

Konsep Dasar Biologi

Drs. Sundowo Harminto, M.Sc.



PENDAHULUAN

Dunia biologi terdiri atas semua makhluk hidup yang mendiami planet kita, dari jasad renik sampai tumbuhan dan hewan tingkat tinggi. Ilmu pengetahuan biologi ini juga mempelajari keanekaragaman, struktur, proses-proses fisiologi, hubungan antar makhluk hidup, dan interaksi dengan lingkungannya. Jadi, biologi adalah ilmu yang mempelajari segala hal yang berhubungan dengan kehidupan. Kata **biologi** itu sendiri berasal dari sambungan dua patah kata bahasa Yunani, **bio** berarti hidup atau kehidupan, dan **logos** berarti ilmu.

Selain membantu manusia mengenal dirinya sebagai makhluk hidup dan mengenal lingkungannya, biologi juga membantu manusia dalam memecahkan masalah-masalah kehidupan yang dihadapinya. Pemecahan masalah-masalah tersebut seperti penemuan vaksin, bibit unggul, dan sebagainya, tentunya dilakukan melalui proses ilmiah/penelitian yang sistematis dengan metode ilmiah, walaupun ada di antaranya yang diperoleh secara kebetulan. Juga, dengan bertambahnya jumlah populasi manusia membawa dampak yang mengejutkan, seperti peningkatan kebutuhan akan pangan dan bahan-bahan alam yang menyebabkan perusakan lingkungan, penurunan indeks keanekaragaman flora dan fauna, dan bertambahnya masalah-masalah di bidang kesehatan manusia. Keadaan ini memacu para ahli biologi bekerja keras untuk meningkatkan kualitas lingkungan, melestarikan keanekaragaman hayati, memerangi berbagai macam penyakit, dan usaha-usaha untuk meningkatkan produksi pangan serta mencari sumber-sumber pangan baru.

Perkembangan ilmu biologi dewasa ini telah mencapai suatu keadaan yang cukup maju sehingga rahasia-rahasia alam dalam bidang biologi yang dahulunya belum banyak diketahui, sekarang menjadi lebih terbuka.

Kalau kita menyimak ke masa lalu, timbul pertanyaan dari mana asal mula makhluk hidup ini ? Bahan organisme hidup sedikitnya terdiri dari sebuah sel, dan sel ini berisi asam amino dan molekul-molekul organik lain

yang berasal dari persenyawaan bahan-bahan/gas-gas anorganik H_2 , CH_4 , H_2O , dan NH_3 yang terbentuk sejak atmosfer bumi masih primitif. Persenyawaan dari molekul-molekul gas anorganik tersebut terjadi oleh adanya kilat atau halilintar. Keadaan ini disimulasikan dengan baik oleh Stanley Miller dan Harold Urey (keduanya adalah pakar biokimia) dalam percobaannya pada tahun 1950, dengan loncatan listrik sebagai pengganti halilintar.

Walaupun data terbaru menyebutkan bahwa atmosfer bumi dahulu kala tidak kaya dengan gas metan atau amonia, percobaan yang mirip yang menggunakan kombinasi gas yang lain menghasilkan banyak molekul-molekul organik termasuk nukleotida sebagai bahan dasar RNA (asam ribonukleat) dan DNA (asam deoksiribonukleat). Jadi, sel yang pertama mungkin terjadi dari persenyawaan molekul-molekul organik ini.

Secara umum setelah mempelajari modul ini, Anda diharapkan mampu menjelaskan konsep dasar biologi. Juga, secara khusus diharapkan dapat mengerti tentang dunia biologi dan proses ilmiah dalam biologi.

KEGIATAN BELAJAR 1**Perkenalan dengan Dunia Biologi**

Walaupun kita telah mengetahui bahwa biologi adalah ilmu yang mempelajari kehidupan, tetapi tahukah kita tentang arti hidup dan kehidupan? Benda hidup di planet kita sangat beragam dan kiranya agak sukar untuk menyimpulkannya dalam bentuk definisi yang sederhana. Bagaimanapun, semua makhluk hidup memiliki ciri khas dan aktivitas tersendiri. Makhluk hidup yang biasa disebut organisme atau sistem kehidupan, terdiri dari sebuah sel atau lebih, yang dapat melaksanakan semua aktivitas/kegiatan hidupnya, seperti metabolisme, bergerak, reproduksi, merespon rangsangan, dan beradaptasi terhadap perubahan lingkungan.

A. CIRI MAKHLUK HIDUP**1. Tubuh organisme terdiri dari sel-sel**

Seperti kita ketahui, semua organisme yang kita kenal mempunyai bentuk dan ukuran yang bervariasi. Masing-masing organisme tubuhnya terdiri dari sebuah atau sejumlah sel. Jadi, sel adalah sebuah unit terkecil dari organisme. Sel-sel inilah yang menjalankan semua aktivitas hidup organisme tersebut. Pada organisme bersel tunggal (uniseluler), semua aktivitas hidupnya dilakukan hanya oleh sel tunggal tersebut, sedangkan pada organisme bersel banyak/kompleks (multiseluler), proses hidupnya dikerjakan oleh sel-sel tubuhnya secara terkoordinasi.

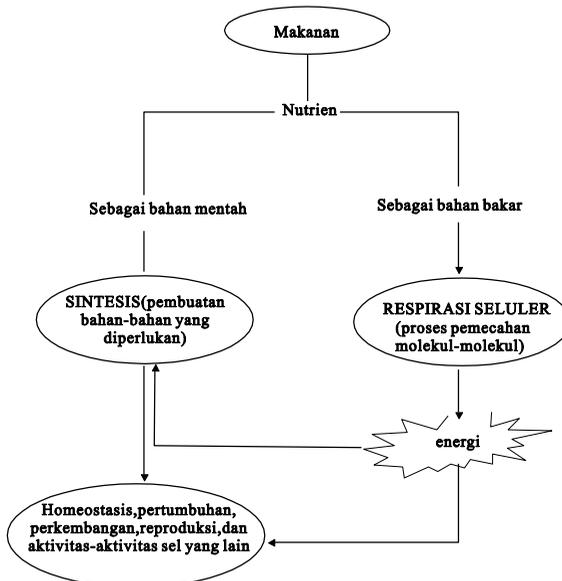
2. Organisme tubuh dan berkembang

Walaupun benda tak hidup dapat tumbuh dan berkembang, pertumbuhan dan perkembangannya hanya karena penambahan atau akumulasi materialnya saja seperti bola salju yang menggelinding atau penambahan debit air di sungai karena hujan. Pertumbuhan dari makhluk hidup dimulai dengan pemasukan materi kasar dari lingkungannya dan mengubahnya menjadi bahan-bahan yang spesifik bagi kehidupannya. Penambahan bahan-bahan ini akan menyebabkan bertambahnya jumlah sel dan ukuran tubuhnya. Sejalan dengan pertumbuhannya, organisme juga mengalami perkembangan. Perkembangan organisme ini berlangsung selama hidupnya. Hampir semua organisme memulai

kehidupannya dengan telur yang dibuahi, yang kemudian tumbuh dan berkembang menjadi bentuk/struktur tubuh tertentu.

