

Konsep Dasar Biologi

Drs. Sundowo Harminto, M.Sc.



PENDAHULUAN

Biologi adalah ilmu yang mempelajari segala hal yang berhubungan dengan kehidupan. Kata **biologi** berasal dari pertautan dua patah kata bahasa Yunani, yaitu **bios** yang berarti hidup atau kehidupan dan **logos** yang berarti ilmu. Disini tersirat bahwa hal yang dipelajari dalam biologi adalah semua makhluk hidup yang berada di planet bumi, dari mikroorganisme sampai tumbuhan dan hewan tingkat tinggi, beserta semua aspek kehidupannya. Segi kehidupan organisme yang umumnya dipelajari dalam biologi umumnya adalah struktur tubuh, proses fisiologi, fungsi organ tubuh, keberagaman hayati, hubungan dengan lingkungan hidupnya, reproduksi, molekuler, serta konservasi.

Selain membantu manusia mengenal dirinya sebagai makhluk hidup dan mengenal lingkungannya, biologi juga membantu manusia dalam memecahkan masalah kehidupan yang dihadapinya. Pemecahan masalah kehidupan tersebut umumnya melalui proses ilmiah (penelitian) yang cermat dan sistematis dengan metode ilmiah seperti penemuan vaksin, bibit unggul, antibiotik, dan transgenik walaupun kadang-kadang ada diantaranya yang diperoleh secara kebetulan. Bertambahnya populasi manusia membawa dampak yang mengejutkan, seperti peningkatan kebutuhan akan pangan dan energi serta bahan-bahan alam yang menyebabkan perusakan lingkungan, penurunan indeks keberagaman flora dan fauna, pemanasan global, serta peningkatan sejumlah masalah dibidang kesehatan manusia.

Keadaan tersebut memacu para ahli biologi bekerja keras untuk meningkatkan kualitas lingkungan hidup, melestarikan keberagaman hayati (keanekaragaman hayati/*biological diversity/biodiversity*), memerangi berbagai macam penyakit, mengusahakan peningkatan produksi pangan dan mencari sumber pangan baru, serta mengungkap rahasia alam dibidang biologi yang belum banyak diketahui oleh manusia.

Dalam Modul 1, Anda akan mempelajari secara umum konsep dasar biologi. Pembahasan lebih terperinci dari Modul 1 tersaji pada dua kegiatan belajar, yaitu pengenalan dengan dunia biologi dan proses ilmiah dalam biologi. Dengan demikian, setelah mempelajari Modul 1 Anda diharapkan mampu menjelaskan tentang konsep dasar biologi, secara khusus Anda diharapkan dapat menjelaskan tentang

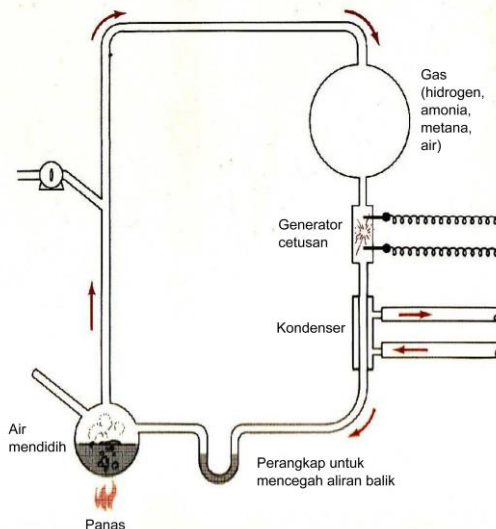
1. dunia biologi,
2. kaitan metode ilmiah dan pengetahuan biologi,
3. biologi dan kaitannya dengan ilmu lain.

KEGIATAN BELAJAR 1

Perkenalan dengan Dunia Biologi

A. ASAL MULA KEHIDUPAN

Kalau kita membicarakan perihal kehidupan di bumi, akan timbul pertanyaan dari manakah asal mula makhluk hidup? Bahan dasar organisme sedikitnya terdiri atas sebuah sel yang berisi asam amino dan molekul-molekul organik lain. Molekul-molekul organik tersebut berasal dari persenyawaan bahan atau gas anorganik, seperti hidrogen (H_2), metana (CH_4), air (H_2O), dan amonia (NH_3) yang terbentuk sejak atmosfer bumi masih primitif. Persenyawaan gas anorganik menjadi molekul organik terjadi oleh adanya kilat. Kondisi tersebut disimulasikan dengan baik oleh Stanley Miller dan Harold Urey (keduanya adalah pakar biokimia) dalam percobaannya pada tahun 1950 dengan loncatan listrik sebagai pengganti halilintar (Gambar 1.1).



Sumber: Barrett, dkk (1986), dengan modifikasi.

Gambar 1.1

Sketsa dari alat yang digunakan oleh Stanley Miller. Eksperimennya menghasilkan asam amino dari gas-gas anorganik yang kemungkinan ada di bumi sebelum terdapat kehidupan.

Walaupun data terbaru menyebutkan bahwa atmosfer bumi dahulu kala tidak kaya akan gas metana atau amonia, percobaan yang mirip yang menggunakan kombinasi gas yang lain menghasilkan banyak molekul organik, termasuk nukleotida sebagai bahan dasar asam ribonukleat (**RNA = Ribonukleic acid**) dan asam deoksiribonukleat (**DNA = Deoxyribonucleic acid**). Jadi, sel yang pertama mungkin terjadi dari persenyawaan molekul-molekul organik tersebut di atas.

Pada bagian pendahuluan Modul 1 dipaparkan bahwa biologi adalah ilmu yang mempelajari kehidupan. Akan tetapi, tahukah kita tentang arti hidup dan kehidupan? Makhluk hidup di planet bumi 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 ataupun sistem kehidupan terdiri atas sebuah sel atau lebih yang dapat melaksanakan semua aktivitas/kegiatan hidupnya, seperti metabolisme, bergerak, reproduksi, merespons rangsangan, dan beradaptasi terhadap perubahan lingkungan.

B. CIRI MAKHLUK HIDUP

Dibandingkan dengan benda tak hidup, makhluk hidup sekurang-kurangnya berciri sebagai berikut.

1. Tubuh Organisme Terdiri atas Sel-Sel

Seperti kita ketahui, semua organisme mempunyai bentuk dan ukuran yang bervariasi. Masing-masing organisme tubuhnya terdiri atas 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. Sementara itu, pada organisme bersel banyak (**multiseluler**), proses hidupnya dikerjakan oleh semua sel tubuhnya secara terkoordinasi.

