



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN ANAK USIA DINI,
PENDIDIKAN DASAR DAN PENDIDIKAN MENENGAH
DIREKTORAT SEKOLAH MENENGAH ATAS
2020



Modul Pembelajaran SMA

BIOLOGI



KELAS
XII



**EVOLUSI
BIOLOGI KELAS XII**

**PENYUSUN
Drs. MUNAWIR
SMA NEGERI 8 BEKASI**

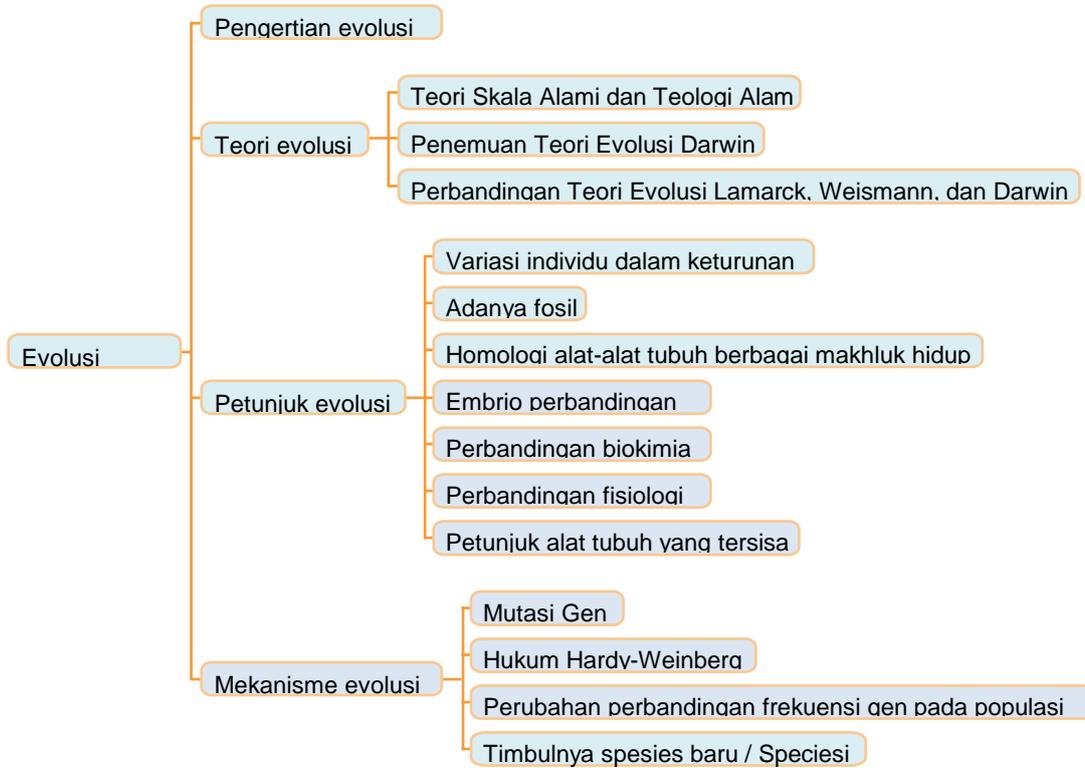
DAFTAR ISI

PENYUSUN	2
DAFTAR ISI	3
GLOSARIUM	4
PETA KONSEP.....	5
PENDAHULUAN.....	6
A. Identitas Modul	6
B. Kompetensi Dasar	6
C. Deskripsi Singkat Materi	6
D. Petunjuk Penggunaan Modul	6
E. Materi Pembelajaran.....	7
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1	8
ASAL USUL KEHIDUPAN	8
A. Tujuan Pembelajaran.....	8
B. Uraian Materi.....	8
C. Rangkuman	14
D. Penugasan	14
E. Latihan Soal	15
F. Penilaian Diri	17
KEGIATAN PEMBELAJARAN 2	18
PETUNJUK DAN MEKANISME EVOLUSI	18
A. Tujuan Pembelajaran.....	18
B. Uraian Materi.....	18
C. Rangkuman	26
D. Latihan Soal	26
E. Penilaian Diri	28
EVALUASI	29
DAFTAR PUSTAKA	33