3. *Organisme melakukan metabolisme*

Untuk pertumbuhan dan pemeliharaan diri, makhluk hidup harus dapat mengubah nutrisi yang berasal dari makanan (materi kasar) menjadi sel-sel hidup. Pengubahan ini melalui penggunaan energi dan reaksi-reaksi kimia berupa respirasi seluler dan sintesis (*lihat Gambar 1.1*). Semua aktivitas-aktivitas kimia dan transformasi energi ini akan mempertahankan pekerjaan rutin sel yang disebut metabolisme. Proses metabolisme inilah yang menjadikan organisme dapat melaksanakan aktivitas-aktivitas hidupnya seperti tumbuh dan berkembang biak. Ketika proses-proses metabolisme tersebut berhenti, maka organisme akan mati.



Gambar 1.1

Reaksi metabolisme yang terjadi secara terus-menerus di setiap sel hidup

Aktivitas metabolisme di dalam tubuh organisme dikendalikan sedemikian rupa sehingga organisme dapat mempertahankan keseimbangan lingkungan internal tubuhnya. Pengendalian secara otomatis ini disebut **homeostasis**. Pengendalian suhu tubuh pada manusia adalah salah satu contoh yang baik dari mekanisme homeostasis ini. Jika suhu tubuh di atas normal, maka pusat pengendali suhu di otak yang bertindak sebagai ‘thermostat’ mengirim impuls ke kelenjar keringat yang menyebabkan produksi keringat meningkat. Proses penguapan keringat membutuhkan panas, untuk hal ini maka panas tubuh diambil ketika keringat menguap, yang berakibat suhu tubuh menurun.

Sebaliknya, jika suhu tubuh di bawah normal, maka pembuluh darah di kulit menyempit (konstriksi) sebagai akibat datangnya impuls dari ‘thermostat’ otak sehingga kehilangan panas tubuh tereduksi. Panas tubuh dapat pula diperoleh dari proses kontraksi otot yang menyebabkan tubuh gemetar (menggigil). Beberapa jenis hewan bereaksi terhadap kehilangan panas tubuhnya, misalnya dengan berjemur untuk menaikkan suhu tubuhnya.

4. *Organisme bereaksi terhadap rangsangan*

Makhluk hidup bereaksi terhadap rangsangan (perubahan), baik yang berasal dari lingkungan luar maupun dari dalam tubuhnya sendiri. Reaksi-reaksi tersebut sangat membantu organisme dalam menghindari diri dari pemangsanya, menangkap mangsanya, pergi dari lingkungan yang rusak, datang ke tempat sumber makanan, menemukan pasangannya, mengubah pola tumbuh disesuaikan dengan musim, dan melakukan aktivitas-aktivitas lainnya yang penting bagi kelangsungan hidupnya. Jadi, hampir semua organisme bereaksi terhadap perubahan suhu, tekanan, intensitas cahaya, kondisi kimiawi lingkungannya, dan sebagainya. Beberapa rangsangan tersebut harus ditanggapi secara cepat oleh hewan agar dapat berhasil, seperti menangkap mangsa dan menghindari pemangsa.

Tumbuhan umumnya bereaksi tidak nyata dan lebih lambat dibandingkan dengan hewan, tetapi reaksi mereka terhadap rangsangan sangat penting bagi kelangsungan hidupnya.

5. *Organisme beradaptasi terhadap perubahan lingkungan*

Organisme dari spesies tertentu bereaksi sebagai respon terhadap perubahan tertentu di lingkungannya. Jika lingkungannya tidak berubah, maka populasi spesies tersebut tidak akan berubah. Bagaimanapun, lingkungan selalu berubah secara terus menerus, dan populasi yang dapat bertahan hidup adalah mereka yang dapat menyesuaikan diri terhadap perubahan tersebut. Sebagai contoh, hewan yang dapat bertahan hidup pada iklim dingin adalah hewan yang dapat beradaptasi dengan bulu tubuhnya yang tebal dan mempunyai kemampuan hibernasi. Contoh lain adalah tumbuhan kaktus. Tumbuhan ini telah beradaptasi terhadap lingkungan yang bersuhu tinggi, seperti padang pasir. Agar dapat beradaptasi dengan lingkungan yang panas ini, maka daun kaktus bermodifikasi menjadi duri untuk meminimalkan penguapan, sedangkan batangnya beradaptasi dengan mengambil alih tugas daun sebagai tempat untuk melaksanakan proses fotosintesis dan sebagai tempat penyimpanan air.

6. *Organisme melakukan reproduksi*

Walaupun masa hidup organisme bervariasi dari hitungan menit ke abad, masa hidup ini selalu terbatas. Organisme yang tua akan mati dan organisme yang baru akan muncul. Begitulah siklus yang selalu terjadi pada setiap individu atau setiap jenis organisme. Munculnya kehidupan baru dipicu oleh proses reproduksi (perkembangbiakan). Reproduksi organisme dapat terjadi secara aseksual seperti pembelahan dan pertunasan, atau reproduksi ini dapat pula terjadi secara seksual, seperti persatuan gamet-gamet/pembuahan gamet betina oleh gamet jantan.

Kedua cara reproduksi ini nantinya akan menghasilkan individu-individu baru. Keturunan yang baru ini mirip induknya karena mereka mewarisi satu set penunjuk genetik dari sang induk, yang disebut **DNA** (asam deoksiribonukleat). DNA menandai informasi genetik yang bertanggung jawab terhadap struktur dan fungsi organisme tersebut. Itulah sebabnya mengapa manusia menghasilkan keturunan yang berupa manusia juga, kucing menghasilkan kucing juga, dan tidak kucing menghasilkan ayam, misalnya.