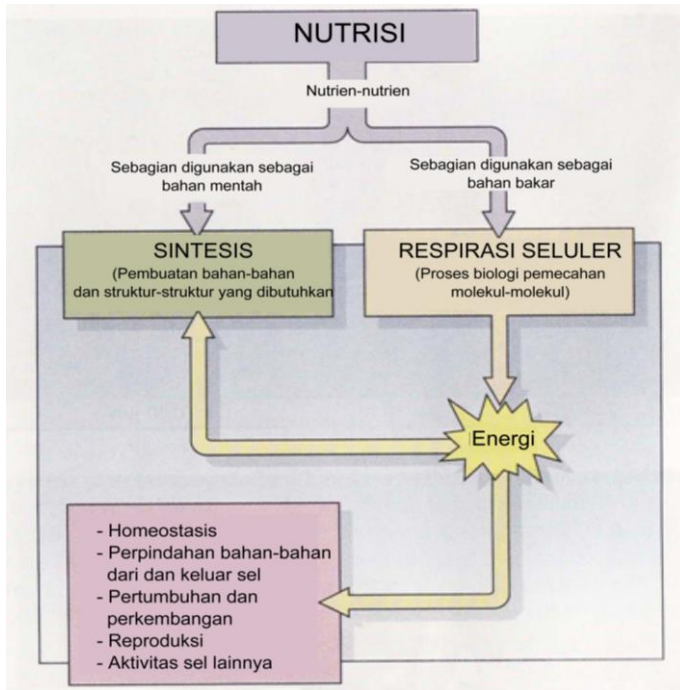
2. Organisme Dapat Tumbuh dan Berkembang

Walau benda tak hidup dapat tumbuh dan berkembang, pertumbuhan dan perkembangannya hanya karena penambahan atau akumulasi materialnya, seperti bola salju yang menggelinding atau penambahan debit air di sungai

karena hujan. Pertumbuhan makhluk hidup dimulai dari sel telur yang dibuahi diikuti dengan pematangan sel, kemudian dengan pemasukan materi kasar dari luar tubuh ke dalam tubuh. Di dalam tubuh, materi tadi diubah menjadi bahan-bahan yang spesifik bagi kehidupannya. Penambahan bahan-bahan tersebut akan menyebabkan bertambahnya jumlah sel dan ukuran tubuhnya. Sejalan dengan pertumbuhannya, organisme juga mengalami perkembangan. Perkembangan organisme tersebut berlangsung sejak muda hingga dewasa selama hidupnya.

3. Organisme Dapat Melakukan Metabolisme

Untuk pertumbuhan dan pemeliharaan diri, makhluk hidup harus dapat mengubah nutrien yang berasal dari makanan (materi kasar), untuk proses regenerasi sel-sel hidup. Perubahan tersebut melalui penggunaan energi dan reaksi-reaksi kimiawi berupa respirasi seluler (= proses katabolisme) dan sintesis (= proses anabolisme) (Gambar 1.2). Semua aktivitas kimiawi dan transformasi energi tersebut akan mempertahankan pekerjaan rutin sel yang disebut **metabolisme**. Proses metabolisme tersebut yang menyebabkan organisme dapat melaksanakan aktivitas-aktivitas hidupnya, seperti tumbuh dan berkembang biak. Ketika proses-proses metabolisme tersebut berhenti, organisme akan mati.



Sumber: Solomon dan Berg (1995), dengan modifikasi.

Gambar 1.2 Reaksi-reaksi Metabolisme pada Sel Hidup

Sebagian nutrisi dari makanan digunakan untuk menyintesis materi yang dibutuhkan sebagai pembangun sel. Sebagian nutrisi lainnya digunakan sebagai bahan bakar pada respirasi seluler, yaitu sebuah proses pelepasan energi yang disimpan pada makanan. Energi ini digunakan untuk sintesis dan kegiatan sel lainnya, seperti homeostasis, reproduksi, tumbuh, dan berkembang. Proses pelepasan energi (respirasi seluler) memerlukan energi. Bahan buangan, seperti karbon dioksida dan air, harus dikeluarkan dari tubuh sel.

PROSES METABOLISME MENYEBABKAN ORGANISME DAPAT MELAKSANAKAN SEMUA AKTIVITAS HIDUPNYA.

Aktivitas metabolisme di dalam tubuh organisme dikendalikan sedemikian rupa sehingga organisme dapat mempertahankan keseimbangan lingkungan internal tubuhnya. Pengendalian keseimbangan lingkungan internal tersebut dinamakan **homeostasis**. Pengendalian suhu tubuh pada

manusia adalah salah satu contoh yang baik dari mekanisme homeostasis. Jika suhu tubuh di atas normal, pusat pengendali suhu di otak yang bertindak sebagai *thermostat* mengirim **impuls** (rangsangan) ke kelenjar keringat yang menyebabkan produksi keringat meningkat. Proses penguapan keringat membutuhkan panas sehingga panas tubuh diambil ketika keringat menguap yang berakibat suhu tubuh menurun.

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

4. Organisme Dapat Bereaksi terhadap Rangsangan

Makhluk hidup bereaksi terhadap rangsangan, baik yang berasal dari lingkungan luar maupun dari dalam tubuhnya sendiri. Reaksi-reaksi tersebut sangat membantu organisme dalam hal-hal seperti memburu dan menangkap mangsanya, menghindari diri dari pemangsanya, menjauhi lingkungan yang rusak, mendatangi tempat sumber makanan, menemukan pasangannya, serta mengubah pola tumbuh disesuaikan dengan musim. Jadi, hampir semua organisme bereaksi terhadap perubahan suhu, tekanan, intensitas cahaya, dan kondisi kimiawi lingkungan. Dibandingkan dengan hewan, tumbuhan umumnya bereaksi tidak nyata dan lebih lambat, tetapi reaksi mereka terhadap rangsangan sangat penting bagi kelangsungan hidupnya.

5. Organisme Dapat Beradaptasi terhadap Perubahan Lingkungan

Organisme dari spesies tertentu bereaksi sebagai respons terhadap perubahan tertentu di lingkungannya. Jika lingkungannya tidak berubah, 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 (beradaptasi) terhadap perubahan tersebut. **Adaptasi** adalah salah satu sifat organisme untuk menyesuaikan diri pada suatu lingkungan tertentu agar mampu bertahan hidup. Sebagai contoh, hewan mamalia yang dapat bertahan hidup pada iklim dingin adalah hewan yang pada umumnya kulit tubuhnya dilengkapi dengan bulu yang lebat dan tebal serta mempunyai kemampuan **hibernasi** (tidur selama musim dingin). Karena makanan sangat langka selama musim dingin

tersebut, ia menjadi tidak aktif untuk menghemat energi, bahkan laju metabolismenya pun mendekati nol. Suhu tubuh hewan tersebut menjadi hampir sama dengan suhu di luar tubuhnya (lingkungannya). Misalnya, suhu tubuh hewan pengerat (*Rodentia*) yang melakukan hibernasi dapat turun sampai 2°C.

ADAPTASI ADALAH SALAH SATU SIFAT ORGANISME UNTUK MENYESUAIKAN DIRI PADA SUATU LINGKUNGAN TERTENTU AGAR MAMPU BERTAHAN HIDUP.

Contoh lain dari adaptasi terhadap perubahan suhu ditunjukkan oleh tumbuhan kaktus. Tumbuhan tersebut telah beradaptasi pada lingkungan yang bersuhu tinggi, seperti padang pasir. 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 Dapat Melakukan Reproduksi

Masa hidup organisme bervariasi dari hitungan menit ke abad, tetapi masa hidup 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 atau proses berkembang biak.

