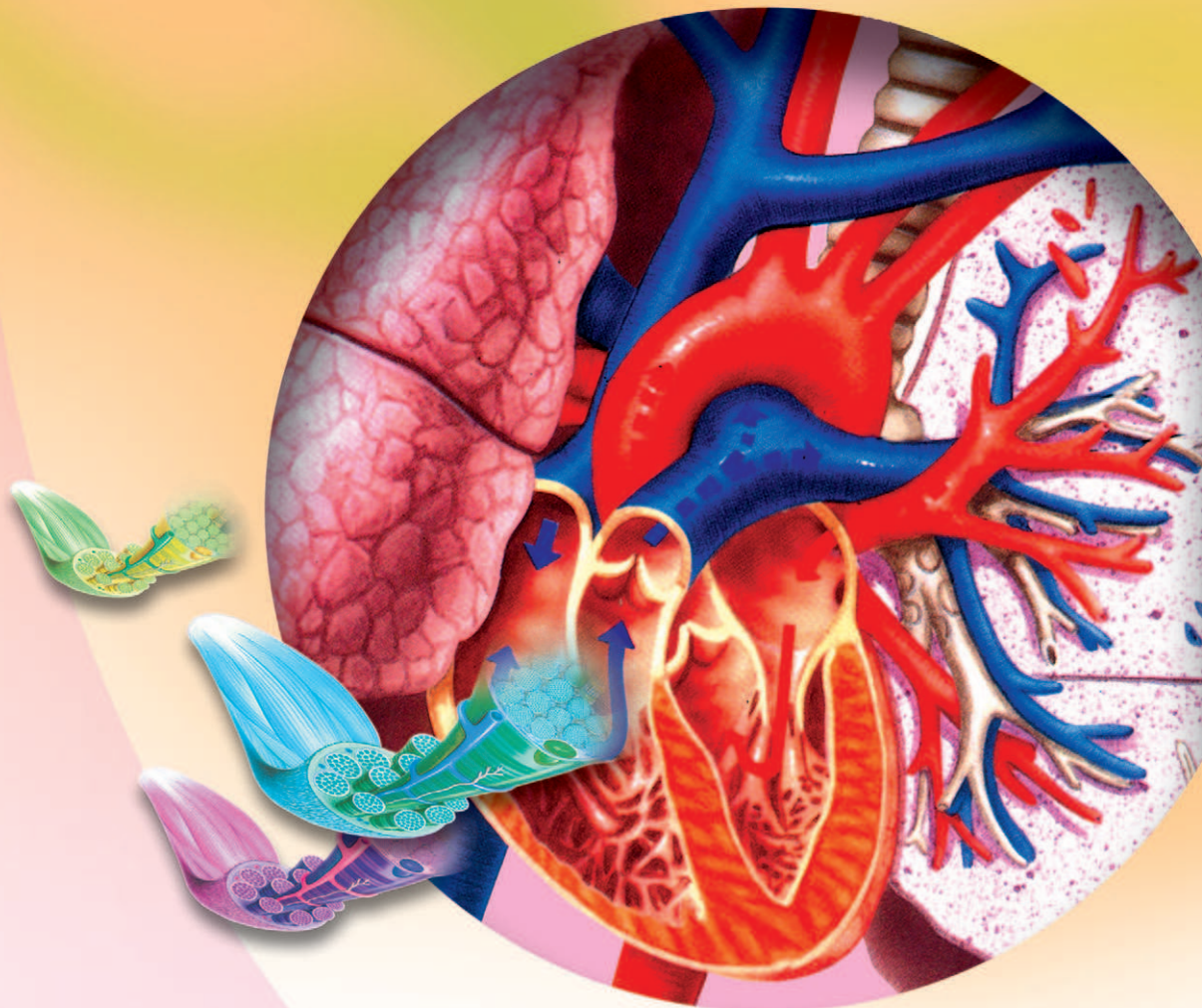


■ Purnomo
■ Sudjino
■ Trijoko
■ Suwarno Hadisusanto

Biologi



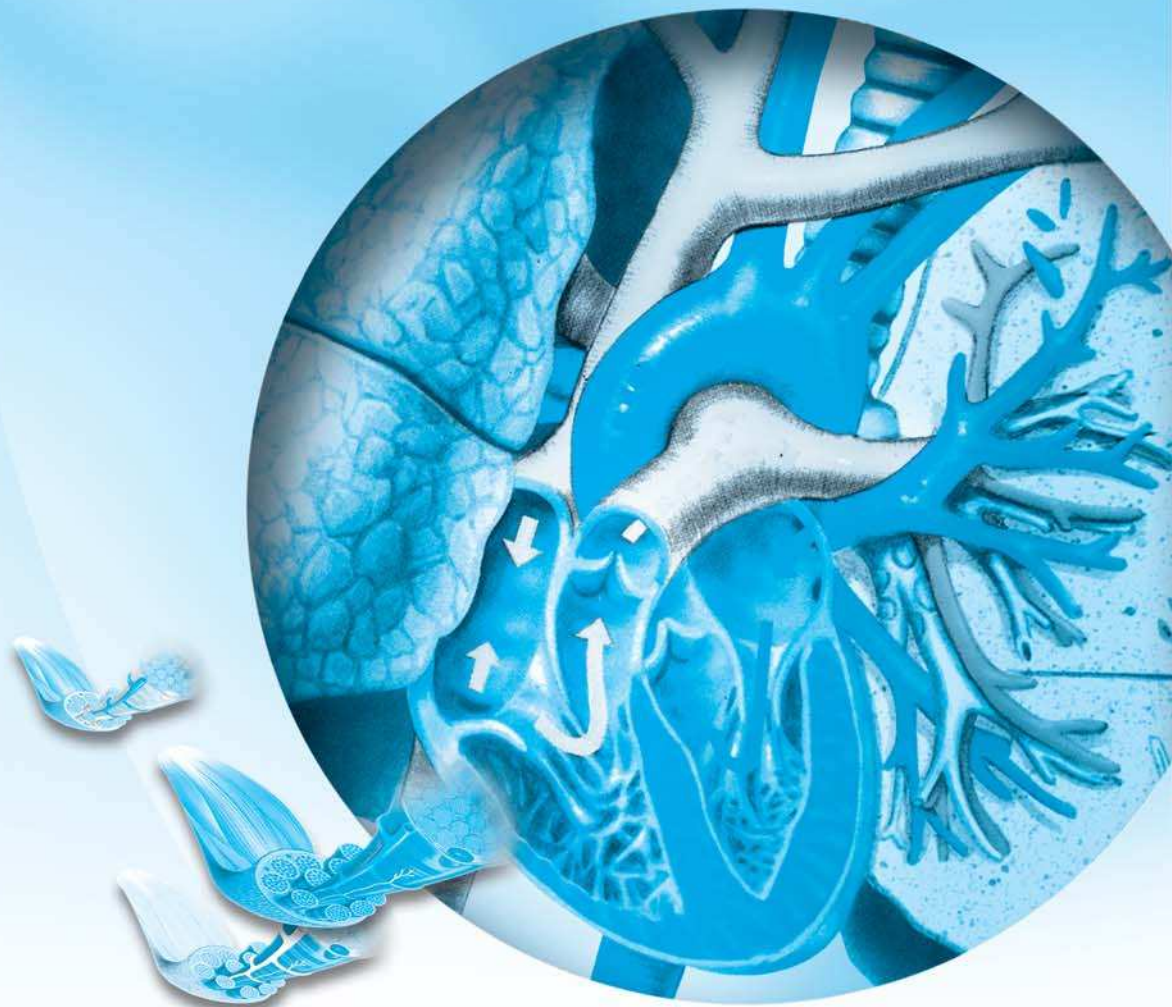
Kelas XI
untuk SMA dan MA



PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional

- Purnomo
- Sudjino
- Trijoko
- Suwarno Hadisusanto

Biologi



Kelas XI
untuk SMA dan MA



PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional
Dilindungi Undang-Undang

Biologi

untuk SMA Kelas XI

Editor: W.H. Omegawati, Sri Lestari, Khorri Ariyanti; ilustrator: K. Wijayanti; desainer kover: Heri Cahyono; perwajahan: Joko Tri Wahyono, Agus Suyono, Ucek Harahap, Eka Yuniarti; koordinator artistik: Rahmat Isnaini; kontrol kualitas: Sri Lestari.
Penanggung jawab produksi: Sriyono.

Ukuran Buku : 21 x 29,7 cm

574.07

BIO

Biologi : Kelas XI untuk SMA dan MA / Purnomo... [et al] ;
. — Jakarta : Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan
Nasional, 2009.
vii, 386 hlm, : illus. ; 30 cm

Bibliografi : hlm. 381

Indeks

ISBN 978-979-068-831-5 (no jilid lengkap)

ISBN 978-979-068-836-0

1. Biologi-Studi dan Pengajaran I. Judul
II. Purnomo

Hak Cipta Buku ini dibeli oleh Departemen Pendidikan Nasional
dari Penerbit PT. Intan Pariwara

Diterbitkan oleh Pusat Perbukuan
Departemen Pendidikan Nasional
Tahun 2009

Diperbanyak oleh.....

Kata Sambutan

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Departemen Pendidikan Nasional, pada tahun 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 22 Tahun 2007 tanggal 25 Juni 2007.

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

Mengapa Harus Inkuiri Ilmiah?