GLOSARIUM

- Evolusi** : Perubahan struktur tubuh makhluk hidup yang berlangsung secara perlahan-lahan dalam waktu yang sangat lama.
- Omne Vivum ex Ovo, Omne Ovum ex Vivo, Omne Vivum ex Vivo** : Kehidupan berasal dari telur, dan telur berasal dari makhluk hidup dan kehidupan berasal dari kehidupan sebelumnya.
- Fosil** : Sisa-sisa tumbuhan dan hewan yang telah membatu atau dapat juga berupa jejak-jejak organisme yang terdapat pada batu-batuan.
- Homologi** : Organ-organ makhluk hidup yang mempunyai bentuk asal (dasar) yang sama, kemudian berubah strukturnya sehingga fungsinya berbeda.
- Analogi** : Organ-organ tubuh yang mempunyai fungsi sama tetapi bentuk asalnya berbeda.
- Spesiasi** : Pembentukan dua atau lebih spesies dari satu spesies yang telah ada atau telah punah.
- Seleksi Alam** : Kemampuan alam untuk memilih makhluk hidup yang mampu hidup di lingkungannya.
- Mutasi** : Perubahan pada materi genetik yang mengakibatkan perubahan ekspresi gen.

PETA KONSEP



PENDAHULUAN

A. Identitas Modul

Mata Pelajaran	: BIOLOGI
Kelas	: XII
Alokasi Waktu	: 4 JP
Judul Modul	: EVOLUSI

B. Kompetensi Dasar

- 3.9 Menjelaskan teori, prinsip dan mekanisme evolusi serta pandangan terkini para ahli terkait spesiasi.
- 4.9 Menyajikan karya ilmiah terhadap gagasan baru tentang kemungkinan-kemungkinan pandangan evolusi berdasarkan pemahaman yang dimilikinya.

C. Deskripsi Singkat Materi

Pada Masyarakat banyak persepsi yang mengatakan bahwa manusia berasal dari kera, artinya nenek moyang manusia adalah kera. Apakah persepsi tersebut benar? Kalian dapat melihat bahwa manusia berasal dari primata sebagai cikal bakalnya, kemudian primata akan mengalami proses perubahan dan perkembangan lebih lanjut. Makhluk hidup memiliki struktur morfologi yang beranekaragaman. Ada beberapa yang memiliki persamaan, namun banyak pula yang berlainan sama sekali. Perbedaan tersebut dapat dipelajari dengan melihat pola hubungan kekerabatan. Pola hubungan kekerabatan dapat menunjukkan tingkatan makhluk hidup yang memiliki struktur sederhana hingga yang kompleks. Pola hubungan kekerabatan makhluk hidup selanjutnya akan dibahas dalam proses evolusi. Secara bahasa evolusi berasal dari kata *evolve* (Bahasa Inggris) yang berarti berubah secara perlahan, sedangkan dalam bahasa Latin disebut *evoluto* yang berarti menggulir. Teori evolusi dapat mengajari kita dalam memahami beberapa hal, diantaranya ialah memahami proses kepunahan; kemampuan proses bertahan hidup; dan terjadinya perubahan secara kontinyu dalam waktu yang lama. Pada modul pembelajaran berikut ini, akan disajikan asal-usul makhluk hidup, teori evolusi dan mekanismenya. Setelah mempelajari modul ini, diharapkan siswa lebih memahami dan memudahkan penyampaiannya kepada siswa dan para siswa dapat terbantu untuk lebih mudah dalam memahami esensi ilmu pengetahuan yang menyangkut perubahan struktur morfologi makhluk hidup.

D. Petunjuk Penggunaan Modul

Modul ini berisi kegiatan-kegiatan belajar yang disajikan dalam bentuk paparan yang memuat materi, latihan, rangkuman, dan penilaian diri.