Sampai saat ini, diketahui terdapat dua kelompok organisme berdasarkan cara berkembangbiaknya, yaitu secara **aseksual** (reproduksi tanpa bantuan organ kelamin, misalnya dengan pembelahan sel, tunas, atau spora) serta secara **seksual** (dengan persatuan gamet jantan dan gamet betina atau memulai kehidupannya dengan sel telur yang dibuahi) yang kemudian tumbuh dan berkembang menjadi bentuk tubuh tertentu.

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



LATIHAN

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

- 1) Bagaimana kira-kira terjadinya sel yang pertama?
- 2) Bagaimana organisme tumbuh dan berkembang?
- 3) Mengapa bentuk individu yang baru hasil reproduksi mirip dengan induknya?
- 4) Bedakanlah antara proses sintesis dan respirasi seluler!
- 5) Bedakanlah antara proses respirasi seluler dan proses fotosintesis dalam hal pengambilan dan penggunaan energi!

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Persenyawaan bahan-bahan anorganik menjadi asam amino dan molekul-molekul organik lainnya dengan perantara kilat.
- 2) Dimulai dari sel telur yang dibuahi atau pembelahan sel, kemudian pemasukan materi nutrien yang menyebabkan bertambahnya jumlah sel dan ukuran tubuh, lalu diakhiri dengan perkembangan selanjutnya menjadi bentuk tubuh tertentu.
- 3) Individu baru mewarisi satu set penunjuk genetik dari sang induk yang disebut DNA.
- 4) Sintesis (proses anabolisme) adalah proses pembuatan bahan-bahan yang diperlukan oleh tubuh organisme untuk semua aktivitas sel-selnya, sedangkan respirasi seluler (proses katabolisme) adalah proses pemecahan molekul-molekul makanan untuk memperoleh energi bagi aktivitas-aktivitas sel tersebut.
- 5) Proses fotosintesis berlangsung dengan menggunakan energi cahaya matahari, sedangkan proses respirasi seluler menghasilkan energi untuk keperluan aktivitas sel.

**RANGKUMAN**

1. Tubuh organisme terdiri atas sel-sel. Sel-sel tersebut tumbuh dan bertambah banyak oleh adanya pemasukan materi dari lingkungan.
2. Hampir semua organisme memulai kehidupannya dengan telur yang dibuahi, kemudian tumbuh dan berkembang menjadi bentuk tubuh tertentu.
3. Organisme melakukan sintesis untuk membuat makanan dan mengubah makanan tersebut menjadi energi melalui proses kimiawi yang disebut metabolisme. Energi hasil metabolisme kemudian digunakan oleh organisme untuk melaksanakan semua aktivitas hidupnya.
4. Organisme bereaksi sebagai respons terhadap perubahan lingkungan luar ataupun 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 yang disebut DNA dari induknya.

**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 protein
 - D. fotosintesis
- 2) Salah satu contoh adaptasi organisme terhadap perubahan lingkungan hidupnya adalah
 - A. evolusi
 - B. mutasi
 - C. hibernasi
 - D. homeostasis
- 3) Adaptasi terhadap lingkungan bersuhu tinggi ditunjukkan dengan
 - A. modifikasi duri menjadi daun pada tumbuhan
 - B. batang tumbuhan mengambil alih tugas daun

- C. kulit tubuh hewan dilengkapi dengan bulu yang lebat dan tebal
 - D. hibernasi pada hewan
- 4) Hibernasi menyebabkan
- A. laju metabolisme pada hewan bertambah
 - B. hewan menjadi tidak aktif
 - C. suhu tubuh hewan tetap
 - D. hewan membutuhkan energi untuk beraktivitas
- 5) Reproduksi aseksual
- A. memicu terjadinya variasi genetik
 - B. menyebabkan terjadinya proses fertilisasi
 - C. menghasilkan generasi yang mewarisi satu set DNA induknya
 - D. menghasilkan gamet yang telah dibuahi

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 dari Modul 1, kita menyadari bahwa biologi adalah ilmu murni sehingga perolehan pengetahuannya harus melalui pendekatan/metode ilmiah yang berdasarkan observasi dan uji coba. Itulah sebabnya mengapa biologi tidak dapat berurusan dengan sesuatu yang tidak dapat diobservasi dan diujicobakan. Hal tersebut juga berlaku untuk ilmu-ilmu murni lain, misal ilmu fisika dan ilmu kimia.

A. CARA MANUSIA MEMPEROLEH ILMU PENGETAHUAN

Ilmuwan umumnya menggunakan dua bentuk dasar cara berpikir dan bernalar. Pertama adalah mereka yang memperoleh dan mengembangkan pengetahuan dengan nalar yang dikendalikan oleh akal. Kelompok ilmuwan yang menganut cara tersebut dinamakan kelompok penganut **rasionalisme** sebab mereka memperoleh pengetahuan dengan melakukan deduksi, yaitu pembuktian dengan menggunakan akal. Cara berpikir deduktif adalah bernalar dengan membangun sebuah kesimpulan khusus yang didapat dari satu atau lebih pernyataan (premis) yang lebih umum. Berikut ini sebuah contoh pengambilan kesimpulan dari dua buah premis.

Premis umum (mayor) → semua manusia adalah makhluk hidup.

Premis khusus (minor) → Aristoteles adalah manusia.

Kesimpulan → Aristoteles adalah makhluk hidup.

KELOMPOK ILMUWAN YANG MEMPEROLEH DAN MENGEMBANGKAN PENGETAHUAN DENGAN CARA DEDUKSI DISEBUT PENGANUT RASIONALISME.

Kelompok ilmuwan yang kedua disebut kelompok penganut **empirisme** sebab mereka melakukan induksi, yaitu mengumpulkan pengetahuan berdasarkan pengalaman dan kemampuan alat indra, seperti observasi dan eksperimen. Karena induksi adalah sebuah proses yang berupa kombinasi dari pertanyaan, pengamatan yang cermat, percobaan dengan prosedur yang sistematis dan teliti, serta pembuktian yang berulang kali untuk memperbaiki

dan meningkatkan pengetahuan tentang alam sekitar kita; pengetahuan yang diperoleh merupakan hasil dari pendekatan metode ilmiah.

Jadi, metode ilmiah merupakan langkah-langkah tertentu yang harus dilalui seorang ilmuwan dalam melakukan suatu penelitian. Ilmuwan yang menggunakan metode ilmiah selalu berpikir induktif, yaitu bertolak dari pernyataan-pernyataan yang bersifat khusus dan menghasilkan kesimpulan yang bersifat umum. Misalnya, data hasil pengamatan berupa pernyataan *semua bekicot yang saya amati berwarna coklat*. Dari data tadi, dibangun penyamarataan, *semua bekicot yang terdapat di muka bumi berwarna coklat*. Penyamarataan tersebut dapat membangun hipotesis dengan format, “jika ..., ...,” sebagai berikut. *Jika semua bekicot yang saya amati berwarna coklat, semua bekicot yang terdapat di muka bumi berwarna coklat*.