Pada tahun 1922 Fleming secara tidak sengaja **menemukan** sebuah antibiotik yang membunuh bakteri, tetapi tidak membunuh sel darah putih. **Penemuannya** itu diawali ketika dia sedang menderita flu. Ketika menderita flu, Fleming **membuat biakan** dari ingusnya di atas cawan petri. Saat **mengamati** cawan petri yang dipenuhi bakteri kuning, air matanya jatuh di atas cawan petri tersebut. Hari berikutnya dia **memeriksa** biakannya. Ia menemukan tempat yang bersih di tempat jatuhnya air mata. **Pengamatannya yang cermat** dan **keingintahuannya** yang tinggi menuntun Fleming pada **kesimpulan** yang benar: *air mata mengandung zat yang menyebabkan kerusakan secara cepat (lisis) pada bakteri, tetapi tidak berbahaya terhadap jaringan tubuh*. Enzim yang ada pada air mata ia namakan lisosim (lysozyme). Walaupun diketahui bahwa lisosim tidak begitu penting-karena membunuh bakteri yang tidak berbahaya-tetapi **penemuan** ini menjadi pendahuluan untuk menemukan penisilin pada tahun 1928. (Dikutip dari *Serendipity: Penemuan-Penemuan di Bidang Sains yang Tidak Disengaja*, Pakar Raya, Bandung)

Coba perhatikan **kata kunci** berikut:

menemukan
penemuannya
membuat biakan
mengamati
memeriksa

pengamatannya yang cermat
keingintahuannya
kesimpulan
penemuan

Kata-kata di atas merupakan ciri-ciri kegiatan inkuiri ilmiah.

Sudahkah Anda melakukan kegiatan inkuiri ilmiah dalam mempelajari Biologi? Inkuiri ilmiah merupakan suatu proses yang ditempuh untuk memecahkan masalah, merencanakan eksperimen, melaksanakan eksperimen, mengumpulkan data dan menganalisis data, serta menarik kesimpulan. Jadi, inkuiri ilmiah melibatkan Anda secara mental maupun fisik untuk memecahkan suatu permasalahan yang diberikan. Dengan demikian, Anda akan terbiasa bersikap seperti para ilmuwan sains, yaitu teliti, tekun, objektif, kreatif, dan menghormati pendapat orang lain.

Dalam buku Biologi ini disajikan berbagai media bagi Anda untuk melakukan inkuiri ilmiah. Media inkuiri yang tersaji dalam buku ini meliputi **Eksperimen**, **Eksperimen Plus**, **Forum Diskusi**, **Tugas Mandiri**, dan **Tugas Kelompok**. Agar buku ini memberi manfaat sebesar-besarnya, bacalah terlebih dahulu halaman **Bagaimana Cara Menggunakan Buku Ini?**. Semoga buku ini dapat membantu peserta didik mengembangkan sikap ilmiah melalui proses pembelajaran yang menekankan inkuiri ilmiah.

Klaten, Juni 2007
Penyusun

Bagaimana Cara Menggunakan Buku Ini?

Halaman ini penting dibaca. Mengapa? Ibarat memasuki kota yang baru dikenal, membaca peta merupakan tindakan yang bijak. Anda tentu ingin menikmati setiap keindahan di kota itu, bukan? Demikian juga sebelum Anda mempelajari buku ini. Oleh karena itu, perhatikan setiap ikon dalam buku ini agar Anda dapat memperoleh manfaat yang maksimal dari buku ini.



Kata Kunci

Bagian ini berupa kata penting yang mendasari isi materi dalam suatu bab.



Tugas Kelompok

Kemampuan Anda bekerja sama dalam satu tim akan teruji melalui kegiatan ini.



Tugas Mandiri

Berupa tugas yang wajib Anda kerjakan untuk mengukur aspek kognitif.



Eksperimen Plus

Media ini disajikan untuk melatih kemandirian dan kreativitas Anda dalam kegiatan praktikum di luar jam pelajaran.



Tahukah Anda

Bagian ini memberikan Anda tambahan wawasan sekitar ilmu Biologi.



Forum Diskusi

Kegiatan ini melatih Anda mengasah dan mengembangkan kemampuan Anda dalam memecahkan permasalahan. Kemukakan pendapat Anda dengan sikap ilmiah karena Anda calon biolog ulung.



Eksperimen

Anda akan melatih keterampilan melakukan kegiatan praktikum melalui media ini sehingga tidak hanya mempelajari Biologi secara teoritis saja.



Uji Kompetensi

Pada media inilah pemahaman Anda akan terdeteksi. Kerjakan dengan baik dan buktikan bahwa Anda benar-benar memiliki kompetensi tentang materi itu. Ingat, jangan melanjutkan ke materi subbab berikutnya jika Anda tidak lolos dalam Uji Kompetensi ini.



Rangkuman

Media ini membantu Anda mempersiapkan materi belajar.



Tugas Proyek

Bertujuan menguji Anda bekerja sama dalam kelompok untuk menyelesaikan suatu masalah secara ilmiah serta pembuatan laporannya sesuai waktu yang ditentukan.



Evaluasi

Media ini menyajikan soal-soal yang meliputi materi satu bab. Kinilah saatnya Anda untuk membuktikan kemampuan Anda dalam memahami materi dalam bab yang bersangkutan.