Pada bagian Uraian Materi merupakan paparan sejumlah pengetahuan yang akan membekali anda untuk menguasai kompetensi yang dikemas dalam satu satuan aktivitas belajar dalam rangka mempermudah kalian menguasai kompetensi yang diharapkan. Di bagian latihan kalian akan melakukan kegiatan atau tugas yang

bertujuan untuk memperkuat penguasaan kompetensi yang diharapkan. Sementara itu di bagian rangkuman, kalian akan mendapatkan informasi mengenai garis besar materi pada kegiatan belajar yang baru saja kalian pelajari.

Untuk mengetahui sejauh mana kalian telah menguasai materi dan keterampilan yang kalian pelajari, kalian akan melakukan kegiatan Penilaian Diri. Pada bagian akhir modul ini disajikan Tes Akhir yang dapat kalian gunakan untuk menguji kemampuan kalian dalam menguasai kompetensi yang diharapkan apakah sudah tercapai atau belum. Sikap jujur sangat diharapkan ketika kalian melakukan kegiatan ini dari awal sampai akhir.

E. Materi Pembelajaran

Modul ini terbagi menjadi 2 kegiatan pembelajaran dan di dalamnya terdapat uraian materi, contoh soal, soal latihan dan soal evaluasi.

Materi pokok yang dibahas dalam modul ini terdiri dari:

1. Asal usul kehidupan'
 - a. Teori abiogenesis
 - b. Teori Biogenesis
 - c. Teori evolusi kimia
 - d. Teori evolusi darwin dan Lamarck
2. Petunjuk dan mekanisme evolusi

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

ASAL USUL KEHIDUPAN

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan pembelajaran 1 ini diharapkan dapat:

1. Menjelaskan teori-teori asal usul Makhhluk hidup.
2. Menjelaskan prinsip-prinsip teori evolusi menurut para ahli.
3. Membedakan prinsip evolusi sehingga terjadi spesiasi menurut Darwin dan Lamarck.

B. Uraian Materi

1) Asal Usul Kehidupan

a. Teori Abiogenesis /*Generatio Spontanea*

Teori Abiogenesis adalah teori yang menyatakan bahwa Makhhluk hidup terjadi begitu saja secara spontan atau makhluk hidup berasal dari benda tidak hidup.

Teori ini dikemukakan oleh Aristoteles, dan didukung oleh:

- **Antonie van Leeuwenhoek**, dengan pendapatnya bahwa mikroorganisme (benda hidup) berasal dari air (benda mati). Percobaannya: pada abad ke-17 dengan penemuannya terhadap mikroskop, ia melihat adanya mikroorganisme (makhhluk hidup sangat kecil) dalam sampel air hujan dan air rendaman jerami.
- **Needham**, berpendapat bahwa mikroorganisme (benda hidup) terjadi dari air kaldu (benda mati). Hal ini sesuai dengan percobaannya yaitu dengan merebus daging, kemudian air kaldu disimpan dalam keadaan terbuka. Setelah beberapa hari terlihat air kaldu menjadi keruh karena adanya mikroorganisme.

b. Teori Biogenesis

Makhhluk hidup berasal dari makhluk hidup sebelumnya.

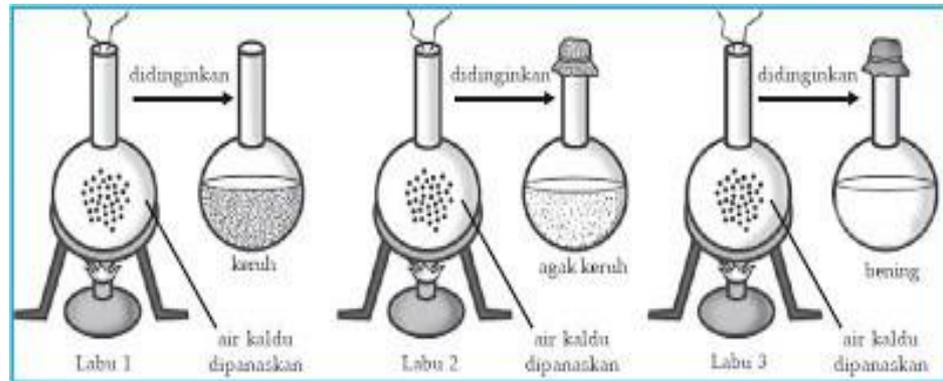
Teori ini merupakan kesimpulan dari percobaan

- 1) **Francesco Redi**, dengan percobaannya tentang munculnya ulat yang dapat muncul dalam daging yang disimpan dalam stoples terbuka tetapi tidak muncul dalam stoples tertutup. Larva (suatu kehidupan) bukan berasal dari daging (benda mati) tetapi berasal dari telur lalat yang masuk dan bertelur pada daging.



