukum I Kirchhoff.

Jika **Gambar 5.27** disederhanakan, dan digambarkan percabangannya saja, maka diperoleh **Gambar 5.28**. Pada percabangan A, arus listrik I terbagi menjadi dua, yaitu yang melalui kawat ab yakni I_1, I_2, I_3 dan yang melalui kawat cd, yaitu I_4 . Setelah melalui percabangan, arus listrik ini berkumpul kembali dan keluar melalui titik B, sehingga arus yang memasuki percabangan akan sama dengan arus yang keluar dari percabangan.



Gambar 5.28 Arus listrik pada sebuah percabangan.

$$\sum I_{\text{masuk}} = \sum I_{\text{keluar}} \dots\dots\dots (5.7)$$

Contoh

Hitunglah besar kuat arus yang melalui I_2 jika diketahui $I_1 = 20 \text{ A}$, $I_3 = 5 \text{ A}$, $I_4 = 5 \text{ A}$, dan $I_5 = 5 \text{ A}$!

Jawab:

Perhatikan gambar di samping!

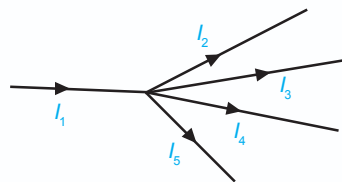
arus masuk = arus keluar

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

$$20 \text{ A} = I_2 + 5 \text{ A} + 5 \text{ A} + 5 \text{ A}$$

$$I_2 = (20 - 5 - 5 - 5)$$

$$I_2 = 5 \text{ A}$$



Jadi, besarnya I_2 adalah 5 A.

6. Rangkaian Hambatan Listrik (Resistor)

Pada **Kegiatan 3.6** kamu telah melakukan percobaan untuk membuktikan besarnya kuat arus yang mengalir melewati sebuah percabangan. Besarnya kuat arus mengikuti turunan Hukum Ohm, yaitu besarnya arus yang melewati suatu rangkaian merupakan hasil bagi antara tegangan V dan hambatan R .

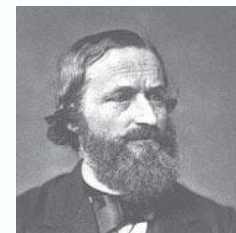
Bagaimana jika suatu rangkaian terdiri atas rangkaian seri dan rangkaian paralel? Bagaimana cara menghitung hambatan totalnya?

a. Rangkaian Seri Resistor

Rangkaian seri resistor adalah rangkaian yang terdiri atas sumber tegangan dan minimal dua resistor (hambatan listrik) yang disusun secara berderet. Kuat arus listrik yang mengalir pada setiap resistor adalah sama besar dan besar tegangan tergantung besar hambatan. Rangkaian seri dapat juga disebut sebagai rangkaian pembagi tegangan.

Tokoh Sains

Kirchhoff



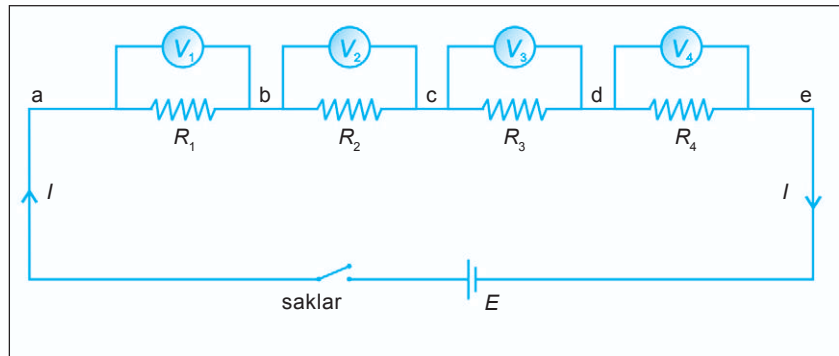
Gustav Robert Kirchhoff (12 Maret, 1824 – 17 Oktober 1887) adalah seorang fisikawan Jerman yang berkontribusi pada pemahaman konsep dasar teori rangkaian listrik, spektroskopi, dan emisi radiasi benda hitam yang dihasilkan oleh benda-benda yang dipanaskan.

Kirchhoff lulus dari Universitas Albertus Königsberg (sekarang Kaliningrad) pada 1847 dan menikahi Clara Richelot, putri dari profesor matematikanya, Friedrich Richelot.