Daftar Isi

Kata Sambutan, iii
Mengapa Harus Inkuiri Ilmiah?, iv
Bagaimana Cara Menggunakan Buku Ini?, v
Daftar Isi, vi

Bab I Struktur dan Fungsi Sel

- A. Sejarah Penemuan Sel, 3
- B. Struktur dan Fungsi Bagian-Bagian Sel, 7
- C. Perbedaan Sel Hewan dengan Sel Tumbuhan, 27

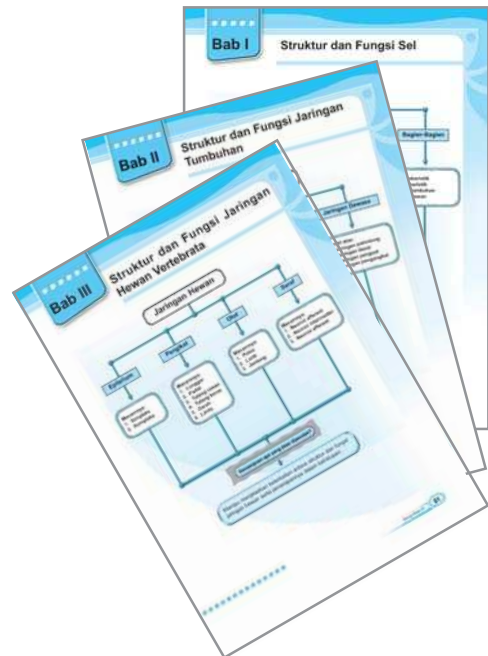
Bab II Struktur dan Fungsi Jaringan Tumbuhan

- A. Jaringan Tumbuhan, 41
- B. Pengangkutan pada Tumbuhan, 53
- C. Organ pada Tumbuhan, 57
- D. Teknik Kultur Jaringan, 73

Bab III Struktur dan Fungsi Jaringan Hewan Vertebrata

- A. Jaringan Hewan Vertebrata, 83
- B. Organ dan Sistem Organ, 98

Latihan Ulangan Blok 1, 109



Bab IV Sistem Gerak pada Manusia dan Hewan Vertebrata

- A. Sistem Gerak Pasif, 115
- B. Sistem Gerak Aktif, 127

Bab V Sistem Sirkulasi Darah pada Manusia dan Hewan

- A. Sistem Sirkulasi Darah pada Manusia, 141
- B. Sistem Sirkulasi Darah pada Hewan, 163

Latihan Ulangan Blok 2, 173

Latihan Ulangan Semester, 177

Bab VI Sistem Pencernaan Makanan

- A. Organ-Organ Pencernaan, **183**
- B. Makanan Sehat, Bergizi, dan Seimbang, **194**
- C. Sistem Pencernaan pada Hewan Memamah Biak, **207**

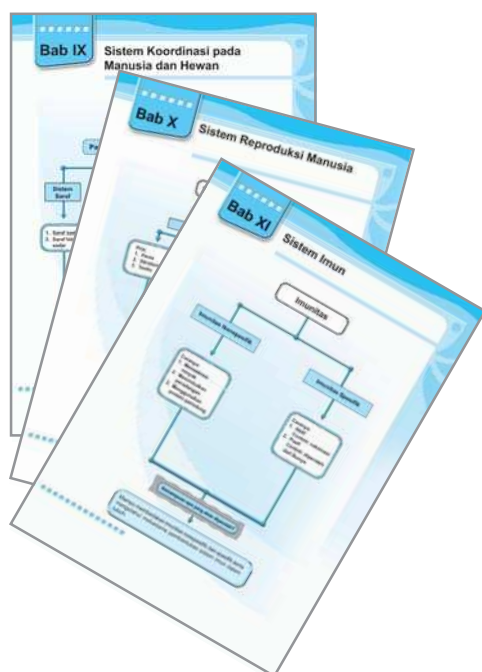
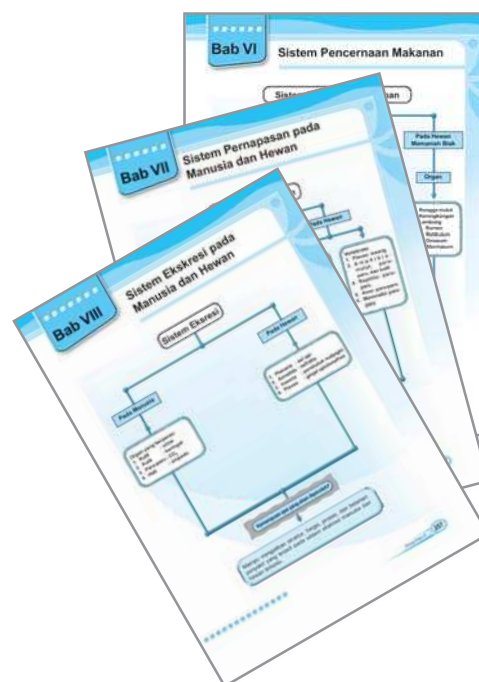
Bab VII Sistem Pernapasan pada Manusia dan Hewan

- A. Sistem Pernapasan pada Manusia, **219**
- B. Sistem Pernapasan pada Hewan, **239**

Bab VIII Sistem Ekskresi pada Manusia dan Hewan

- A. Sistem Ekskresi pada Manusia, **259**
- B. Sistem Ekskresi pada Hewan, **274**

Latihan Ulangan Blok 3, 281



Bab IX Sistem Koordinasi pada Manusia dan Hewan

- A. Sistem Saraf, **287**
- B. Sistem Endokrin, **300**
- C. Sistem Indra, **305**
- D. Sistem Koordinasi pada Hewan, **315**