B. EVOLUSI DAN KEANEKARAGAMAN HAYATI

Seperti telah dipaparkan sebelumnya, reproduksi organisme menghasilkan keturunan yang memiliki satu set DNA yang berasal dari ‘ayah’ dan ‘ibu’ nya. Variasi genetik inilah yang menyebabkan terjadinya proses evolusi dan adaptasi. Populasi yang dihasilkan dari proses reproduksi tersebut dengan demikian berpotensi untuk berevolusi dan beradaptasi.

Ketika populasi berevolusi, individu dalam populasi tersebut membangun ciri atau sifat dari struktur, fisiologi, dan perilaku, sehingga memudahkan mereka untuk tumbuh, berkembang biak, dan menjaga keseimbangan homeostasis tubuhnya. Sifat-sifat yang mempertinggi kemampuan organisme untuk dapat bertahan hidup di suatu lingkungan tertentu disebut **adaptasi**.

1. *Evolusi oleh seleksi alamiah*

Charles Darwin, seorang ilmuwan dan pencetus teori evolusi dalam bukunya berjudul “The Origin of Species” yang terbit pada tahun 1859, dengan memperhatikan temuan-temuan baru dalam bidang geologi dan biologi, telah mendapat bukti bahwa bentuk kehidupan di bumi sekarang diturunkan melalui perubahan perlahan-lahan dalam jangka waktu lama dari bentuk terdahulu. Hal ini yang disebut sebagai proses **evolusi**. Dia menyatakan juga bahwa proses evolusi ini diiringi oleh proses seleksi alamiah (‘natural selection’) sehingga boleh dikatakan proses seleksi alamiah ini adalah sebuah mekanisme evolusi yang penting.

Seleksi alamiah ini terjadi karena sumberdaya alam di suatu lingkungan terbatas, sehingga setiap anggota dari populasi harus bersaing untuk mendapatkannya, seperti makanan, cahaya matahari, dan ruang tempat hidup. Pemenang dari persaingan ini adalah mereka yang berdaya tahan paling tinggi. Sebagai pemenang, mereka kemudian berkembang biak dan menurunkan kemampuan daya tahan ini ke generasi berikutnya, sehingga mereka memiliki jumlah populasi yang lebih besar dibandingkan populasi lainnya.

2. *Evolusi mendukung keanekaragaman organisme*

Walaupun Darwin tidak mengetahui tentang DNA dan mekanisme pewarisannya, kita mengetahui bahwa variasi yang terdapat pada organisme bersifat genetik. Sumber dari terjadinya variasi ini adalah

mutasi, perubahan kimiawi pada DNA yang berlangsung perlahan-lahan dan memakan waktu lama serta dapat diwariskan. Mutasi memodifikasi kode genetik dan menyebabkan terjadinya **spesiasi**. Perubahan genetik menyebabkan perbedaan di antara individu dan menyebabkan pula populasi beradaptasi terhadap lingkungan yang selalu berubah. Jadi, evolusi membantu terjadinya keanekaragaman organisme, keanekaragaman organisme adalah cerminan terjadinya proses evolusi.

3. *Klasifikasi dan nomenklatur*

Saat ini jumlah organisme telah mencapai jutaan jenis (spesies). Agar mereka dapat dipelajari dan diidentifikasi dengan baik, manusia perlu melakukan pengelompokan/klasifikasi terhadap organisme-organisme tersebut. Pengelompokan organisme ini biasanya berdasarkan pada persamaan karakter morfologinya. Jika kemiripannya dekat, maka mereka berkerabat dekat dan sebaliknya. Sedikit demi sedikit dalam dua abad terakhir, baru disadari bahwa kemiripan ini ternyata ditentukan oleh sifat-sifat genetik organisme yang diperiksa tersebut.

Skema klasifikasi yang mula-mula dikenal adalah klasifikasi sederhana yang dibuat oleh Aristoteles (382-322 SM), seorang ahli filsafat berbangsa Yunani. Ia mengelompokkan semua organisme yang dikenalnya ke dalam tiga golongan besar : tumbuhan, hewan, dan manusia.

Klasifikasi modern diperkenalkan oleh seorang ahli taksonomi berbangsa Swedia bernama Carolus Linnaeus (1707-1778) dalam karya besarnya yang terkenal: “Systema Naturae” Ia menggunakan sistem binomium (‘binomial system of nomenclature’) dalam pemberian nama ilmiah suatu organisme. Ia memberi nama untuk setiap jenis organisme dengan dua kata : kata yang pertama menunjukkan nama genus dan kata yang kedua menunjukkan nama penunjuk spesies. Sebagai contoh, *Musca* adalah nama genus untuk segala macam/jenis lalat dan *Musca domestica* adalah nama jenis (spesies) untuk lalat rumah.

Sumbangan yang sangat berharga dari Linnaeus adalah diusahakannya organisme-organisme tersebut untuk dikelompokkan dengan menggunakan sistem alamiah (natural system). Ia sangat memperhatikan nenek moyang/leluhur dari organisme-organisme tersebut dalam pengelompokan, seperti kucing, harimau, dan sebagainya, dikumpulkan dalam satu

kelompok leluhur ‘feline’, sedangkan anjing, serigala, dan sebagainya, dalam kelompok leluhur ‘canine’

C. EKOSISTEM DAN TINGKAT TROFIK

Untuk melaksanakan kegiatan hidupnya, organisme membutuhkan energi yang berasal dari lingkungannya. Biasanya energi ini berbentuk makanan yang siap dicerna. Dalam hal ini terdapat 3 tingkat trofik organisme, yaitu organisme produsen (‘producers’), organisme konsumen (‘consumers’), dan organisme perombak (‘decomposers’). Dalam piramida energi, biasanya organisme produsen menduduki tingkatan yang terbawah. Ketiga macam organisme ini selalu terdapat pada setiap ekosistem di bumi.

1. *Ekosistem*

Individu-individu dari setiap jenis (spesies) organisme tidak tersebar secara merata di muka bumi ini. Mereka berkelompok dalam suatu populasi yang menghuni wilayah tertentu. Populasi-populasi dari jenis-jenis tertentu yang menghuni wilayah yang sama saling berinteraksi membentuk komunitas. Semua komunitas organisme di bumi ini secara kolektif disebut **biosfer**. Setiap komunitas organisme juga berinteraksi dengan lingkungan abiotik (lingkungan tak hidup) nya dan membentuk suatu ekosistem. Sebuah ekosistem dapat berupa sebuah kolam, danau, atau hutan. Kumpulan dari ekosistem-ekosistem disebut **ekosfer**. Ekosfer ini menggambarkan semua interaksi antar biosfer. Ilmu yang mempelajari bagaimana organisme berinteraksi antar sesamanya dan berhubungan dengan lingkungan abiotiknya disebut **ekologi**.