Gambar 1. Percobaan Fransisco Redi
sumber: www.biologi

- 2) **Lazaro Spallazani**, dengan percobaannya mendidihkan kaldu dalam labu kemudian ditutup rapat-rapat. Kaldu tetap bening dan steril. Adanya mikroorganisme pada tabung terbuka berasal dari udara, bukan berasal dari air kaldu (benda mati). Tidak adanya mikroorganisme pada tabung tertutup menunjukkan bahwa mikroorganisme bukan berasal dari kaldu (benda mati).



Gambar 2. Percobaan Lazzaro spalanzani (sumber: abisjatuhbangunlagi.wordpress.com)

- 3) **Louis Pasteur**, percobaannya mendidihkan kaldu pada labu, kemudian labu ditutup dengan pipa seperti huruf S sehingga mulut labu tetap terbuka. Kondisi tersebut memungkinkan zat hidup tetap dapat masuk, namun kondisi kaldu tetap jernih (bening) dan steril. Dari percobaan ini timbullah anggapan bahwa: *Omne Vivum ex Ovo Omne Ovum ex Vivo* yang berarti kehidupan berasal dari telur, dan telur berasal dari makhluk hidup.



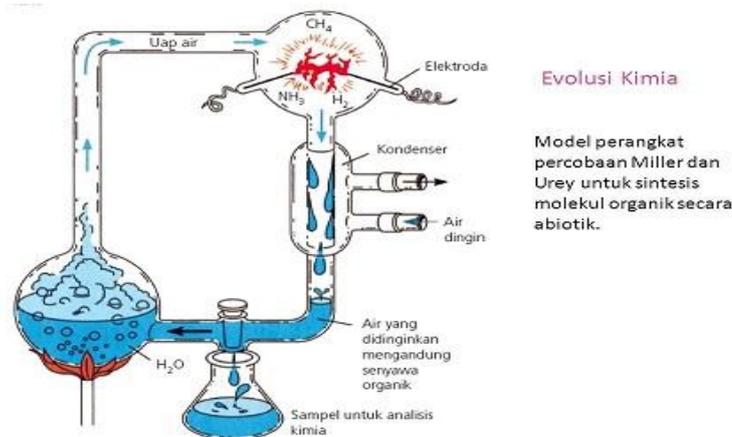
Gambar 3. Percobaan Louis Pateur <https://blog.ruangguru.com/>

c. Teori Evolusi Kimia:

Menurut teori evolusi kimia, asal mula kehidupan berasal dari reaksi antara CH_4 , NH_3 , H_2 , dan H_2O di atmosfer dengan sinar kosmis dan halilintar yang menghasilkan senyawa organik serupa asam amino.

Ilmuwan yang mengemukakan teori evolusi kimia adalah **Harold Urey**, menyatakan bahwa asal-usul kehidupan diawali dengan adanya senyawa anorganik di atmosfer yang berupa gas-gas seperti metana (CH_4), hidrogen (H_2), uap air (H_2O) dan amino (NH_3) yang bereaksi dengan bantuan energi dari sinar kosmis dan kilatan listrik halilintar sehingga terbentuk asam amino yang merupakan bahan dasar pembangun kehidupan. Percobaan **Stanley Miller**

berhasil membuktikan teori Urey dengan percobaannya di laboratorium dengan menggunakan alat yang diberi nama pesawat uratmosfera. Kesimpulan yang diperolehnya bahwa senyawa anorganik dapat diubah menjadi asam amino (organik) dengan pesawat uratmosfera. Jadi, satuan-satuan kompleks di dalam sistem kehidupan, seperti lipida, gula, asam amino, dan nukleotida, dapat terbentuk dari kondisi abiotik.