Bab X Sistem Reproduksi Manusia

- A. Alat dan Proses Reproduksi pada Manusia, **325**
- B. Kesehatan Reproduksi pada Manusia, **338**

Bab XI Sistem Imun

- A. Mekanisme Pembentukan Kekebalan Tubuh, **353**
- B. Gangguan pada Kekebalan Tubuh, **361**

Latihan Ulangan Blok 4, 369

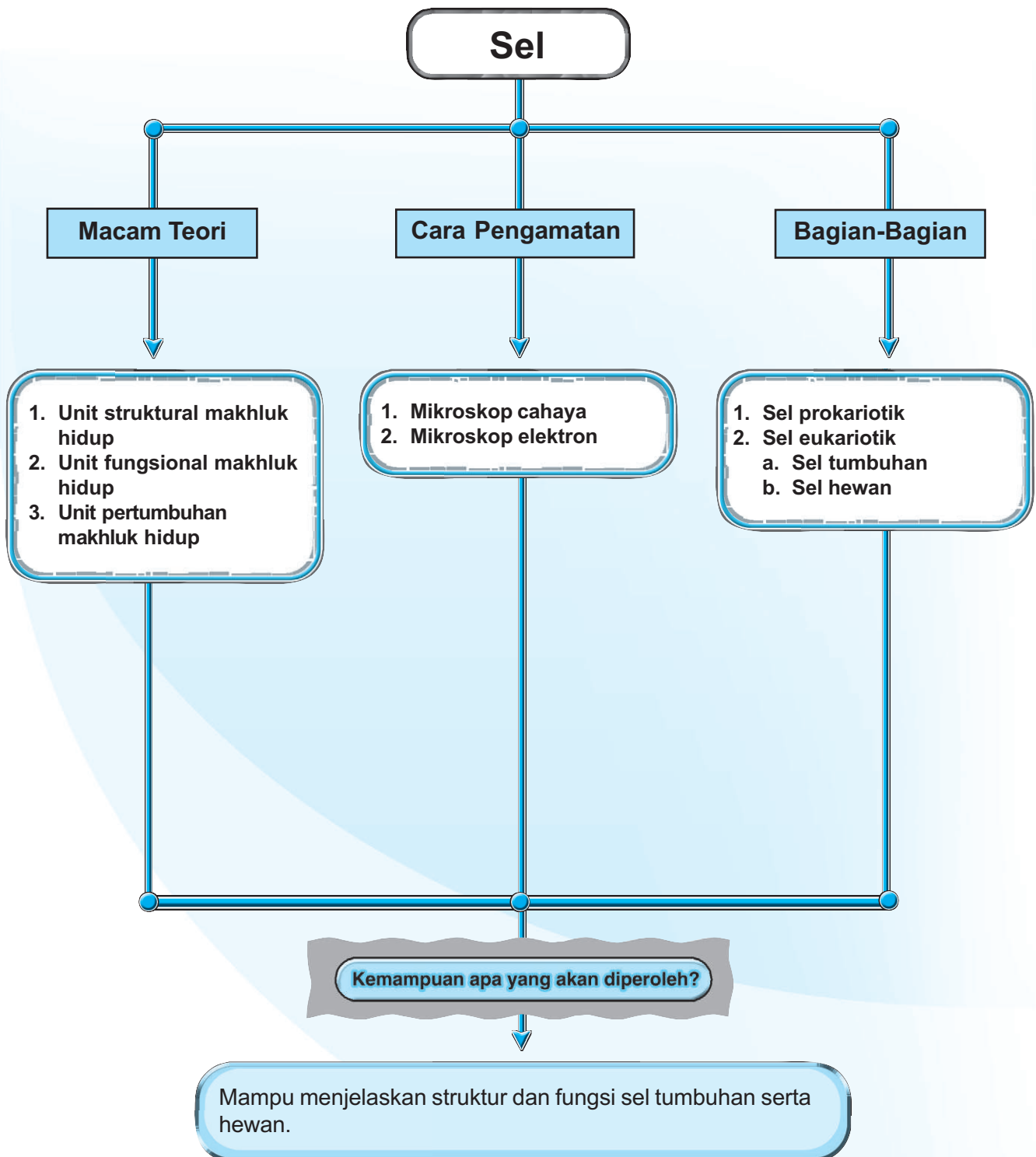
Latihan Ulangan Kenaikan Kelas, 373

Glosarium, 377

Daftar Pustaka, 381

Indeks, 382

Kunci Jawaban Soal-Soal Terpilih, 385





Sumber: Dunia Tumbuhan, Hamparan Dunia Ilmu Time-Life

Perhatikan gambar di atas. Pada musim kemarau banyak pohon meranggas dan daunnya berguguran. Daun-daun itu dulu berwarna hijau kemudian menguning dan akhirnya gugur. Daun-daun yang gugur ini menunjukkan bahwa sel-selnya sudah mati. Apakah sel itu? Bagaimana sel-sel itu menyusun suatu organisme?

Setelah mempelajari bab ini diharapkan Anda akan memahami struktur dan fungsi sel sebagai unit terkecil kehidupan. Anda juga akan dapat memahami mekanisme transpor pada membran sel.