2. *Tingkat trofik*

Dalam suatu ekosistem atau ekosfer biasanya terdiri atas 3 macam organisme berdasarkan kepada cara makannya, yaitu: organisme produsen, konsumen, dan perombak. Ketiga macam organisme ini dalam ekosistem atau ekosfer selalu saling membutuhkan dan saling tergantung.

a. Organisme produsen

Organisme produsen (ototrof) adalah organisme yang mampu membuat makanannya sendiri dari bahan-bahan kasar sederhana yang non organik. Kebanyakan produsen melaksanakan proses

fotosintesis dengan menggunakan cahaya matahari sebagai salah satu sumber energinya. Algae, tumbuhan, bakteri tertentu, adalah contoh beberapa organisme produsen. Ketika proses fotosintesis berlangsung, energi dari cahaya matahari digunakan untuk membuat molekul makanan yang kompleks dari karbondioksida dan air. Energi cahaya ini diubah menjadi energi kimiawi yang disimpan dalam molekul makanan yang dibuatnya. Gas oksigen yang timbul, yang tidak hanya digunakan oleh sel-sel tumbuhan tersebut saja, tetapi juga oleh sel-sel organisme lainnya, adalah sebagai hasil sampingan dari proses fotosintesis ini:

Karbondioksida + air + energi (dari cahaya matahari) → makanan + oksigen

Organisme produsen tidak hanya mendapatkan karbondioksida yang diperlukan dari hasil proses respirasi sel-selya, tetapi juga dari organisme lain yang non produsen.

b. Organisme konsumen

Organisme konsumen adalah organisme yang secara langsung maupun tidak langsung tergantung kepada produsen untuk memperoleh energi dan oksigen. Semua hewan termasuk manusia adalah konsumen. Konsumen, seperti halnya organisme perombak, adalah organisme heterotrof. Bagaimanapun, organisme konsumen dan organisme perombak adalah juga organisme yang berperan dalam keseimbangan ekosistem. Seperti halnya semua makhluk hidup (termasuk produsen), organisme konsumen dan organisme perombak memperoleh energi dengan jalan pemecahan molekul-molekul makanan yang dibuat dari proses fotosintesis oleh organisme produsen. Ketika molekul-molekul makanan dipecah oleh proses respirasi seluler, maka energi yang timbul disimpan untuk digunakan dalam semua kegiatan kehidupan organisme tersebut. Reaksi kimiawi dari proses respirasi seluler sebagai berikut:

Makanan + oksigen → karbondioksida + air + energi

Pertukaran gas di antara organisme produsen dan organisme konsumen membantu mempertahankan keberadaan dan keseimbangan gas-gas tersebut di atmosfer.

c. Organisme perombak

Organisme perombak seperti bakteri, fungi, dan beberapa hewan, adalah organisme yang memecah sampah ('wastes') dan tubuh organisme yang telah mati menjadi partikel-partikel yang sederhana, sehingga dapat dimanfaatkan oleh organisme perombak itu sendiri maupun oleh organisme lain. Proses vital ini menjadi komponen-komponen tubuh organisme yang telah mati tersebut dapat digunakan kembali. Jika misalnya organisme perombak di alam tidak ada, maka pasokan elemen nutrisi dari tubuh yang mati tadi akan berhenti. Jadi, produsen dan konsumen tidak akan dapat bertahan hidup tanpa kehadiran organisme perombak ini.



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

1. Bagaimana kira-kira terjadinya sel yang pertama?
2. Dalam mempelajari ciri makhluk hidup, bedakanlah antara organisme bersel tunggal (uniseluler) dan sebuah sel dari organisme bersel banyak (multiseluler)!
3. Bagaimana organisme tumbuh dan berkembang?
4. Mengapa individu yang baru hasil reproduksi mirip induknya?
5. Bedakanlah antara proses sintesis dan respirasi seluler!
6. Bedakanlah antara proses respirasi seluler dan fotosintesis dalam hal pengambilan dan penggunaan energi!

Petunjuk Jawaban Latihan

1. Persenyawaan bahan-bahan anorganik menjadi asam amino dan molekul-molekul organik lain dengan perantara kilat/halilintar.

2. Pada organisme uniseluler, semua aktivitas hidupnya hanya dilakukan oleh sel tunggal tersebut, sedangkan sebuah sel pada organisme multiseluler adalah sebuah unit terkecil dari organisme tersebut yang menjalankan fungsi khusus untuk salah satu dari sekian banyak proses-proses hidupnya.
3. Dimulai dari telur yang dibuahi, pemasukan materi nutrisi yang menyebabkan bertambahnya jumlah sel dan ukuran tubuh, dan diakhiri dengan perkembangan selanjutnya menjadi bentuk tubuh tertentu.
4. Karena ia mewarisi satu set penunjuk genetik dari sang induk yang disebut DNA.
5. Sintesis adalah proses pembuatan bahan-bahan yang diperlukan oleh tubuh organisme untuk semua aktivitas sel-selnya, sedangkan respirasi seluler adalah proses pemecahan molekul-molekul makanan untuk memperoleh energi bagi aktivitas-aktivitas sel tersebut.
6. Proses fotosintesis berlangsung dengan menggunakan energi cahaya matahari dan proses respirasi seluler berlangsung untuk memperoleh energi bagi keperluan aktivitas sel.



RANGKUMAN

1. Tubuh organisme terdiri dari sel-sel; sel-sel ini tumbuh dan bertambah banyak oleh adanya pemasukan materi dari lingkungannya.
2. Hampir semua organisme memulai kehidupannya dengan telur yang dibuahi, yang kemudian tumbuh dan berkembang menjadi bentuk tubuh tertentu.
3. Organisme memperoleh nutrisi yang berasal dari makanan menjadi sel-sel hidup melalui reaksi-reaksi kimiawi berupa respirasi seluler dan sintesis.
4. Organisme bereaksi sebagai respon terhadap perubahan lingkungan luarnya maupun terhadap perubahan yang berasal dari dalam tubuhnya sendiri.
5. Reproduksi organisme dapat terjadi secara aseksual atau seksual. Keduanya akan menghasilkan individu-individu baru yang mewarisi satu set informasi genetik dari induknya yang disebut DNA.
6. Evolusi oleh seleksi alamiah menerangkan tentang bagaimana organisme berkerabat dan bagaimana mereka beradaptasi terhadap perubahan di lingkungannya.