Kirchhoff merumuskan hukum rangkaian, pada 1845, saat masih berstatus mahasiswa. Ia mengusulkan hukum radiasi termal pada 1859, dan membuktikannya pada 1861. Di Breslau, ia bekerjasama dalam studi spektroskopi dengan Robert Bunsen. Dia adalah penemu pendamping dari caesium dan rubidium pada 1861 saat mempelajari komposisi kimia Matahari via spektrumnya.

Pada 1862 dia dianugerahi Medali Rumford untuk risetnya mengenai garis-garis spektrum matahari, dan pembalikan garis-garis terang pada spektrum cahaya buatan.

Sumber: id.wikipedia.org



Gambar 5.29 Rangkaian seri resistor.

Gambar 5.29 memperlihatkan empat buah resistor yang disusun secara seri. Telah disebutkan bahwa rangkaian seri resistor merupakan rangkaian pembagi tegangan. Dari rangkaian tersebut dapat diperoleh persamaan tegangan sebagai berikut.

$$E = V_{ae} = V_{ab} + V_{bc} + V_{cd} + V_{de}$$

Menurut hukum Ohm tegangan merupakan hasil kali kuat arus I dan hambatan R . Dengan demikian persamaan di atas dapat dituliskan sebagai berikut.

$$E = V_{ae} = I_{ab} \cdot R_1 + I_{bc} \cdot R_2 + I_{cd} \cdot R_3 + I_{de} \cdot R_4$$

Karena di dalam rangkaian seri kuat arus yang melalui setiap resistor besarnya sama, persamaan di atas dapat dituliskan sebagai berikut.

$$E = V_{ae} = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3 + I \cdot R_4$$

$$E = V_{ae} = I \cdot (R_1 + R_2 + R_3 + R_4)$$

$$E = V_{ae} = I \cdot R_s$$

R_s adalah hambatan pengganti dari rangkaian resistor yang dirangkai seri.

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

Secara umum persamaan tahanan pengganti dari resistor yang disusun secara seri dituliskan sebagai berikut.

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \dots R_n \dots \dots \dots (5.8)$$

Contoh

1. Jika diketahui dua buah resistor masing-masing 4 ohm. Dua resistor tersebut disusun secara seri, kemudian dihubungkan dengan sumber tegangan 6 volt. Hitunglah besarnya arus yang mengalir pada setiap resistor tersebut!

Jawab:

$$R_1 = R_2 = 4 \text{ ohm}$$

$$R_s = R_1 + R_2 = 4 + 4 = 8 \text{ ohm}$$

$$I = \dots ?$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{6 \text{ volt}}{8 \text{ ohm}} = 0,75 \text{ A}$$

Jadi, besarnya arus listrik yang mengalir pada setiap resistor adalah 0,75 A.

2. Diketahui 3 buah resistor identik disusun secara seri dan dihubungkan dengan sumber tegangan 27 V. Jika diketahui kuat arus yang melewati resistor adalah 3 A, hitunglah besarnya hambatan setiap resistor!

Jawab:

$$V = 27 \text{ V}$$

$$I = 3 \text{ A}$$

$$R = \dots ?$$

Dari hukum Ohm diperoleh:

$$I = \frac{V}{R} \Leftrightarrow R = \frac{V}{I} = \frac{27 \text{ volt}}{3 \text{ A}} = 9 \Omega$$

Karena ketiga resistor tersebut identik yang berarti besar hambatannya sama, diperoleh besarnya hambatan setiap resistor yaitu $\frac{9}{3} = 3 \text{ ohm}$.

b. Rangkaian Paralel Resistor

Kamu telah mempelajari bagaimana jika beberapa resistor disusun secara seri. Bagaimana jika resistor-resistor ini disusun paralel?

Rangkaian paralel resistor adalah rangkaian yang terdiri atas resistor yang disusun paralel/sejajar satu sama lainnya. Jika pada rangkaian seri, arus yang melalui resistor akan sama dan tegangannya berbeda bergantung pada nilai hambatannya. Adapun pada rangkaian paralel resistor, arus yang melalui setiap hambatan akan berbeda dan tegangan setiap resistor akan sama. **Gambar 5.30** merupakan gambar sebuah rangkaian paralel resistor.

Berdasarkan Hukum I Kirchhoff diperoleh:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = \frac{V_{ab}}{R_1} + \frac{V_{cd}}{R_2} + \frac{V_{ef}}{R_3} + \frac{V_{gh}}{R_4}$$

Telah disebutkan bahwa tegangan pada setiap resistor pada rangkaian paralel adalah sama.