Kata Kunci

sel	osmosis
prokariotik	transpor aktif
eukariotik	endositosis
mikroskop	eksositosis
mikrometri	organel sel
difusi	

Secara struktural, sel merupakan penyusun makhluk hidup. Ada makhluk hidup bersel satu, ada pula yang bersel banyak. Sel merupakan unit terkecil dari makhluk hidup. Sel tidak dapat dibagi-bagi lagi menjadi bagian yang lebih kecil dan dapat berdiri sendiri. Sel juga merupakan kesatuan fungsional kehidupan. Ini berarti sel dapat melakukan proses kehidupan seperti perombakan, sintesis, respirasi, dan lain-lain. Anda telah mempelajari sedikit tentang sel ketika masih di SMP. Bab ini akan membahas tentang struktur sel dan fungsinya secara lebih mendalam.

A. Sejarah Penemuan Sel

Sebelum mempelajari struktur dan fungsi sel, terlebih dahulu kita akan mempelajari sejarah penemuan sel dan cara mengamati sel.

1. Sejarah Penemuan Sel

Pada tahun 1665, **Robert Hooke** mengamati sayatan gabus dari batang *Quercus suber* menggunakan mikroskop. Ia menemukan adanya ruang-ruang kosong yang dibatasi dinding tebal dalam pengamatannya. Robert Hooke menyebut ruang-ruang kosong tersebut dengan istilah **cellulae** artinya sel. Sel yang ditemukan Robert Hooke merupakan sel-sel gabus yang telah mati. Perhatikan Gambar 1.1. Sejak penemuan itu, beberapa ilmuwan berlomba untuk mengetahui lebih banyak tentang sel.

Ilmuwan Belanda bernama **Antonie van Leeuwenhoek** (1632–1723) merancang sebuah mikroskop kecil berlensa tunggal. Lihat Gambar 1.2. Mikroskop itu digunakan untuk mengamati air rendaman jerami. Ia menemukan organisme yang bergerak-gerak di dalam air, yang kemudian disebut bakteri. Antonie van Leeuwenhoek merupakan orang pertama yang menemukan sel hidup.

Perkembangan penemuan tentang sel mendorong berkembangnya persepsi tentang sel. Dari sinilah kemudian lahir teori-teori tentang sel. Beberapa teori tentang sel sebagai berikut.

a. Sel Merupakan Kesatuan atau Unit Struktural Makhluk Hidup

Teori ini dikemukakan oleh **Jacob Schleiden** (1804–1881) dan **Theodor Schwann** (1810–1882). Tahun 1839 Schleiden, ahli botani berkebangsaan Jerman, mengadakan pengamatan mikroskopis terhadap sel tumbuhan. Pada waktu yang bersamaan Theodor Schwann melakukan pengamatan terhadap sel hewan. Dari hasil pengamatannya mereka menarik kesimpulan sebagai berikut.

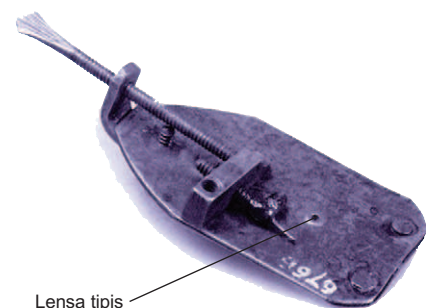
- 1) Tiap makhluk hidup terdiri dari sel.
- 2) Sel merupakan unit struktural terkecil pada makhluk hidup.
- 3) Organisme bersel tunggal terdiri dari sebuah sel, organisme lain yang tersusun lebih dari satu sel disebut organisme bersel banyak.



Sumber: *Biology Life On Earth, Fifth Edition*

Sumber: *Biology Life On Earth, Fifth Edition*

Gambar 1.1
Sel gabus (atas) dan karya Robert



Lensa tipis

Sumber: www.deutsches.de

Gambar 1.2
Mikroskop Leeuwenhoek

Tahukah Anda apa yang dimaksud dengan Biolog? Biolog itu artinya ahli biologi.



Mikroskop monokuler



Mikroskop binokuler

Sumber: Cara Kerja Teleskop dan Mikroskop, R. Worvill

Gambar 1.3

Beberapa jenis mikroskop cahaya

b. Sel Sebagai Unit Fungsional Makhluk Hidup

Max Schultze (1825–1874) menyatakan bahwa protoplasma merupakan dasar fisik kehidupan. Protoplasma bukan hanya bagian struktural sel, tetapi juga merupakan bagian penting sel sebagai tempat berlangsung reaksi-reaksi kimia kehidupan. Berdasarkan hal ini muncullah teori sel yang menyatakan bahwa sel merupakan kesatuan fungsional kehidupan.

c. Sel Sebagai Unit Pertumbuhan Makhluk Hidup

Rudolph Virchow (1821–1902) berpendapat bahwa *omnis cellula ex cellulae* (semua sel berasal dari sel sebelumnya).

d. Sel Sebagai Unit Hereditas Makhluk Hidup

Ilmu pengetahuan dan teknologi mendorong penemuan unit-unit penurunan sifat yang terdapat dalam nukleus, yaitu kromosom. Dalam kromosom terdapat gen yang merupakan unit pembawa sifat. Melalui penemuan ini muncullah teori bahwa sel merupakan unit hereditas makhluk hidup.