KELOMPOK ILMUWAN YANG MEMPEROLEH DAN MENGEMBANGKAN PENGETAHUAN DENGAN METODE ILMIAH DISEBUT PENGANUT EMPIRISME.

B. METODE ILMIAH

Seorang ilmuwan umumnya mempunyai rasa keingintahuan yang besar terhadap alam sekelilingnya sehingga dibenaknya selalu muncul pertanyaan-pertanyaan apa, siapa, bagaimana, dan mengapa yang kemudian dirumuskan. Perumusan dari pertanyaan-pertanyaan tersebut akan memicu dilakukannya serangkaian pengamatan atau percobaan yang cermat untuk menjawab hal yang ditanyakannya. Hasil dari observasi tersebut adalah seperangkat data yang dapat dianalisis untuk memperoleh kesimpulan akhir yang berupa pernyataan umum. Untuk hal tersebut, ilmuwan perlu memikirkan jalan untuk menguji pernyataan umum itu. Hasil pengujian akan berupa teori. Walaupun demikian, tidak ada sebuah teori pun yang mutlak benar karena semua teori bergantung kepada fakta yang dapat diamati. Teori sel, teori evolusi, teori abiogenesis, dan teori biogenesis adalah beberapa teori yang juga ditunjang oleh semua fakta yang diketahui.

Metode ilmiah memiliki keterbatasan karena tidak semua pertanyaan dapat dijawab dan diuji. Tuhan yang mengatur hukum-hukum alam di alam semesta tidak dapat diuji dengan metode ilmiah. Sains juga tidak dapat membuat pertimbangan nilai, sebagai contoh pemandangan indah dan sungai

tercemar atau pertimbangan 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 yang bersifat filosofis atau religius, seperti apa arti hidup atau apakah ada kehidupan setelah mati.

Hal utama yang dilakukan oleh ilmuwan dalam mempelajari alam dengan menggunakan metode ilmiah adalah merumuskan hipotesis, sesudah mengumpulkan informasi, merumuskan masalah, dan melakukan observasi. Rumusan masalah yang biasa dinyatakan dalam kalimat pertanyaan akan mendorong munculnya dugaan jawaban. Dugaan tersebut merupakan jawaban sementara terhadap masalah penelitian. Jawaban sementara itu yang disebut hipotesis.

Jadi, hipotesis adalah dugaan si peneliti akan hasil penelitian sebelum diuji kebenarannya secara empiris. Semua hipotesis yang diajukan oleh si peneliti harus dapat diuji. Untuk membuktikan kebenaran dari hipotesis tersebut, dilakukan uji hipotesis dengan melakukan “percobaan yang terkendali”. Jadi, semua faktor di luar faktor perlakuan yang akan memengaruhi hasil penelitian tersebut harus dapat dikendalikan. Percobaan untuk menguji hipotesis harus dirancang dengan cermat, misalnya jika kita ingin mengetahui apakah pemupukan terhadap tanaman dengan pupuk tertentu akan memengaruhi pertumbuhan tinggi tanaman tersebut.

<p>HIPOTESIS ADALAH JAWABAN SEMENTARA AKAN HASIL PENELITIAN SEBELUM DIUJI KEBENARANNYA SECARA EMPIRIS.</p>

Dalam percobaan di atas, harus disiapkan tanaman kontrol: pupuk sebagai variabel bebas, yaitu faktor yang dapat diubah-ubah selama percobaan, misalnya persentase pemberian pupuk yang berbeda untuk setiap sampel tanaman), dan alat pengukur tinggi tanaman. Tinggi tanaman adalah variabel terikat, yaitu faktor yang merespons dan akan berubah bergantung pada perubahan persentase pemberian pupuk. Dari pengukuran yang dilakukan, akan diperoleh data tinggi tanaman yang berupa data kuantitatif yang diperoleh berdasarkan pengukuran numerik dalam satuan panjang mm, cm, m, atau yang lain.

Perlu pula diperhatikan bahwa dalam pelaksanaan percobaan semua tanaman, baik tanaman kontrol maupun tanaman percobaan yang diberi perlakuan harus mendapat pelayanan yang sama untuk hal-hal bukan faktor yang diteliti, seperti penyiraman dan pencahayaan. Bukankah metode ilmiah mengajarkan kita tentang perancangan yang cermat dan percobaan yang terkendali?

Jika hasil dari pengolahan data dibandingkan tidak sama dengan hipotesis, perbaikan hipotesis harus dilakukan atau membuat hipotesis alternatif. Jika hasil percobaan menunjukkan bahwa hipotesis diterima, percobaan ulangan sebaiknya dilakukan dengan cara yang sama. Keabsahan hipotesis harus dapat diuji dengan pengulangan percobaan yang hasilnya pun harus serupa. Jika hal tersebut yang terjadi, teori dapat dibangun. Teori adalah sebuah konsep yang kuat dan yang membantu ilmuwan membuat prediksi tentang hal yang ditelitinya. Karena ilmu pengetahuan terus berkembang dan dalam perkembangannya menyebabkan ditemukannya fakta baru, teori tersebut dapat diperbaiki, diubah, atau bahkan ditumbangkan.

C. PEROLEHAN PENGETAHUAN BIOLOGI DENGAN METODE ILMIAH

Jauh sebelum tahun Masehi, makhluk hidup sudah menjadi sasaran pengamatan seperti yang dilakukan oleh Aristoteles (384—322 SM), seorang ahli filsafat berkebangsaan Yunani, terhadap berbagai spesies 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 hidup lain yang muncul dari lumpur atau tanah sehingga generasi makhluk hidup tersebut dianggap timbul secara spontan (*generatio spontanea*). Berdasarkan pengamatan dan pemahamannya inilah yang menyebabkan ia akhirnya mencanangkan **teori abiogenesis** yang terkenal itu.

PEMAHAMAN BAHWA MAKHLUK HIDUP BERASAL DARI BENDA TAK HIDUP MENEGAKKAN TEORI ABIOGENESIS.
--

Walaupun teori abiogenesis yang dikemukakan oleh Aristoteles tersebut dapat bertahan ratusan tahun lamanya, tidak semua orang puas terhadap teori tersebut karena pengamatannya dilakukan dengan tidak melalui langkah-

langkah ilmiah yang benar. Dia tidak menggunakan metode ilmiah dalam mencanangkan teorinya, yaitu langkah-langkah tertentu yang harus diikuti oleh seorang ilmuwan dalam melakukan suatu penelitian. Salah seorang ilmuwan yang tidak puas tersebut adalah Francesco Redi (1621—1697) yang 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, beberapa ekor belatung (larva lalat) ditemukan di dalam tabung gelas kedua, tetapi tidak pada tabung gelas pertama. Hal tersebut menunjukkan bahwa belatung berasal dari telur lalat yang induknya menyentuh daging.