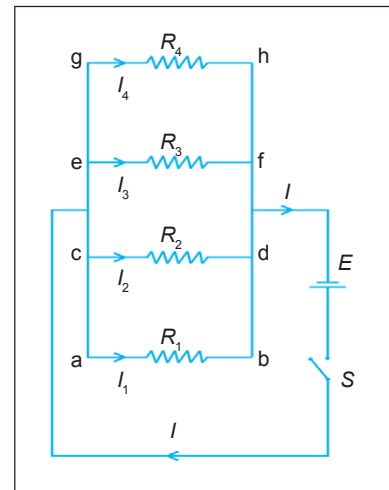
$$V_{ab} = V_{cd} = V_{ef} = V_{gh} = V$$

Sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned} I &= \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} + \frac{V}{R_4} = V \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right) \\ &= V \cdot \frac{1}{R_p} \end{aligned}$$

Dengan demikian hambatan pengganti paralel dirumuskan:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \dots\dots\dots (5.9)$$



Gambar 5.30 Sebuah rangkaian paralel resistor.

Contoh

Lima buah resistor masing-masing memiliki tahanan 5 ohm disusun secara paralel. Rangkaian tersebut dihubungkan dengan tegangan 20 V. Hitunglah kuat arus yang melewati setiap tahanan!

Jawab:

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = 5 \text{ ohm}$$

$$V = 20 \text{ V}$$

$$I = \dots ?$$

Menghitung tahanan pengganti rangkaian resistor paralel:

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_p} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \\ &= \frac{1}{5} + \frac{1}{5} + \frac{1}{5} + \frac{1}{5} = \frac{5}{5} = 1 \end{aligned}$$

Sehingga $R_p = 1 \text{ ohm}$

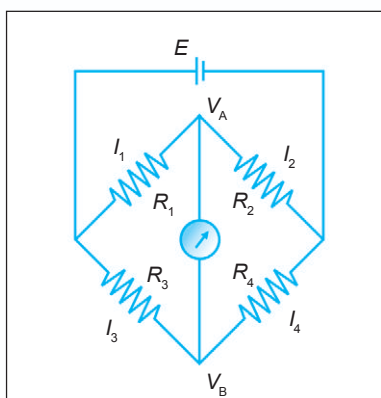
Menurut hukum Ohm:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{20 \text{ volt}}{1 \text{ ohm}} = 20 \text{ A}$$

Karena setiap resistor nilai tahanan sama, arus yang melewatinya pun akan sama, yaitu:

$$\begin{aligned} I_{\text{tiap resistor}} &= \frac{I}{\text{banyaknya resistor}} \\ &= \frac{20 \text{ A}}{5} = 4 \text{ A} \end{aligned}$$

Jadi, besar arus yang mengalir pada setiap resistor adalah 4 A.



Gambar 5.32 Jembatan Wheatstone.

7. Jembatan Wheatstone

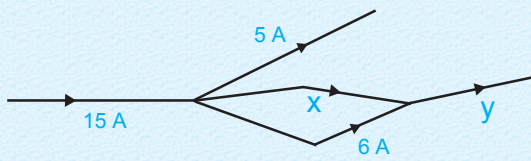
Jembatan Wheatstone merupakan rangkaian yang digunakan untuk mengukur tahanan yang tidak diketahui nilainya. Perhatikan **Gambar 5.31**.

Misal tahanan R_1 tidak diketahui. Tahanan R_2 , R_3 , dan R_4 diatur sampai tidak ada arus yang mengalir melalui galvanometer. Maka $V_A = V_B$, $I_1 = I_2$, dan $I_3 = I_4$ dan dapat diperlihatkan bahwa $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$. Dari persamaan tersebut, maka R_1 dapat dihitung.

Latihan 5.6

1. Jelaskan bunyi Hukum I Kirchhoff!
2. Jika terdapat sebuah percabangan dan setiap cabang terdapat tahanan yang berbeda, bagaimana arus yang mengalir pada setiap percabangan tersebut?
3. Apa saja yang memengaruhi kuat arus yang mengalir pada sebuah penghantar?

4. Perhatikan gambar berikut!



Hitunglah nilai arus yang mengalir pada x dan y!