Penemuan-penemuan yang mendukung perkembangan teori sel sebagai berikut.

- 1) **Robert Brown** (1812), Biolog Skotlandia, menemukan benda kecil terapung dalam cairan sel yang ia sebut **nukleus**.
- 2) **Felix Durjadin** (1835), beranggapan bahwa bagian terpenting sel adalah cairan sel yang sekarang disebut **protoplasma**.
- 3) **Johanes Purkinje** (1787–1869), orang pertama yang mengajukan istilah protoplasma untuk menamai bahan embrional sel telur.

2. Cara Mengamati Sel

Sel berukuran sangat kecil atau bersifat mikroskopis. Oleh karena itu, diperlukan alat khusus untuk mengamati sel secara jelas. Alat inilah yang dikenal sebagai mikroskop.

Saat ini telah dikenal beberapa jenis mikroskop dari yang sederhana hingga yang canggih. Jenis-jenis mikroskop tersebut yaitu mikroskop cahaya dan mikroskop elektron. Lihat Gambar 1.3.

a. Mikroskop Cahaya

Mikroskop cahaya biasa kita gunakan di laboratorium. Adapun ciri-ciri mikroskop cahaya sebagai berikut.

- 1) Mikroskop cahaya biasanya digunakan untuk mengamati morfologi objek yang dilihat.
- 2) Mikroskop cahaya menggunakan cahaya sebagai sumber penerangan. Oleh karena itu, diperlukan lensa untuk memperbesar bayangan benda.
- 3) Preparat (sediaan) harus tembus cahaya supaya dapat diamati dengan jelas. Oleh karena itu, preparat harus diiris setipis mungkin dengan ketebalan tidak lebih dari 50 mikron. Biasanya menggunakan medium air yang ditetaskan ke atas gelas benda.

- 4) Objek dapat diamati dalam keadaan hidup atau mati.
- 5) Pengamat dapat mengamati langsung melalui lensa okuler sehingga pengamat dapat mengetahui bentuk, warna, dan gerakan objek.
- 6) Bayangan dapat diperbesar hingga mencapai $100\times$, $400\times$, dan $1.000\times$.

Anda pernah mempelajari mengenai mikroskop cahaya ketika duduk di kelas VII SMP. Sekarang cobalah Anda ingat-ingat kembali cara menggunakan mikroskop cahaya tersebut. Setelah itu, lakukan kegiatan berikut.

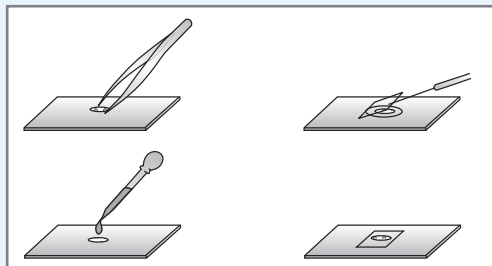


Eksperimen 1

Mengamati Sel Gabus

Sediakan mikroskop, gelas benda, gelas penutup, pisau atau silet tajam, pinset, air, dan gabus kering dari batang ketela pohon. Sayatlah gabus setipis mungkin secara melintang. Letakkan di tengah gelas benda dan tetesi dengan air. Tutuplah secara hati-hati dengan gelas penutup.

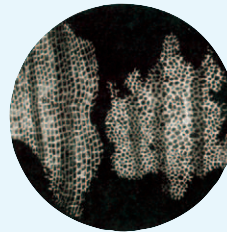
Setelah itu pasanglah sediaan pada meja preparat dan amatilah dengan perbesaran lemah. Gambarlah dan beri keterangan.



Pertanyaan:

1. Bagaimana bentuk sel gabus?
2. Dapatkah Anda mengamati sel gabus dengan mikroskop cahaya? Mengapa?
3. Bandingkan gambar Anda dengan gambar di bawah. Apakah ada perbedaan?
4. Apa kesimpulan Anda mengenai mikroskop cahaya?

Buatlah laporan tertulis hasil eksperimen ini dan kumpulkan kepada bapak atau ibu guru Anda.



Sel-sel gabus

b. Mikroskop Elektron

Mikroskop elektron seperti terlihat pada Gambar 1.4 merupakan hasil perkembangan yang lebih maju dari mikroskop cahaya. Adapun ciri-ciri mikroskop elektron sebagai berikut.

- 1) Mikroskop elektron menggunakan elektron sebagai pengganti cahaya dan medan magnet sebagai pengganti lensa. Bayangan ditampilkan di layar monitor.
- 2) Biasanya digunakan untuk mengamati bagian-bagian sel, misalnya organel, membran, atau molekul besar seperti DNA.
- 3) Tidak dapat digunakan untuk mengamati objek yang masih hidup.
- 4) Objek yang akan diamati harus sangat tipis dan berada di ruang hampa udara agar dapat ditembus elektron.
- 5) Bayangan yang diperoleh dapat diperbesar hingga mencapai sejuta kali.