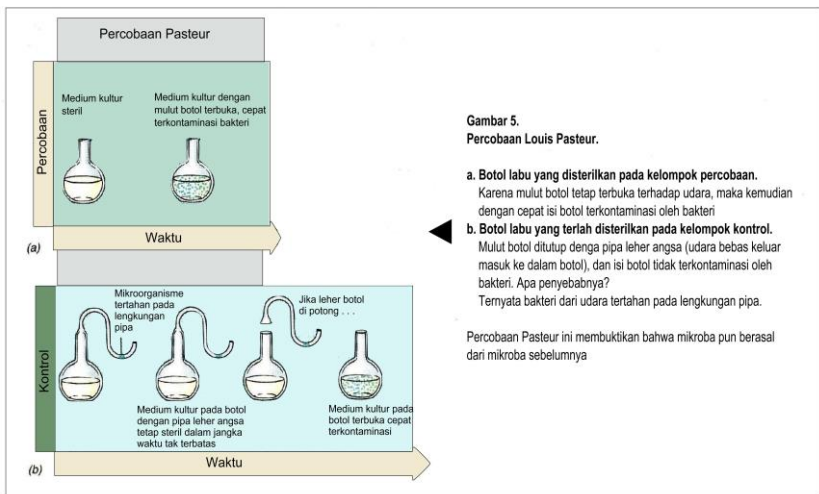
Walaupun teori abiogenesis telah digagalkan oleh percobaan Redi tersebut, masih ada juga ilmuwan yang skeptis. Alasannya ialah dapat saja udara yang menyebabkan munculnya belatung. Untuk meyakinkan mereka, Redi mengganti bahan lilin dari tutup tabung gelas pertama dengan kain kasa agar udara dapat leluasa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

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

Dua labu erlenmeyer berisi air kaldu yang dididihkan, kemudian labu pertama ditutup rapat dengan sumbat gabus, sedangkan labu kedua dibiarkan terbuka. Beberapa hari kemudian, labu yang terbuka menunjukkan warna air yang keruh dan mengeluarkan bau yang tidak sedap, sedangkan labu yang tertutup tidak menunjukkan perubahan apa pun. Dari hasil percobaan Spellanani, disimpulkan bahwa timbulnya kehidupan hanya mungkin jika telah ada kehidupan sebelumnya yang berarti bahwa mikroba selalu ada dan tersebar di udara. Kesimpulan tersebut justru mengundang polemik dengan

para pendukung teori abiogenesis sebab, menurut mereka, udara (dalam hal ini: gas oksigen) diperlukan untuk berlakunya *generatio spontanea*.

Pekerjaan Spellanzeni kemudian disempurnakan oleh Louis Pasteur (1822—1895), ilmuwan berkebangsaan Prancis. Pasteur juga mendidihkan kedua labu berisi medium kultur. Bedanya ialah labu pertama diberi tutup pipa leher angsa (pipa berbentuk huruf S), sedangkan labu kedua tetap terbuka. Setelah pemanasan, kedua labu dibiarkan dingin selama beberapa hari. Hasil dari perlakuan tersebut, labu yang tak bertutup dengan cepat terkontaminasi bakteri, sedangkan yang bertutup pipa leher angsa tetap steril. Ternyata, penggunaan pipa leher angsa pada labu berhasil menghalangi masuknya bakteri ke dalam labu walaupun udara dapat bebas keluar masuk ke dalam labu. Mikroba dari udara terperangkap pada lengkungannya pipa leher angsa tersebut (Gambar 1.3).



Sumber: Solomon dan Berg (1995), dengan modifikasi.

Gambar 1.3 Percobaan Louis Pasteur

Hasil percobaan Louis Pasteur tersebut 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 jua (*omne vivum ex ovo, omne ovum ex vivo, omne vivum ex vivo*).

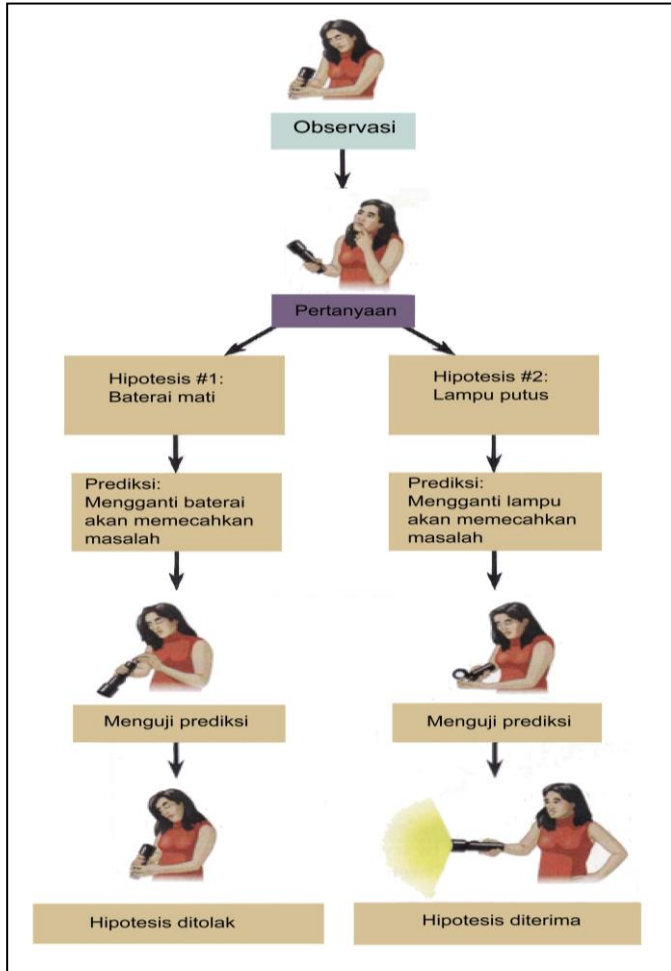
PEMBUKTIAN BAHWA MAKHLUK HIDUP BERASAL DARI MAKHLUK HIDUP SEBELUMNYA MENEGAKKAN TEORI BIOGENESIS.

Kalau kita perhatikan, baik Redi, Spellanzani, maupun Pasteur menggunakan langkah-langkah tertentu yang dilakukan secara teratur dalam melaksanakan percobaannya. Itulah yang disebut dengan **metode ilmiah**. Langkah-langkah yang umum dilakukan untuk memecahkan masalah sebagai berikut.

1. Melakukan 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. Merumuskan masalah dan studi kepustakaan
Apakah makhluk hidup muncul secara spontan atau berasal dari induknya? Studi kepustakaan akan menambah informasi tentang masalah yang sedang diamati.
3. Mengajukan hipotesis
Makhluk hidup hanya berasal dari makhluk hidup sebelumnya (*biogenesis*).
4. Membuat ramalan yang akan diuji
Misalnya, lalat berasal dari lalat sebelumnya, ia tidak muncul secara spontan.
5. Merancang percobaan untuk menguji ramalan
Misalnya, dua set tabung percobaan diisi masing-masing dengan sekerat daging. Satu set tabung percobaan dibiarkan terbuka dan satu set lainnya disegel (diberi tutup) sehingga lalat tidak dapat memasukinya.
6. Analisis data dan penarikan kesimpulan
Seandainya hasil percobaan menunjukkan tidak ada lalat pada tabung percobaan yang disegel, hasil percobaan menunjang hipotesis.
7. Uji kesimpulan dengan percobaan ulang
Apabila hasilnya sama, kesimpulan yang diperoleh dapat diajukan sebagai teori.