Gambar 4. Percobaan Stanley Miller
sumber: www.slideshare.net

Menurut **Alexander L. Oparin** dalam teori evolusi biologi, asal usul kehidupan berasal dari reaksi antara gas-gas metana (CH_4), hidrogen (H_2), uap air (H_2O), dan amonia (NH_3) yang mudah menguap ke atmosfer yang berada di cekungan air laut dengan energi radiasi benda-benda angkasa yang menghasilkan senyawa organik serupa alkohol dan asam amino. Hasil reaksi berupa asam amino berada pada cekungan laut membentuk sup purba (primordial sup).

Teori-teori yang telah diterangkan di atas belum dapat menjawab darimana dan bagaimana kehidupan pertama kali ada di bumi. Berikut ini beberapa teori tentang perkembangan sel:

- 1) Dari prokariotik ke eukarioti, Sel eukariotik terjadi karena simbiosis erat antara dua organisme, salah satunya menjadi inang dan lainnya masuk ke tubuh inang (endosimbuosis). Dalam kasus ini, bakteri purba ditelan oleh sel prokariotik sebagai inang. Bakteri ini berfungsi melakukan segala reaksi kimia. Hal inilah yang dianggap sebagai cikal bakal mitokondria.
- 2) Dari laut ke darat, Sel-sel diduga pertama kali berasal dari laut, dan berkembang menjadi organisme yang hidup di dalam air. Beberapa organisme ada yang mencoba untuk beralih hidup dari lingkungan air ke lingkungan darat karena telah terjadi kompetisi di dalam lingkungan air. Fakta yang mendukung teori ini adalah siklus hidup amfibi sebagian di air. Dari fertilisasi sampai berudu amfibi hidup di air, dan kemudian mengalami metamorfosis untuk hidup di darat.

2. Petunjuk Evolusi dan Mekanisme Evolusi

Evolusi adalah perubahan genotip pada satu populasi yang berlangsung secara perlahan-lahan dan dalam waktu yang sangat lama.

Beberapa teori yang menjadi dasar lahirnya teori evolusi adalah:

a) Teori Kreasionisme

- Penciptaan makhluk hidup terjadi dalam sekali saja secara lengkap, tidak ada evolusi atau perubahan lagi terhadap makhluk hidup.
 - Tokoh yang mendukung teori ini adalah Aristoteles.
 - Tidak valid karena terdapat beberapa makhluk hidup pada zaman yang berbeda.
- b) Teori Katatropisme**
- Terjadi bencana alam (katastrofi) yang tiba-tiba yang menyebabkan tumbuhan dan hewan di tempat itu mati.
 - Masuk bentuk kehidupan baru dari daerah lain.
 - Akibatnya, terjadi perubahan spesies yang tiba-tiba.
 - Tokoh: George Cuvier, ia menemukan lapisan batuan fosil yang mewakili tiap zaman yang berbeda yang menjadi petunjuk dari teori ini.
- c) Teori Gradualisme**
- Evolusi: Perubahan geologis berlangsung pelan-pelan tapi pasti
 - Tokoh: James Hutton
- d) Teori Uniformitarianisme**
- Evolusi merupakan proses geologis, pola seragam, kecepatan dan pengaruh perubahan selalu seimbang dalam kurun waktu
 - Contoh: terbentuknya gunung serta erosi gunung yang terjadi membuktikan keseimbangan
 - Tidak menjelaskan terbentuknya spesies.
 - Tokoh: Charles Lyell
- e) Teori Evolusi Jean Lamarck**
- Pokok-pokok pikiran teori evolusi Lamarck
 - 1) Makhluk hidup sederhana adalah nenek moyang dari makhluk hidup yang sempurna.
 - 2) Makhluk hidup akan senantiasa beradaptasi dan menyesuaikan diri dengan lingkungannya.
 - 3) Organ yang mengalami perubahan karena terus-menerus dipakai dan berkembang makin sempurna. Sedangkan organ yang tidak diperlukan lagi perkembangannya akan menurun, dan akhirnya rudiment (*teori use and disuse*).
 - 4) Evolusi organik terjadi karena perubahan-perubahan yang disebabkan oleh pengaruh lingkungan dan dapat diturunkan.