5. Arus listrik yang masuk suatu percabangan sama dengan arus listrik yang keluar dari percabangan tersebut. Apakah hal serupa terjadi dengan tegangan?

Rangkuman

- Listrik statis adalah listrik yang muatan-muatannya tidak mengalir atau ada dalam keadaan diam.
- Dalam sistem satuan internasional (SI), satuan muatan adalah Coulomb (C). Muatan listrik elementer dari sebuah elektron, proton, dan neutron adalah sebagai berikut.
Muatan elektron = $-1,6 \times 10^{-19}$ Coulomb
Muatan proton = $+1,6 \times 10^{-19}$ Coulomb
Muatan neutron = 0 (tidak bermuatan)

- Hukum Coulomb menyatakan bahwa besarnya gaya tarik-menarik atau tolak-menolak antara dua benda yang bermuatan listrik sebanding dengan hasil kali kedua muatan tersebut dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua muatan tersebut.
- Medan listrik adalah daerah di sekitar benda bermuatan listrik yang ditunjukkan dengan garis gaya listrik. Garis-garis gaya berasal dari muatan positif menuju muatan negatif. Garis-garis gaya listrik pada muatan positif bergerak ke luar. Sedangkan pada muatan negatif garis-garis gayanya menuju pusat.
- Besarnya gaya Coulomb yang dialami oleh sebuah muatan uji q akibat adanya muatan Q dibagi dengan besarnya muatan uji q .

$$E = \frac{k \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2}}{q} = k \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2}$$

- Kuat arus listrik didefinisikan sebagai banyaknya muatan listrik yang mengalir setiap sekon, dilambangkan dengan I dan satuannya adalah ampere (A). Untuk mengukur kuat arus listrik digunakan sebuah alat yang dinamakan amperemeter.

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

- Komponen listrik adalah alat-alat yang digunakan untuk membuat sebuah peranti dan dapat berfungsi jika dialiri arus listrik. Rangkaian dari beberapa komponen listrik disebut rangkaian listrik. Rangkaian listrik terdiri dari rangkaian seri dan rangkaian paralel.
- George Simone Ohm (1789–1854) meneliti hubungan antara potensial listrik (V), kuat arus (I), dan hambatan listrik (R). Secara matematis, Hukum Ohm dituliskan sebagai berikut.

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

- Konduktor adalah bahan-bahan yang dapat menghantarkan arus listrik dengan baik, isolator adalah bahan-bahan yang sama sekali tidak dapat menghantarkan arus listrik, dan semikonduktor merupakan bahan yang bersifat di antara isolator dan konduktor.

Refleksi

Kamu telah selesai mempelajari materi **Listrik** dalam bab ini. Sebelum melanjutkan pelajaran bab VI, lakukan evaluasi diri dengan menjawab beberapa pertanyaan di bawah ini. Jika semua pertanyaan dijawab dengan 'ya', berarti kamu telah menguasai bab ini dengan baik. Namun jika ada pertanyaan yang dijawab dengan 'tidak', kamu perlu mempelajari lagi materi yang berkaitan dengan pertanyaan itu. Jika ada kesulitan atau ada hal-hal yang sukar dimengerti, bertanyalah kepada Bapak/Ibu Guru.





1. Apakah kamu dapat menjelaskan muatan listrik, akibat yang ditimbulkan, dan cara mendeteksinya?
2. Dapatkah kamu menjelaskan perbedaan listrik statis dan listrik dinamis serta menunjukkan contoh pemanfaatannya dalam kehidupan sehari-hari?
3. Dapatkah kamu menunjukkan bukti adanya induksi listrik dan medan listrik?
4. Apakah kamu dapat menjelaskan pengertian arus dan tegangan listrik serta memperagakan cara mengukurnya dalam suatu rangkaian listrik?
5. Dapatkah kamu menjelaskan rangkaian listrik maupun hambatan yang disusun secara seri dan paralel? Apa keuntungan dan kerugiannya?
6. Dapatkah kamu menjelaskan pengertian konduktor, semikonduktor, dan isolator listrik serta contoh dan penggunaannya dalam kehidupan sehari-hari?

Latih Kemampuan

5

Kerjakan di buku tugasmu!

A. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Suatu atom diketahui jumlah protonnya sama dengan jumlah elektronnya. Pernyataan yang benar mengenai atom ini adalah
 - a. atom tersebut akan bermuatan positif
 - b. atom tersebut akan bermuatan negatif
 - c. atom tersebut tidak bermuatan (netral)
 - d. atom tersebut dapat bermuatan positif dan dapat juga bermuatan negatif
2. Sebuah atom akan bermuatan positif jika atom tersebut
 - a. kelebihan elektron
 - b. kekurangan elektron
 - c. jumlah elektronnya lebih banyak
 - d. tidak mempunyai neutron
3. Diagram berikut yang menunjukkan gaya-gaya di antara dua partikel bermuatan adalah
 - a. 
 - b. 
 - c. 
 - d. 
4. Dua buah muatan listrik masing-masing bermuatan $+2 \times 10^{-9}$ C dipisahkan oleh jarak 1 cm. Gaya Coulomb yang timbulkan oleh kedua muatan itu adalah
 - a. $3,6 \times 10^{-4}$ N
 - b. $1,8 \times 10^{-4}$ N
 - c. $0,9 \times 10^{-4}$ N
 - d. $9,0 \times 10^{-4}$ N
5. Dua buah muatan masing-masing -2×10^{-4} C dan $2,2 \times 10^{-4}$ C terpisah pada jarak 2 cm, maka gaya Coulomb antara kedua muatan itu adalah
 - a. $1,98 \times 10^6$ N tarik menarik
 - b. $1,98 \times 10^6$ N tolak menolak
 - c. $9,90 \times 10^5$ N tarik menarik
 - d. $9,90 \times 10^5$ N tolak menolak
6. Dua buah muatan masing-masing muatannya Q dan q diletakkan sehingga di antara dua gaya tersebut terjadi gaya coulomb. Jika muatan q diperbesar dua kalinya, per-

bandingan gaya Coulomb sebelum dan sesudah pembesaran muatan tersebut adalah

- a. 1 : 5
- b. 1 : 4
- c. 1 : 3
- d. 1 : 2

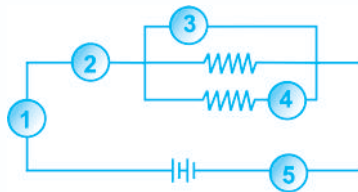
7. Daerah di sekitar sebuah muatan yang masih dipengaruhi oleh gaya Coulomb dari muatan tersebut disebut

- a. medan listrik
- b. potensial listrik
- c. arus listrik
- d. hambatan listrik

8. Jika diketahui besarnya muatan yang dipindahkan dari A ke B adalah 30 C dan beda potensial listriknya 4 J/C, besarnya usaha yang dilakukan adalah

- a. 30 J
- b. 60 J
- c. 120 J
- d. 240 J

9. Perhatikan skema rangkaian listrik di bawah ini!



Pemasangan amperemeter dan voltmeter yang tepat adalah nomor

- a. 1 dan 2
- b. 2 dan 4
- c. 1 dan 3
- d. 4 dan 5

10. Dalam sebuah penghantar listrik, mengalir 120 muatan setiap menitnya. Besarnya arus listrik dalam penghantar tersebut adalah

- a. 2 A
- b. 4 A
- c. 6 A
- d. 8 A

11. Besarnya tahanan suatu bahan tidak ditentukan oleh

- a. jenis bahannya
- b. panjangnya
- c. luas penampangnya
- d. beratnya

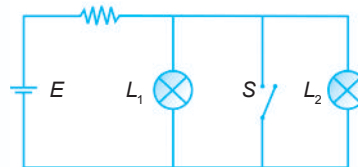
12. Sebuah kawat panjangnya 6 m dan luas penampangnya 1 cm². Besar hambatan kawat tersebut jika hambatan jenisnya 2×10^{-3} , adalah

- a. $1,2 \times 10^2 \Omega$
- b. $2,4 \times 10^2 \Omega$
- c. $1,2 \times 10^{-2} \Omega$
- d. $2,4 \times 10^{-2} \Omega$

13. Tiga buah resistor masing-masing hambatannya adalah 3 ohm, 6 ohm, dan 9 ohm. Jika ketiga resistor tersebut disusun paralel, hambatan penggantinya adalah

- a. 20 Ω
- b. 18 Ω
- c. 2 Ω
- d. 1,5 Ω

14. Perhatikan gambar berikut.



Lampu L_1 dan L_2 dipasang paralel dan dihubungkan dengan baterai E . Jika S dihubungkan maka lampu