7. Populasi organisme yang dihasilkan dari proses reproduksi berpotensi untuk berevolusi dan beradaptasi. Evolusi mendukung terjadinya keanekaragaman organisme melalui mutasi, sedangkan adaptasi adalah sifat-sifat yang mempertinggi kemampuan organisme untuk bertahan hidup di suatu lingkungan tertentu.
8. Keanekaragaman organisme menyebabkan usaha pengelompokan dan klasifikasi organisme menjadi penting. Pengelompokan organisme biasanya didasarkan kepada persamaan karakter morfologinya.
9. Ekologi adalah ilmu yang mempelajari bagaimana organisme berinteraksi antar sesamanya dan berhubungan dengan lingkungan abiotiknya.
10. Suatu ekosistem terdiri atas 3 macam organisme ialah organisme; produsen, konsumen, dan perombak. Ketiga macam organisme tersebut saling tergantung satu sama lain.



TES FORMATIF 1

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Semua aktivitas kimiawi dan transformasi energi yang mempertahankan pekerjaan rutin sel dalam tubuh organisme disebut....
 - A. metabolisme
 - B. respirasi seluler
 - C. sintesis
 - D. fotosintesis
- 2) Salah satu contoh adaptasi organisme terhadap perubahan lingkungan adalah....
 - A. homeostasis
 - B. hibernasi
 - C. evolusi
 - D. mutasi
- 3) Linnaeus memperkenalkan klasifikasi modern bagi organisme-organisme yang terdapat di bumi dalam bukunya yang terkenal
 - A. 'Classification of Organisms'
 - B. 'The Origin of Species'
 - C. 'Binomial System of Nomenclature'
 - D. 'Systema Naturae'

- 4) Keanekaragaman organisme dipicu oleh proses evolusi. Proses evolusi ini terjadi karena organisme
- A. mewarisi satu set informasi genetik yang disebut DNA
 - B. menjaga keseimbangan homeostasis tubuhnya
 - C. dapat beradaptasi terhadap lingkungannya
 - D. melakukan proses seleksi alamiah dan mutasi
- 5) Organisme perombak adalah organisme yang
- A. menduduki tingkatan terbawah dalam piramida energi
 - B. disebut sebagai organisme ototrof
 - C. disebut sebagai organisme heterotrof
 - D. memperoleh energi dari proses respirasi seluler
- 6) Ekosfer adalah lapisan di bumi dimana terjadi interaksi
- A. antar biosfer
 - B. antar komunitas
 - C. antar populasi
 - D. antara sesama organisme dan lingkungan abiotiknya

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 1 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali
80 - 89% = baik
70 - 79% = cukup
< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 2. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 1, terutama bagian yang belum dikuasai.

KEGIATAN BELAJAR 2

Proses Ilmiah dalam Biologi

Setelah mempelajari Kegiatan Belajar 1, kita menyadari bahwa biologi adalah ilmu pengetahuan murni ('pure science'), sehingga perolehan pengetahuannya haruslah melalui pendekatan ilmiah berdasarkan pengamatan dan percobaan. Karena biologi adalah bagian dari ilmu pengetahuan ('science', sains) yang berkenaan dengan materi di alam raya ini, maka perolehan ilmunya harus dimulai dengan pengamatan (observasi) terhadap obyek yang diteliti, sehingga biologi tidak dapat berurusan dengan sesuatu yang tidak dapat diobservasi.

Seorang ilmuwan ('scientist', saintis) biasanya mempunyai rasa ingin tahu ('curiosity') yang besar sehingga dibenaknya selalu muncul pertanyaan-pertanyaan ("apa ?", "bagaimana ?", "mengapa?") yang dirumuskan/diformulasikan, yang memicunya melakukan serangkaian observasi yang cermat untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut. Hasil dari observasi tadi adalah seperangkat data yang dapat diolah atau dianalisis untuk memperoleh kesimpulan akhir yang berupa pernyataan umum. Untuk hal tersebut, saintis perlu memikirkan jalan untuk menguji pernyataan umum ini. Hasil pengujian akan berupa teori/dalil/hukum. Walaupun demikian, tidak ada sebuah teoripun yang mutlak benar karena semua teori tergantung kepada fakta yang *dapat* diamati. "Teori sel" dan "teori evolusi" juga ditunjang oleh semua fakta yang diketahui. Metode saintifik ini mempunyai keterbatasan, karena tidak semua pertanyaan dapat dijawab dan diuji. Tuhan yang mengatur hukum-hukum alam di jagad raya, tidak dapat diuji dengan metode ilmiah ini. Juga, sains tidak dapat membuat pertimbangan nilai ('value judgement') atau pertimbangan moral ('moral judgement'). Contoh dari nilai, misalnya: indah, sungai jernih (tidak tercemar); dan contoh dari moral, misalnya: perang adalah amoral. Yang dapat ditunjukkan oleh metode ilmiah dari contoh-contoh di atas adalah konsekuensi dari pencemaran sungai atau implikasi budaya dari perang. Selain itu, sains tidak akan mencoba menjelaskan pertanyaan-pertanyaan filosofis/agamis seperti : "Apa arti hidup ?" atau "Apakah ada kehidupan setelah mati ?".

Pendekatan saintifik menghasilkan penjelasan dan pengertian. Ini adalah sebuah proses yang mengombinasikan pertanyaan, pengamatan yang

cermat, percobaan yang teliti, dan pembuktian yang berulang kali untuk memperbaiki dan meningkatkan pengetahuan kita tentang diri kita dan alam semesta. Hasil dari penelitian saintifik sering dimanfaatkan untuk tujuan praktis (terapan) dan didayagunakan, yang sebelumnya tidak pernah disusun atau dibayangkan oleh peneliti semula.