Contoh evolusi lamarck pada jerapah.



Gambar 5. Evolusi Jerapah menurut Lamarck
<https://pak.pandani.web.id>

- f) Teori Evolusi Charles Darwin**
Charles Robert Darwin (1809-1882) yang dikenal sebagai Bapak Teori Evolusi lahir di daerah Inggris bagian barat. Teori Evolusi Darwin tidak

muncul begitu saja, namun berdasarkan hasil perjalanannya dengan kapal Beagle ke kepulauan Galapagos dan studi terhadap berbagai disiplin ilmu.

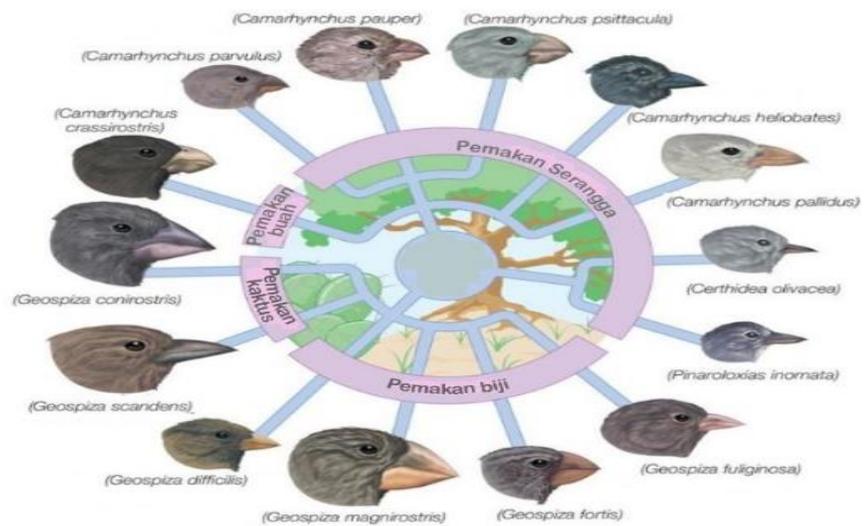
1) Pelayaran Darwin ke Kepulauan Galapagos

Saat berlayar dari Inggris menggunakan kapal HMS Beagle, Darwin berusia 22 tahun (bulan Desember 1831). Tujuan utama pelayaran tersebut adalah untuk memetakan pesisir pantai Amerika Selatan yang masih belum jelas. Pada saat awak kapal sibuk memetakan pesisir pantai, Darwin turun ke pantai, mengamati, dan mengoleksi ratusan spesimen fauna dan flora Amerika Selatan yang beraneka ragam dan endemik.

Selain itu, saat kapal mengelilingi benua Amerika, Darwin mengamati berbagai adaptasi tumbuhan dan hewan yang menempati hutan Brazil, bentangan padang rumput di Argentina, daratan terpencil Tierra del Fuego dekat Argentina dan pegunungan Andes.

Setelah mencatat flora dan fauna di berbagai wilayah Amerika Selatan, Darwin menyimpulkan bahwa flora dan fauna di Amerika Selatan mempunyai karakteristik khusus yang sangat berbeda dengan flora dan fauna di Eropa. Darwin juga mengatakan bahwa flora dan fauna di daerah beriklim sedang mempunyai hubungan yang lebih dekat dengan spesies yang hidup di wilayah tropis benua tersebut, dibandingkan spesies di daerah beriklim sedang di Eropa.