Sebuah contoh lain penggunaan metode ilmiah dalam kehidupan manusia, misalnya masalah lampu senter (*sentolop*) yang tidak menyala ketika tombolnya ditekan. Apa penyebabnya? Batu baterai atau lampunya?

Langkah-langkah untuk mengetahui dan mengatasi masalah tersebut dipaparkan pada Gambar 1.4.



Sumber: Campbell, dkk (2008), dengan modifikasi.

Gambar 1.4
Sebuah Contoh Penggunaan Metode Ilmiah dalam Kehidupan Manusia
(Langkah-langkah Perumusan Hipotesis sampai dengan Kesimpulan)

D. SIKAP ILMIAH

Ada empat syarat utama yang harus dipenuhi apabila suatu pengetahuan dapat dikatakan ilmiah sebagai berikut.

1. Objektif artinya semua perolehan pengetahuan harus dapat dibuktikan secara empiris.
2. Metodik artinya pengetahuan diperoleh dengan cara tertentu yang teratur dan terkontrol.
3. Sistematis artinya pengetahuan diperoleh dengan metode ilmiah yang tersusun dalam suatu kesatuan yang utuh.
4. Berlaku umum artinya pengetahuan baru dapat dikatakan sah jika diulang dengan cara yang sama akan diperoleh hasil yang sama pula.

Metode ilmiah mengembangkan sikap ilmiah kepada kita dan para ilmuwan

1. untuk sadar bahwa kebenaran ilmu tidak mutlak (absolut);
2. agar sadar bahwa segala sesuatu di alam terjadi melalui proses yang teratur;
3. agar bersikap jujur terhadap fakta dan data karena kejujuran adalah pangkal kebenaran ilmiah, sedangkan ketidakjujuran akan membawa kita untuk melakukan perbuatan yang tercela, seperti memanipulasi fakta, data, dan melakukan plagiat;
4. agar bersikap disiplin, teliti, dan tekun dalam melakukan pekerjaan dan penelitian;
5. untuk memperbesar rasa keingintahuan dan peduli terhadap lingkungan hidupnya;
6. ilmu pengetahuan membimbing kita untuk tahu lebih banyak agar kita berpikir objektif dan kritis, tidak percaya begitu saja pada suatu kesimpulan tanpa bukti nyata, serta berani membuat suatu pernyataan yang menurut keyakinan ilmiah adalah benar.

E. RUANG LINGKUP BIOLOGI DAN KAITAN BIOLOGI DENGAN ILMU-ILMU PENGETAHUAN LAINNYA

1. Ruang Lingkup Biologi

Sejalan dengan perkembangan peradaban manusia, ilmu pengetahuan yang diperoleh manusia semakin bertambah. Sampai saat ini, ilmu

pengetahuan yang ada sekarang terbagi menjadi dua kelompok besar, yaitu kelompok ilmu pengetahuan alam/*natural sciences* (IPA) dan kelompok ilmu pengetahuan sosial/humaniora/*social sciences* (IPS). Biologi, karena merupakan ilmu yang mempelajari kehidupan dan makhluk hidup, termasuk kelompok IPA. Cabang-cabang biologi juga semakin bertambah dan berkembang pesat, terutama sejak pada abad ke-20. Cabang biologi dipilah-pilah berdasarkan kriteria tertentu, seperti tingkat organisasi kehidupan, kelompok/pengelompokan organisme, dan kaitannya dengan ilmu-ilmu pengetahuan lainnya di luar bidang biologi.

Berdasarkan tingkat organisasi kehidupan, kita mengenal cabang-cabang biologi sebagai berikut.

- a. Biologi molekuler (*molecular biology*), yaitu ilmu yang mempelajari kehidupan pada tingkat molekul.
- b. Sitologi (*cytology*), yaitu ilmu yang mempelajari struktur dan fungsi kehidupan pada tingkat sel.
- c. Genetika (*genetics*), yaitu ilmu yang mempelajari proses pewarisan sifat (hereditas) pada makhluk hidup.
- d. Morfologi (*morphology*), yaitu ilmu yang mempelajari bentuk dan susunan tubuh makhluk hidup bagian luar.
- e. Anatomi (*anatomy*), yaitu ilmu yang mempelajari bentuk dan susunan tubuh makhluk hidup bagian dalam.
- f. Histologi (*histology*), yaitu ilmu yang mempelajari jaringan tubuh makhluk hidup.
- g. Embriologi (*embryology*), yaitu ilmu yang mempelajari perkembangan janin (makhluk hidup), sejak dari pembuahan sampai dilahirkan.
- h. Fisiologi (*physiology*), yaitu ilmu yang mempelajari fungsi organ-organ tubuh dan proses-proses biologis yang terjadi dalam tubuh makhluk hidup.
- i. Endokrinologi (*endocrinology*), yaitu ilmu yang mempelajari sistem endokrin dan aktivitas hormon tubuh makhluk hidup.
- j. Ekologi (*ecology*), yaitu ilmu yang mempelajari hubungan timbal balik antara makhluk hidup dan lingkungan hidupnya.
- k. Paleontologi (*paleontology*), yaitu ilmu yang mempelajari perkembangan sejarah makhluk hidup berdasarkan catatan fosilnya.
- l. Evolusi (*evolution*), yaitu ilmu yang mempelajari perubahan struktur tubuh makhluk hidup yang berjalan sangat lambat oleh adanya seleksi alamiah.

Berdasarkan kelompok/pengelompokan organisme, kita mengenal cabang-cabang biologi. Beberapa di antaranya sebagai berikut.

- a. Taksonomi (*taxonomy*), yaitu ilmu yang mempelajari tata cara pemberian nama ilmiah makhluk hidup, pertelaan (deskripsi), dan pengelompokannya.
- b. Botani (*botany*), yaitu ilmu yang mempelajari seluk-beluk dunia tumbuhan.
- c. Zoologi (*zoology*), yaitu ilmu yang mempelajari seluk-beluk dunia hewan.
- d. Mikrobiologi (*microbiology*), yaitu ilmu yang mempelajari seluk-beluk jasad renik (mikroorganisme).
- e. Bakteriologi (*bacteriology*), yaitu ilmu yang mempelajari seluk-beluk bakteri.
- f. Virologi (*virology*), yaitu ilmu yang mempelajari seluk-beluk virus.
- g. Parasitologi (*parasitology*), yaitu ilmu yang mempelajari seluk-beluk organisme parasit.
- h. Helmintologi (*helminthology*), yaitu ilmu yang mempelajari seluk-beluk cacing.
- i. Iktiologi (*ichthyology*), yaitu ilmu yang mempelajari seluk-beluk ikan.
- j. Malakologi (*malacology*), yaitu ilmu yang mempelajari seluk-beluk moluska.
- k. Entomologi (*entomology*), yaitu ilmu yang mempelajari seluk-beluk serangga.
- l. Krustaseologi (*crustaceology*), yaitu ilmu yang mempelajari seluk-beluk krustasea.
- m. Ornitologi (*ornithology*), yaitu ilmu yang mempelajari seluk-beluk burung.
- n. Herpetologi (*herpetology*), yaitu ilmu yang mempelajari seluk-beluk amfibia dan reptilia.