Hal utama yang dilakukan oleh saintis untuk mempelajari alam dengan pendekatan ilmiah ini selain mengumpulkan informasi, merumuskan pertanyaan/masalah, melakukan observasi, juga membentuk/mengajukan hipotesis serta menguji hipotesis. *Hipotesis* adalah sebuah penjelasan sementara atau perkiraan yang mengantar kepada pengamatan dari sebuah pertanyaan. Jalan pikiran para saintis dalam membangun hipotesis, sangat bervariasi. Ada yang merumuskan hipotesis dengan induksi (pemikiran induktif), yaitu suatu cara berpikir yang membangun penyamarataan (generalisasi) dari hal-hal yang spesifik/khusus. Cara berpikir tersebut menemukan pengetahuan berdasarkan **pengamatan dan percobaan** (= mengumpulkan pengetahuan yang benar atas dasar pengalaman). Mereka yang cara berpikirnya demikian disebut sebagai penganut **empirisme**. Sebuah contoh, misalnya: “Semua bekicot yang saya amati berwarna coklat”. Dari hasil pengamatan ini dibangun penyamarataan: “Semua bekicot yang terdapat di bumi berwarna coklat”. Penyamarataan ini dapat membangun hipotesis dengan format “Jika maka”, sebagai berikut: “Jika semua bekicot yang saya amati berwarna coklat, maka semua bekicot yang terdapat di bumi berwarna coklat”.

Selain pemikiran induktif, kita juga mengenal cara berpikir deduktif (deduksi = pembuktian dengan menggunakan logika/rasio). Peneliti yang menganut cara berpikir deduktif ini mengembangkan pengetahuan bersandar pada nalar yang dikendalikan oleh akal. Mereka kita kenal sebagai penganut **rasionalisme**. Mereka memperoleh pengetahuan dengan membangun hal-hal yang spesifik dari hal-hal yang bersifat umum.

Misalnya : “Manusia adalah makhluk hidup” (= premis mayor). “Aristoteles adalah manusia” (= premis minor).

Kesimpulannya : “Aristoteles adalah makhluk hidup”.

Semua hipotesis yang diajukan oleh peneliti harus dapat diuji. Untuk memperoleh jawaban dari hipotesis tadi, dilakukan uji hipotesis dengan melakukan “percobaan/pengamatan yang terkendali”. Percobaan untuk menguji hipotesis harus dirancang dengan cermat, misalnya jika kita ingin mengetahui apakah pemupukan tanaman dengan pupuk tertentu akan

mempengaruhi pertumbuhan tinggi tanaman/pohon tersebut. Dalam percobaan ini harus disiapkan *pohon kontrol* (tumbuhan standar terhadap observasi; tanpa pemupukan), *pupuk* sebagai variabel bebas (= faktor yang dapat diubah-ubah selama percobaan terkendali ini, misalnya persentase pemberian pupuk yang berbeda untuk tiap sampel tanaman), dan alat pengukur *tinggi pohon*. Tinggi pohon adalah variabel tergantungan (= faktor yang merespon terhadap perubahan persentase pemberian pupuk). Dari pengukuran yang dilakukan, akan diperoleh data tinggi pohon yang berupa data kuantitatif (data yang diperoleh berdasarkan pengukuran numerik dalam satuan mm, cm, m, atau yang lain).

Jika hasil dari pengolahan/analisis data dibandingkan dengan hasil yang diharapkan (hasil yang dinyatakan dalam hipotesis) tidak sama, maka perbaikan hipotesis harus dilakukan atau ujilah dengan hipotesis alternatif. Jika hasil percobaan menunjukkan bahwa hipotesis diterima, lakukanlah percobaan tambahan/ulangan dengan cara yang sama. Keabsahan hipotesis harus dapat diuji dengan pengulangan percobaan yang hasilnya pun harus serupa. Jika ini yang terjadi, teori dapat dibangun. *Teori* adalah sebuah konsep yang kuat yang membantu ilmuwan/saintis membuat prediksi tentang hal yang ditelitinya. Karena ilmu pengetahuan terus berkembang, dan perkembangan ilmu pengetahuan tersebut menyebabkan ditemukannya fakta baru, maka teori tersebut dapat diperbaiki, diubah, atau digugurkan.

Jauh sebelum tahun Masehi, makhluk hidup sudah menjadi sasaran pengamatan seperti yang dilakukan oleh Aristoteles (384 – 322 sM), seorang ahli filsafat Yunani, terhadap berbagai jenis tumbuhan dan hewan. Dari pemahamannya, makhluk hidup pertama berasal dari benda tak hidup. Sebenarnya dia mengetahui bahwa makhluk hidup yang baru merupakan hasil perkawinan induknya, tetapi ia masih percaya bahwa ada makhluk lain yang muncul dari lumpur atau tanah, misalnya, sehingga makhluk tersebut dianggap timbul secara spontan (*'generatio spontanea'*). Berdasarkan pengamatan dan pemahaman inilah, ia akhirnya mencanangkan teori *abiogenesis* yang terkenal itu.

Walaupun teori yang dikemukakan oleh Aristoteles tersebut dapat bertahan sampai ratusan tahun lamanya, tidak semua orang puas terhadap teori ini, karena pengamatannya dilakukan dengan tidak melalui langkah-langkah ilmiah yang benar. Dia tidak menggunakan metode ilmiah dalam mengemukakan teorinya, yaitu cara atau tahapan atau langkah tertentu yang harus diikuti oleh seorang ilmuwan dalam melakukan suatu penelitian. Salah

seorang ilmuwan yang tidak puas tersebut adalah Francesco Redi (1621 – 1697) seorang berkebangsaan Italia. Ia menggunakan metode ilmiah untuk menunjukkan bahwa teori abiogenesis (*generatio spontanea*) tersebut tidak benar.

Untuk membuktikan pendapatnya, Redi menggunakan dua tabung gelas yang diisi masing-masing dengan sekerat daging sebagai bahan percobaan. Tabung gelas pertama ditutup dengan penutup terbuat dari lilin dan tabung gelas kedua dibiarkan terbuka. Beberapa hari kemudian, ditemukan beberapa belatung (larva lalat) pada tabung gelas kedua tetapi tidak pada tabung gelas pertama. Hal tersebut menunjukkan bahwa belatung berasal dari telur lalat yang induknya menyentuh daging.