- a. L_1 dan L_2 tidak menyala
- b. L_1 tetap menyala dan L_2 putus
- c. L_1 putus dan L_2 tetap menyala
- d. L_1 dan L_2 menyala semakin terang

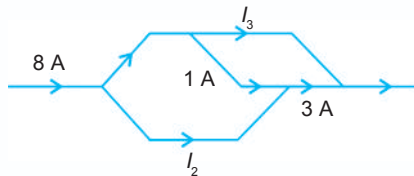
15. Pada rangkaian paralel resistor, pernyataan yang benar adalah

- a. arus yang melewati setiap resistor adalah berbeda
- b. arus yang melewati setiap resistor adalah sama
- c. tegangan pada setiap resistor adalah berbeda
- d. hambatan penggantinya merupakan jumlah setiap tahanan

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

1. a. Jelaskan apa yang dimaksud dengan gaya Coulomb! Besaran-besaran apa saja yang mempengaruhinya?
b. Jelaskan apa yang dimaksud medan listrik dan beda potensial listrik!
2. Dua buah muatan identik terpisah oleh jarak 1 cm. Jika gaya tolak-menolak di antara kedua muatan tersebut adalah 9×10^{-3} N, hitunglah besar masing-masing muatan tersebut!

- Jika jarak antara dua buah muatan diperpanjang menjadi dua kali semula, berapakah perbandingan gaya coulomb dibandingkan dengan gaya sebelum jarak kedua muatan tersebut diperpanjang?
- Arus yang melewati sebuah percabangan digambarkan sebagai berikut.



Hitunglah kuat arus I_1 dan I_2 !

- Seutas kawat panjangnya 50 m, berdiameter 2 mm, dan hambatan jenisnya $6,28 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$. Hitunglah hambatan kawat tersebut!

Wacana Sains

Penangkal Petir

Jika kamu memerhatikan atap gedung-gedung atau rumah-rumah, kamu akan menemukan bahwa atap gedung atau rumah biasanya dilengkapi dengan anti petir. Anti petir ini berupa sebuah batang konduktor yang dipasang vertikal di atap gedung. Batang konduktor ini dihubungkan dengan lempeng logam yang dikubur di dalam tanah melalui konduktor tembaga tebal.

Kamu telah mempelajari bahwa ketika sebuah konduktor bermuatan dihubungkan oleh kabel logam dengan konduktor tak bermuatan, beberapa muatan mengalir di dalam kabel tersebut dari konduktor bermuatan ke konduktor yang tidak bermuatan. Muatan-muatan pada konduktor pertama mempunyai energi potensial. Energi potensial ini berkurang karena diberikan ke konduktor kedua yang tidak bermuatan. Konduktor pertama dikatakan sebagai konduktor yang mempunyai potensial atau tegangan lebih tinggi dibandingkan dengan konduktor kedua. Ketika kedua konduktor dihubungkan, muatan-muatan positif mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah dan muatan-muatan negatif mengalir dari potensial rendah ke potensial tinggi dan mengubah masing-masing potensialnya. Muatan akan terus mengalir sampai potensial kedua konduktor sama.

Awan-awan yang bermuatan negatif mempunyai potensial yang rendah. Sebagian muatan ini akan berpindah melalui udara yang mempunyai ion-ion positif. Oleh karena konduktor terdekat yang ditemui muatan ini adalah benda-benda yang tinggi (dekat dengan awan), muatan-muatan negatif ini akan berpindah ke batang anti petir yang dipasang di atap gedung atau rumah. Muatan-muatan negatif dari awan ini mengalir melalui kabel menuju ke plat logam yang terkubur dalam tanah. Hal ini terjadi karena plat logam yang terkubur tidak mempunyai potensial. Dari plat logam ini muatan-muatan tersebut akan mengalir ke tanah sehingga plat logam tersebut akan segera tidak bermuatan kembali dan segera siap menerima elektron dari awan.

Batang anti petir ini sangat besar manfaatnya. Potensial atau tegangan dari awan ini sangat besar. Bayangkan jika aliran muatan ini mengenai manusia secara langsung, akibatnya akan membahayakan. Di daerah yang luas dan rata, misalnya sawah, merupakan daerah yang rawan bagi manusia karena jika ada orang yang berada di tengah-tengah sawah tersebut sementara tidak ada konduktor lain yang lebih konduktif, tentu petir akan membahayakan orang tersebut.

Sumber: Physics Today, 1995