2. Kaitan Biologi dengan Ilmu-ilmu Pengetahuan Lainnya

Kelompok ilmu pengetahuan alam (IPA) terbagi dua, yaitu ilmu-ilmu fisik (*physical sciences*) yang mempelajari semua benda tak hidup dan ilmu-ilmu hayati (*biological sciences*) yang mempelajari semua makhluk hidup.

Beberapa contoh ilmu-ilmu fisik adalah fisika, kimia, geologi, geografi, astronomi, meteorologi, dan mineralogi. Kaitan cabang-cabang biologi dengan ilmu-ilmu fisik tersebut sebagai berikut.

- a. Kaitan biologi dengan fisika ialah biofisika (ilmu yang mempelajari proses-proses fisikawi dalam sistem kehidupan).
- b. Kaitan biologi dengan kimia ialah biokimia (ilmu yang mempelajari proses-proses kimiawi dalam sistem kehidupan).
- c. Kaitan biologi dengan geografi ialah biogeografi (ilmu yang mempelajari persebaran geografis dari makhluk hidup).
- d. Kaitan biologi dengan geologi dan kimia ialah biogeokimia (ilmu yang mempelajari hubungan makhluk hidup dengan sifat-sifat kimiawi litosfer dan hidrosfer).

Adapun kaitan biologi dengan ilmu pengetahuan lain, misalnya dengan teknologi, kita mengenal bioteknologi (ilmu yang mempelajari pemanfaatan proses-proses biologis dengan bantuan teknologi). Sementara itu, kaitan biologi dengan IPS, kita mengenal pendidikan biologi (ilmu pendidikan dengan biologi), sejarah biologi (ilmu sejarah dengan biologi), sosiobiologi (ilmu sosial dengan biologi), etnobiologi (etnologi dengan biologi), biopsikologi (biologi dengan psikologi), serta antropobiologi (antropologi dengan biologi).



LATIHAN

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

- 1) Apa yang memicu seorang ilmuwan melakukan percobaan?
- 2) Hampir semua ilmuwan memperoleh pengetahuan dari hasil penelitiannya dengan pendekatan ilmiah. Apa yang dimaksud dengan pendekatan ilmiah?
- 3) Teori diperoleh setelah pengujian hipotesis dengan metode/pendekatan ilmiah. Pengulangan percobaan juga akan memberikan hasil yang sama. Apakah teori yang diperoleh dengan cara tersebut dapat ditumbangkan?
- 4) Teori abiogenesis dicanangkan oleh Aristoteles setelah melalui observasi dan pemahaman. Mengapa banyak yang tidak puas terhadap teori tersebut?
- 5) 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-rumusan masalah, biasanya dalam bentuk kalimat-kalimat tanya.
- 2) Sebuah proses yang mengombinasikan pertanyaan, pengamatan yang cermat, percobaan yang teliti, dan pembuktian yang berulang kali, seperti mengumpulkan informasi, merumuskan masalah, membangun hipotesis, melakukan observasi yang terkendali, menguji hipotesis, dan mengambil kesimpulan.
- 3) Dapat dilakukan setelah ditemukannya fakta baru hasil pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.
- 4) Hal itu karena pengamatan yang dilakukannya tidak melalui metode ilmiah.
- 5) Perumusan masalah → penelusuran informasi → perumusan hipotesis → rancangan percobaan → pengumpulan data → analisis data → penyimpulan. Bagi penelitian yang bersifat noneksperimental (observasi), langkah “perumusan hipotesis” dapat ditiadakan.

**RANGKUMAN**

1. Biologi adalah ilmu pengetahuan murni yang perolehan pengetahuannya umumnya melalui metode ilmiah.
2. Penelitian yang menggunakan metode ilmiah sekurang-kurangnya dilakukan dengan langkah-langkah: perumusan masalah → studi kepustakaan → perumusan hipotesis → rancangan percobaan → pengumpulan data → analisis data → penyimpulan.
3. Hipotesis adalah jawaban sementara yang mengantarkan ilmuwan kepada percobaan.
4. Rumusan hipotesis dapat berupa pemikiran induktif dan pemikiran deduktif.
5. Pemikir induktif (empiris) membangun penyamarataan (generalisasi) dari hal-hal yang spesifik. Mereka menemukan pengetahuan yang benar atas dasar pengalaman pengamatan dan percobaan.

6. Pemikir deduktif mengembangkan pengetahuan yang bersandar pada logika. Mereka memperoleh pengetahuan dengan membangun hal-hal yang spesifik dari hal-hal yang bersifat umum.
7. Hasil analisis data yang diperoleh dari percobaan untuk menguji hipotesis memberikan kesimpulan umum yang dapat diajukan sebagai teori.
8. 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.
9. Teori abiogenesis ditumbangkan oleh percobaan-percobaan yang dilakukan oleh Francesco Redi (1621—1697), Lazaro Spellanzani (1729—1799), dan Louis Pasteur (1822—1895) yang membuktikan bahwa setiap makhluk hidup berasal dari makhluk hidup sebelumnya.
10. Redi, Spellanzani, dan Pasteur menggunakan pendekatan ilmiah dalam melakukan percobaannya yang sekarang dikenal sebagai metode ilmiah.
11. Untuk memperoleh pengetahuan yang absah, sikap ilmiah harus dikembangkan oleh para ilmuwan.



TES FORMATIF 2

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Metode ilmiah biasanya digunakan oleh para ilmuwan untuk mendapatkan pengetahuan yang absah, tetapi metode tersebut mempunyai kelemahan karena
 - A. sering dimanfaatkan orang untuk tujuan praktis
 - B. berhubungan dengan sesuatu yang tidak dapat diobservasi
 - C. dapat membuat pertimbangan nilai
 - D. kemampuan alat indra manusia terbatas
- 2) Sebelum ilmuwan merumuskan hipotesis, langkah ilmiah pertama yang harus dikerjakannya adalah
 - A. merumuskan masalah
 - B. menarik kesimpulan
 - C. melakukan analisis data
 - D. melakukan percobaan untuk menguji hipotesis

- 3) Jika hasil analisis data menunjukkan bahwa hipotesis diterima, yang harus dilakukan selanjutnya adalah
 - A. melakukan percobaan ulangan dengan cara yang sama
 - B. menguji hasil dengan hipotesis alternatif
 - C. membuat perbaikan hipotesis
 - D. membuat kesimpulan dengan mencanangkan teori baru