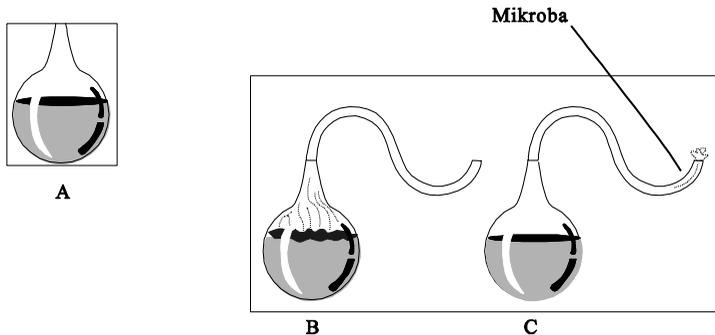
Walaupun teori abiogenesis telah digagalkan oleh percobaan Redi tersebut, masih ada juga ilmuwan yang skeptis. Alasannya ialah dapat saja udara yang menyebabkan munculnya belatung. Untuk meyakinkan mereka, Redi mengganti tutup tabung gelas pertama (tutup lilin) dengan kain kasa agar udara dapat leluasa keluar-masuk tabung. Hasilnya adalah setelah beberapa hari, daging pada tabung gelas pertama tersebut tetap saja bersih dari belatung. Kenyataan ini justru semakin menguatkan pendapat Redi bahwa makhluk hidup berasal hanya dari makhluk hidup sebelumnya (*biogenesis*).

Pembuktian teori biogenesis yang lain adalah dengan menggunakan mikroba. Banyak yang berpendapat bahwa mikroba adalah jasad renik yang muncul secara spontan. Mereka menganggap bahwa ragi, fungi, bakteri, bahkan protista (organisme bersel satu, misalnya amoeba) berasal dari bahan-bahan yang membusuk. Seorang ilmuwan Italia yang lain, Lazaro Spallanzani (1729 – 1799) ingin membuktikan bahwa mikroba juga tidak muncul secara spontan. Iapun mengadakan percobaan yang pada prinsipnya sama dengan percobaan Redi, tetapi bahan yang digunakan ialah air kaldu.

Dua labu erlenmeyer berisi air kaldu dididihkan, kemudian labu yang satu disumbat rapat dengan sumbat gabus, sedangkan labu yang satunya lagi dibiarkan terbuka. Beberapa hari kemudian, labu yang terbuka menunjukkan warna air yang keruh dan mengeluarkan aroma yang tidak enak, sedangkan labu yang tertutup tidak menunjukkan perubahan apapun. Dari hasil percobaan Spallanzani ini disimpulkan bahwa timbulnya kehidupan hanya mungkin jika telah ada kehidupan sebelumnya, artinya mikroba selalu ada dan tersebar di udara. Kesimpulan tersebut justru mengundang polemik

dengan para pendukung teori abiogenesis, sebab menurut mereka, udara (dalam hal ini oksigen) diperlukan untuk berlakunya ‘generatio spontanea’.

Pekerjaan Spallanzani ini kemudian disempurnakan oleh seorang ilmuwan bangsa Perancis bernama Louis Pasteur (1822 – 1895). Pasteur juga mendidihkan kedua labu berisi medium kultur ini. Bedanya ialah labu yang satu diberi tutup pipa leher angsa (pipa berbentuk huruf S). Setelah pemanasan, kedua labu dibiarkan dingin selama beberapa hari. Hasil dari perlakuan ini adalah labu yang terbuka (tidak bertutup) dengan cepat terkontaminasi oleh bakteri, sedangkan yang bertutup pipa leher angsa tetap bersih/steril. Ternyata penggunaan pipa leher angsa berhasil menghalangi masuknya bakteri ke dalam labu walaupun udara dapat bebas keluar-masuk ke dalam labu. Bakteri/mikroba dari udara terperangkap pada salah satu lengkungan pipa leher angsa (Gambar 1.2).



Gambar 1.2

- A. Labu yang tidak bertutup
Isi labu dengan cepat terkontaminasi oleh mikroba.
- B. Labu bertutup pipa leher angsa.
Isi labu tetap bersih (bebas mikroba).
- C. Labu bertutup pipa leher angsa.
Mikroba terperangkap pada lengkungan pipa.

Hasil percobaan Louis Pasteur ini merupakan tonggak bersejarah tentang tumbangannya teori abiogenesis dan munculnya teori biogenesis yang menyatakan bahwa setiap makhluk hidup berasal dari telur, setiap telur berasal dari makhluk hidup, dan setiap makhluk hidup berasal dari makhluk hidup juga (**'omne vivum ex ovo, omne ovum ex vivo, omne vivum ex vivo'**).

Kalau kita perhatikan, baik Francesco Redi, Lazaro Spallanzani, maupun Louis Pasteur, menggunakan langkah-langkah tertentu yang dilakukan secara teratur dalam melaksanakan percobaannya. Inilah yang sekarang ini disebut sebagai 'metode ilmiah'. Langkah-langkah yang dilakukan untuk memecahkan masalah (misalnya *biogenesis*), adalah sebagai berikut:

1. *Lakukan pengamatan yang cermat*

Diamati bahwa setiap makhluk hidup seperti burung dan monyet mempunyai induk, lalat seolah-olah muncul secara spontan dari daging yang membusuk.

2. *Rumuskan masalah*

Apakah makhluk hidup muncul secara spontan atau berasal dari makhluk hidup lainnya?

3. *Ajukan hipotesis*

Makhluk hidup hanya berasal dari makhluk hidup (biogenesis)

4. *Buatlah ramalan yang akan diuji*

Misalnya : lalat berasal dari lalat sebelumnya, ia tidak muncul secara spontan.

5. *Ujilah ramalan dengan serangkaian percobaan.*

Misalnya: buah dua set tabung percobaan yang diisi dengan daging busuk. Satu set tabung percobaan disegel (diberi tutup) sehingga lalat tidak dapat masuk.

6. *Tarik kesimpulan.*

Seandainya hasil percobaan menunjukkan tiada lalat berada pada tabung yang disegel, maka: *Hasil menunjang hipotesis.*

7. *Uji kesimpulan dengan percobaan ulang.*

Bila hasilnya sama, maka kesimpulan yang diperoleh dapat diajukan sebagai *teori*.



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

1. Apa yang memicu seorang ilmuwan melakukan pengamatan/percobaan?
2. Hampir semua ilmuwan memperoleh hasil penelitiannya dengan metode/pendekatan saintifik. Apa yang dimaksud dengan pendekatan saintifik ini?
3. Apa dua cara untuk merumuskan hipotesis, ialah cara induksi dan deduksi.
Bedakanlah kedua cara ini!
4. Apa arti dari pernyataan ini: “Untuk memperoleh jawaban atas pertanyaan hipotesis, dilakukan uji hipotesis dengan percobaan yang terkendali”?
5. Teori diperoleh setelah pengujian hipotesis dengan metode/pendekatan ilmiah dan tambahan (pengulangan) pengamatan/percobaan yang menghasilkan kesimpulan yang sama. Apakah teori yang diperoleh dengan cara ini dapat ditumbangkan?
6. Teori abiogenesis dicanangkan oleh Aristoteles setelah melalui pengamatan dan percobaan.
Mengapa banyak yang tidak puas terhadap teori ini?
7. Tuliskan urutan langkah-langkah metode ilmiah yang harus dilalui seorang ilmuwan untuk memperoleh pengetahuan baru!