Fauna yang paling membingungkan Darwin ditemukan di *Kepulauan Galapagos*, yaitu kepulauan yang berada di sebelah barat pesisir Amerika Selatan. Pada umumnya, spesies fauna di Galapagos tidak ditemukan hidup di tempat lain, meskipun ada kesamaan dengan hewan di Amerika Selatan. Darwin menemukan jenis-jenis burung finch yang berbeda bentuk praruhnya. Perbedaan bentuk dan ukuran paruhnya yang merupakan adaptasi terhadap makanan tertentu. Kelompok pertama burung Finch yang hidup di tanah (*Geospiza magnirostris*) mempunyai paruh yang besar yang teradaptasi untuk memecahkan biji, kelompok kedua finch (*Camarhynchus pallidus*) yang menggunakan suatu duri kaktus atau ranting kecil sebagai alat untuk mengorek semut atau serangga lainnya, dan kelompok ketiga adalah kelompok kecil finch (*Camarhynchus parvulus*) yang menggunakan paruhnya untuk menangkap serangga.



Gambar 6. Variasi burung Finch
<https://www.utakatikotak.com>

Charles Darwin mengemukakan teori evolusinya secara lengkap dalam buku yang berjudul *On The Origin of Species by Means of Natural Selection* (Asal mula spesies yang terjadi melalui seleksi alam) yang diterbitkan pada 24 November 1859.

2) Pokok-pokok teori Darwin

Pengalaman Darwin di kepulauan Galapagos memunculkan ide tentang evolusi yang pokok pikirannya adalah:

- Spesies yang hidup sekarang berasal dari spesies-spesies yang hidup di masa silam.
- Evolusi terjadi melalui seleksi alam.

Dua pokok pikiran atau teori utama Darwin merupakan hasil pengalaman dari pengamatan:

- *Pengamatan ke-1*, setiap spesies mempunyai potensial fertilisasi yang besar sehingga ukuran populasinya akan meningkat secara eksponensial bila setiap individu yang dilahirkan berhasil melakukan percobaan.
- *Pengamatan ke-2*, ukuran populasi cenderung menjadi stabil kecuali fluktuasi musiman.
- *Pengamatan ke-3*, sumber daya alam terbatas.
- *Pengamatan ke-4*, individu-individu populasi sangat bervariasi dalam hal ciri-ciri tubuh, namun tidak ada dua individu yang benar-benar sama.
- *Pengamatan ke-5*, kebanyakan variasi diwariskan pada keturunannya.

Setelah Darwin menyelesaikan perjalanannya dan kembali ke Inggris, ia banyak mempelajari geologi, terutama tentang fosil. Buku yang berpengaruh besar terhadap Darwin adalah *Principles of Geology* (Prinsip-Prinsip Geologi) karangan Charles Lyell.

Teori evolusi Jerapah menurut Darwin



Gambar 7. Evolusi Jerapah menurut Darwin
<https://pak.pandani.web.id/>

C. Rangkuman

1. Kehidupan yang ada di bumi saat ini merupakan kelanjutan yang berkesinambungan dari makhluk hidup pertama di bumi.
2. Perkembangan teori asal-usul kehidupan yaitu teori abiogenesis klasik, teori biogenesis, dan teori abiogenesis modern. Teori abiogenesis klasik menerangkan bahwa asal mula makhluk hidup dari benda mati. Teori biogenesis menyatakan bahwa makhluk hidup berasal dari makhluk hidup. Teori abiogenesis modern menyatakan bahwa atmosfer bumi pada zaman purba berkecenderungan menyintesis senyawa organik dari molekul anorganik purba.
3. Evolusi biologi menyatakan bahwa makhluk hidup pertama merupakan hasil evolusi molekul anorganik. Evolusi biologi membahas asal-usul sel prokariotik dan eukariotik. Sel prokariotik muncul sebelum sel eukariotik dan sel prokariotik merupakan prekursor bagi munculnya sel eukariotik.
4. Teori evolusi Darwin dikenal dengan teori seleksi alam. Teori seleksi alam mengandung dua pemahaman, yaitu bahwa spesies sekarang berasal dari spesies dahulu dan terbentuknya spesies karena seleksi alam.
5. Teori evolusi sintetis menyatakan bahwa evolusi biologi bukan semata-mata didasari teori Darwin, tetapi juga teori evolusi pasca Darwin.