- 4) Ilmuwan yang berpikir deduktif adalah mereka yang
 - A. mengumpulkan pengetahuan yang benar atas dasar pengalaman
 - B. membangun generalisasi atas hal-hal yang khusus
 - C. mengembangkan pengetahuan berdasarkan logika
 - D. menganut paham empirisme

- 5) Ilmuwan yang berpikir induktif adalah mereka yang
 - A. menyamaratakan hal-hal yang khusus menjadi hal yang bersifat umum
 - B. menganut paham rasionalisme
 - C. membangun hal-hal yang spesifik dari hal yang bersifat umum
 - D. membuktikan sesuatu dengan menggunakan logika

- 6) *Generatio spontanea* menyebabkan
 - A. dicanangkannya teori abiogenesis
 - B. teori biogenesis ditegakkan
 - C. munculnya istilah *omne vivum ex vivo*
 - D. Louis Pasteur menjadi ilmuwan terkenal

- 7) Ilmuwan penganut paham rasionalisme memperoleh pengetahuan dengan
 - A. melakukan induksi
 - B. melakukan deduksi
 - C. mengombinasikan cara induksi dengan cara deduksi
 - D. menguji hipotesis yang dirumuskannya

- 8) Metode ilmiah adalah sarana yang digunakan oleh ilmuwan untuk tujuan akhir
 - A. memperoleh pengetahuan secara empiris
 - B. memperoleh pengetahuan secara deduktif
 - C. merumuskan masalah penelitian
 - D. merumuskan hipotesis

- 9) Dalam percobaan mengamati pertambahan panjang dan berat ikan dengan perlakuan ransum bersuplemen di akuarium, yang disebut dengan
- A. variabel tergantung adalah pemberian ransum bersuplemen
 - B. variabel bebas adalah pemberian ransum bersuplemen
 - C. variabel tergantung adalah ikan yang tak diberi perlakuan
 - D. variabel bebas adalah pertambahan panjang dan berat ikan
- 10) Jika hasil dari analisis data menyatakan bahwa hipotesis tidak diterima, si peneliti harus melakukan
- A. percobaan ulangan
 - B. perbaikan hipotesis
 - C. penambahan data
 - D. penambahan jumlah sampel

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) Jawaban yang benar adalah A. Metabolism. Respirasi seluler (jawaban B) dan sintesis (jawaban C) merupakan bagian dari metabolisme. Jawaban D adalah proses penggunaan energi cahaya matahari oleh organisme produsen untuk pembuatan bahan organik sumber energi yang merupakan bagian dari sintesis.
- 2) Jawaban yang benar adalah C. Hibernasi. Jawaban A (evolusi) dan B (mutasi) berkaitan dengan variasi genetik, sedangkan jawaban D berkaitan dengan keseimbangan internal tubuh organisme.
- 3) Jawaban yang benar adalah B. Jawaban A salah sebab suhu tinggi membuat tumbuhan memperkecil luas daun untuk meminimalkan penguapan. Jawaban C dan D salah sebab kedua hal tersebut justru terjadi pada musim dingin.
- 4) Jawaban yang benar adalah B sehingga jawaban A dan D salah. Jawaban C juga salah sebab ketika hewan sedang hibernasi, suhu tubuh hewan justru menurun sampai pada tingkat tertentu.
- 5) Jawaban yang benar adalah C. Jawaban A, B, dan D hanya terdapat pada proses reproduksi seksual.

Tes Formatif 2

- 1) Jawaban yang benar adalah D. Metode ilmiah memang menggunakan cara pengamatan dan percobaan dalam memperoleh ilmu pengetahuan. Alat indra manusia berperan besar di sini, padahal kemampuan mereka terbatas. Jawaban A bukan kelemahan metode ilmiah, tetapi manusia selalu memanfaatkan ilmu untuk tujuan praktis. Jawaban B dan C tidak sesuai sebab metode ilmiah selalu berhubungan dengan hal yang dapat diobservasi dan diuji.
- 2) Jawaban yang benar adalah A. Jawaban B, C, dan D adalah langkah sesudah perumusan hipotesis.
- 3) Jawaban yang benar adalah A. Jawaban B dan C jika hipotesis tidak diterima. Jawaban D baru benar jika jawaban A telah dilakukan dengan hasil yang sama.
- 4) Jawaban yang benar adalah C. Jawaban A, B, dan D adalah hal yang dilakukan ilmuwan yang berpikir induktif.

- 5) Jawaban yang benar adalah A. Jawaban B, C, dan D adalah hal yang dilakukan ilmuwan yang berpikir deduktif.
- 6) Jawaban yang benar adalah A. *Generatio spontanea* mengacu pada teori abiogenesis sehingga jawaban B dan C salah. Louis Pasteur adalah salah satu ilmuwan penumbang teori abiogenesis dan menjadi terkenal karenanya sehingga jawaban D juga salah.
- 7) Jawaban yang benar adalah B. Induksi dilakukan oleh ilmuwan penganut paham empirisme sehingga jawaban A salah. Perumusan dan pengujian hipotesis dilakukan oleh ilmuwan pengguna metode ilmiah (penganut empirisme) sehingga jawaban D juga salah. Sampai saat ini, belum ada ilmuwan yang memperoleh pengetahuan dengan mengombinasikan cara induksi dan deduksi sehingga jawaban C juga salah.
- 8) Jawaban yang benar adalah A. Jawaban B salah sebab pengetahuan yang diperoleh secara deduktif tidak dengan metode ilmiah, tetapi dengan logika. Jawaban C dan juga D adalah hanya salah satu langkah dalam metode ilmiah, bukan tujuan akhir.
- 9) Jawaban yang benar adalah B. Ransum bersuplemen pada penelitian ini menjadi variabel bebas dan pertambahan panjang dan berat ikan adalah variabel tergantung sehingga jawaban A dan D salah. Jawaban C salah sebab ikan yang tak diberi perlakuan adalah ikan kontrol, bukan variabel.
- 10) Jawaban yang benar adalah B. Jawaban A baru benar jika hipotesis diterima. Penambahan data (jawaban C) dan penambahan jumlah sampel (jawaban D) dilakukan ketika rancangan penelitian dibuat.

Daftar Pustaka

- Awangga, S.N. 2007. *Desain Proposal Penelitian*. Yogyakarta: Pyramid.
- Barrett, J.M., P. Abramoff, A.K. Kumaran, dan W.F. Millington. 1986. *Biology*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Brum, G., L. McKane, dan G. Karp. 1994. *Biology: Exploring Life*. Edisi kedua. New York: John Wiley.
- Campbell, N.A., J.B. Reece, L.A. Urry, M.L. Cain, S.A. Wasserman, P.V. Minorsky, dan R.B. Jackson. 2008. *Biology*. Edisi kedelapan. San Francisco: Benjamin Cummings.
- Kountur, R. 2007. *Metode Penelitian*. Jakarta: Penerbit PPM.
- Solomon, E.P. dan L.R. Berg. 1995. *The World of Biology*. Edisi kelima. Philadelphia: Saunders.