Sumber: *New Understanding Biology*, Susan Toole and Glenn

Gambar 1.4
Mikroskop elektron

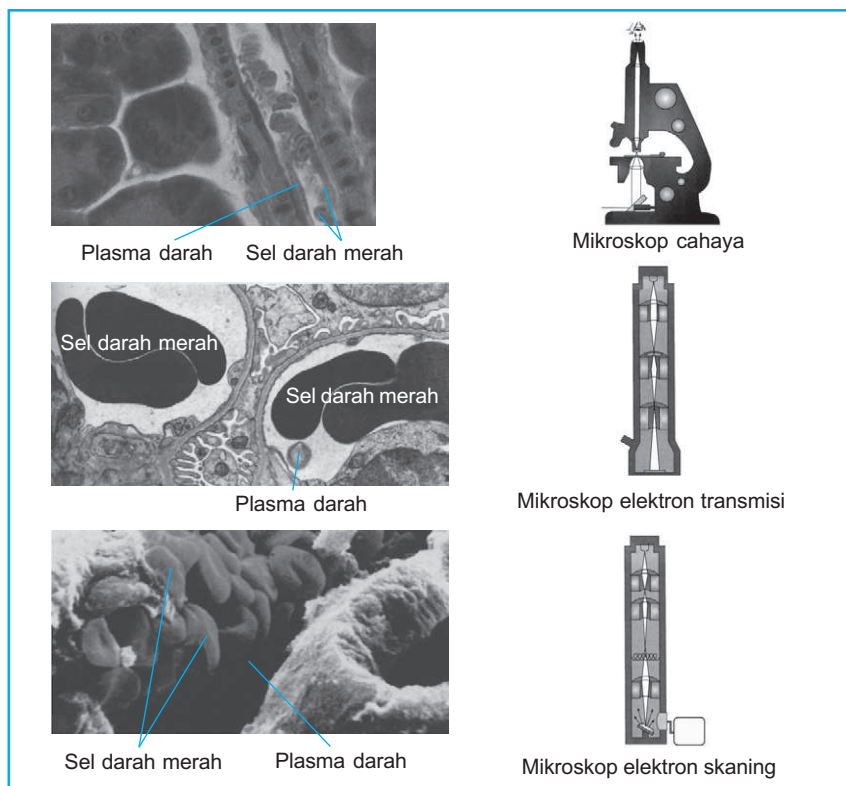


Tahukah Anda

Bagaimana Sel Dapat Diamati dengan Jelas?

Gambaran sebuah sel beserta bagian-bagiannya pada awalnya memang sukar diperoleh. Namun, dengan semakin berkembang ilmu pengetahuan dan teknologi gambaran sel mudah diperoleh. Diperlukan sayatan sel yang tipis untuk mendapatkan gambaran sel secara rinci. Demikian pula dengan cara pewarnaan yang benar dan alat optik yang memadai. Tiap-tiap spesimen jaringan diwarnai kemudian dipotong menggunakan alat khusus, yaitu **mikrotom**. Dari hasil pemotongan ini akan didapatkan selapis jaringan sangat tipis. Irisan ini kemudian dipasang pada film negatif. Hasil irisan mikrotom berupa preparat dengan ketebalan satu sel. Oleh karena itu, hampir semua detail sel dapat diamati pada saat yang sama.

Mikroskop elektron ada dua macam, yaitu mikroskop elektron skaning (SEM : *Scanning Electron Microscope*) dan mikroskop elektron transmisi (TEM : *Transmission Electron Microscope*). Mikroskop elektron skaning digunakan untuk mengamati secara detail permukaan sel, sedangkan mikroskop elektron transmisi digunakan untuk mengamati struktur internal sel. Perhatikan hasil pengamatan suatu objek menggunakan tiga jenis mikroskop yang berbeda pada Gambar 1.5 berikut.



Sumber: *Inquiry Into Life, Mader, S.S.*

Gambar 1.5

Hasil pengamatan sel darah merah

Di depan, Anda telah melakukan kegiatan mengamati sel gabus dengan mikroskop cahaya. Bagaimana bentuk sebuah sel jika diamati dengan mikroskop elektron? Telah disebutkan di depan bahwa mikroskop elektron mempunyai daya perbesaran yang lebih besar daripada mikroskop cahaya, yaitu dengan perbesaran maksimum 1.000.000 kali. Sekarang, lakukanlah kegiatan berikut untuk membandingkan hasil pengamatan sel-sel daun menggunakan mikroskop cahaya dan mikroskop elektron.



Eksperimen 2

Membandingkan Hasil Pengamatan Sel Daun Menggunakan Mikroskop Cahaya dan Mikroskop Elektron

Sediakan mikroskop, gelas benda, gelas penutup, pisau atau silet tajam, pinset, air, dan daun yang ada di sekitar Anda. Sayatlah daun tersebut

setipis mungkin secara melintang. Letakkan sayatan tersebut di tengah gelas benda dan tetesi dengan air. Tutuplah secara hati-hati dengan gelas penutup.

Setelah itu pasanglah sediaan pada meja preparat dan amatilah. Mulailah dari perbesaran