Petunjuk Jawaban Latihan

1. Rasa ingin tahu yang besar, sehingga dari benaknya selalu muncul rumusan pertanyaan-pertanyaan.
2. Sebuah proses yang mengkombinasikan pertanyaan, pengamatan yang cermat, percobaan yang teliti, dan pembuktian yang berulang kali, seperti: mengumpulkan informasi, merumuskan pertanyaan, membangun hipotesis, menguji hipotesis, melakukan observasi yang terkendali, pengolahan/analisa data, dan pengambilan kesimpulan.
3. Cara induksi: suatu cara berpikir yang mengumpulkan/mengembangkan pengetahuan yang benar atas dasar pengalaman.

Cara deduktif: suatu cara berpikir yang mengumpulkan/mengembangkan pengetahuan yang benar bersandar pada nalar yang dikendalikan oleh akal.

4. Percobaan harus dirancang dengan cermat, melalui tahapan-tahapan tertentu; seperti menyiapkan dan menetapkan variabel bebas, variabel tergantung, dan bahan kontrolnya.
5. Dapat, setelah ditemukannya fakta baru hasil pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.
6. Karena pengamatan yang dilakukannya tidak melalui langkah-langkah ilmiah/metode ilmiah.
7. Rumuskan masalah, ajukan hipotesis, uji hipotesis dengan serangkaian percobaan atau pengamatan, olah/analisis data, tarik kesimpulan, uji kesimpulan dengan percobaan/pengamatan ulang, usulkan teori.



RANGKUMAN

1. Biologi adalah ilmu pengetahuan murni yang perolehan pengetahuannya melalui pendekatan ilmiah/metode ilmiah dengan pengamatan dan percobaan.
2. Langkah-langkah yang harus dilalui oleh seorang ilmuwan untuk memperoleh pengetahuan melalui metode ilmiah adalah : perumusan masalah, pengajuan hipotesis, pengujian hipotesis dengan serangkaian percobaan, pengolahan/analisis data, dan penarikan kesimpulan.
3. Hipotesis adalah sebuah penjelasan sementara (perkiraan) yang mengantarkan ilmuwan kepada pengamatan/percobaan.
4. Rumusan hipotesis dapat berupa pemikiran induktif dan pemikiran dedutif.
5. Pemikir induktif (empiris) membangun penyamarataan dari hal-hal yang spesifik. Mereka menemukan pengetahuan yang benar atas dasar pengalaman (pengamatan dan percobaan).
6. Pemikir deduktif mengembangkan pengetahuan bersandar pada nalar (rasio). Mereka memperoleh pengetahuan dengan membangun hal-hal yang spesifik dari hal-hal yang bersifat umum.
7. Semua hipotesis yang diajukan, harus dapat diuji.
8. Hasil analisis data yang diperoleh dari pengamatan/percobaan untuk menguji hipotesis memberikan kesimpulan umum yang dapat diajukan sebagai teori.

9. Aristoteles (384 – 322 sM) mencanangkan teori abiogenesis ('generatio spontanea') karena ia menganggap semua makhluk hidup timbul secara spontan dari unsur-unsur bumi yang tak hidup.
10. Teori abiogenesis ditumbangkan oleh percobaan-percobaan yang dilakukan oleh Francesco Redi (1621 – 1697), Lazzaro Spallanzani (1729 – 1799), dan Louis Pasteur (1822 – 1895), yang membuktikan bahwa setiap makhluk hidup berasal dari makhluk hidup sebelumnya.
11. Redi, Spallanzani, dan Pasteur menggunakan pendekatan ilmiah (langkah-langkah tertentu yang dilakukan secara teratur) dalam melakukan percobaannya, yang sekarang dikenal sebagai "metode ilmiah".



TES FORMATIF 2

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Metode ilmiah biasanya digunakan oleh para ilmuwan untuk mendapatkan pengetahuan yang absah, tetapi metode ini mempunyai keterbatasan karena....
 - A. Sering dimanfaatkan orang untuk tujuan praktis
 - B. Berhubungan dengan sesuatu yang tidak dapat diobservasi
 - C. Dapat membuat pertimbangan nilai
 - D. Tidak semua pertanyaan hipotesis dapat diuji
- 2) Sebelum ilmuwan merumuskan hipotesis, maka langkah ilmiah yang harus dikerjakannya adalah
 - A. Merumuskan masalah
 - B. Menarik kesimpulan
 - C. Membuat ramalan yang akan diuji
 - D. Melakukan percobaan untuk menguji hipotesis
- 3) Jika hasil analisis data menunjukkan bahwa hipotesis diterima, apa selanjutnya yang harus dilakukan....
 - A. Melakukan percobaan ulangan dengan cara yang sama
 - B. Menguji hasil dengan hipotesis alternatif
 - C. Membuat perbaikan hipotesis
 - D. Menerima teori yang lama, sebab teori yang baru tidak sah

- 4) Ilmuwan yang berpikir deduktif adalah mereka yang
- Mengumpulkan pengetahuan yang benar atas dasar pengalaman
 - Membangun generalisasi atas hal-hal yang spesifik
 - Mengembangkan pengetahuan dengan nalar (logika)nya
 - Menganut paham empirisme
- 5) Ilmuwan yang berpikir induktif adalah mereka yang
- Menyamartakan hal-hal yang khusus menjadi hal yang bersifat umum
 - Menganut paham rasionalisme
 - Membangun hal-hal yang spesifik dari hal-hal yang bersifat umum
 - Membuktikan sesuatu hal dengan menggunakan logika
- 6) 'Generatio spontanea' menyebabkan
- Dicanangkannya teori abiogenesis
 - Dicanangkannya teori biogenesis
 - Munculnya istilah 'omne vivum ex vivo'
 - Louis Pasteur menjadi ilmuwan terkenal

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 2 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 2.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali
 80 - 89% = baik
 70 - 79% = cukup
 < 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan modul selanjutnya. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

Kunci Jawaban Tes Formatif

Tes Formatif 1

- 1) A
- 2) B
- 3) D
- 4) C
- 5) C
- 6) A

Tes Formatif 2

- 1) D
- 2) A
- 3) A
- 4) C
- 5) A
- 6) A