D. Penugasan

Setelah mempelajari Bab Evolusi, Anda telah mengetahui bahwa evolusi pada makhluk hidup berlangsung sangat lama, hal ini menyebabkan evolusi sulit dibuktikan. Namun, sejak teori evolusi dikemukakan Darwin, para ilmuwan mulai sadar akan adanya seleksi alam dan mencatat kejadian-kejadian yang terkait. Meski perubahan yang terjadi akibat seleksi alam yang tercatat tergolong kecil, namun hal tersebut dapat menjadi bukti dan indikasi evolusi yang mengakibatkan perubahan besar. Sekarang, tugas Anda adalah **mencari bukti teori evolusi, seperti perubahan-perubahan evolusi pada virus, resistensi hama, dan kasus seleksi alam lain yang tercatat**. Carilah referensi dari buku, majalah, koran, dan internet. **Buatlah dalam sebuah karya tulis**. Kumpulkan untuk selanjutnya diadakan diskusi kelas

E. Latihan Soal

1. Pernyataan ini yang merupakan definisi dari evolusi yaitu....
 - A. Evolusi adalah pewarisan sifat organisme yang berubah dari generasi ke generasi berikutnya dalam jangka waktu jutaan tahun.
 - B. Evolusi adalah proses adaptasi terhadap lingkungan
 - C. Evolusi adalah variasi dalam keturunan
 - D. Evolusi adalah perubahan-perubahan organisme akibat suatu genetika dalam jangka waktu yang pendek.
 - E. Evolusi adalah proses seleksi alam
2. Adanya mikroorganisme pada rendaman jerami yang teramati dengan mikroskop buatan Antonie Van Leeuwenhoek pada akhir abad ke XIV ditafsirkan sebagai gejala....
 - A. Biogenesis
 - B. Metagenesis
 - C. Biosintesis
 - D. Antibiosis
 - E. Abiogenesis
3. Teori abiogenesis runtuh karena percobaan yang dilakukan oleh
 - A. Aristoteles
 - B. Alexander Oparin
 - C. Harold Urey
 - D. Anthonie van Leeuwenhoek
 - E. Louis Pasteur
4. Francesco Redi mengemukakan dari hasil penelitiannya bahwa makhluk hidup berasal dari....
 - A. Makhluk hidup
 - B. Benda mati
 - C. Zat kimia
 - D. Ledakan materi angkasa
 - E. Nenek moyang
5. Louis Pasteur melakukan percobaan menggunakan labu leher angsa untuk mengetahui asal-usul kehidupan. Fungsi pipa leher angsa pada tabung tersebut adalah
 - A. Mencegah hubungan dengan udara luar
 - B. Membiarkan mikroorganisme dan udara keluar masuk
 - C. Mencegah masuknya udara luar dan membiarkan mikroorganisme masuk
 - D. Menghalangi mikroorganisme masuk dan membiarkan udara keluar masuk
 - E. Menghambat pernapasan mikroorganisme dalam kaldu dengan udara luar

Kunci jawaban dn pembahasan

No.	Kunci Jawaban	Pembahasan	Skor
1.	A	Evolusi adalah pewarisan sifat organisme yang berubah dari generasi ke generasi berikutnya dalam jangka waktu jutaan tahun.	20
2.	E	AnAbiogenesis antonie van Leeuwenhoek, dengan pendapatnya bahwa mikroorganisme (benda hidup) berasal dari air (benda mati). Percobaannya: pada abad ke-17 dengan penemuannya terhadap mikroskop, ia melihat adanya mikroorganisme (makhluk hidup sangat kecil) dalam sampel air hujan dan air rendaman jerami.	20
3.	E	Leuis Pasteur Dari percobaan ini timbullah anggapan bahwa: Omne Vivum ex Ovo Omne Ovum ex Vivo yang berarti kehidupan berasal dari telur, dan telur berasal dari makhluk hidup.	20
4.	A	percobaannya tentang munculnya ulat yang dapat muncul dalam daging yang disimpan dalam stoples terbuka tetapi tidak muncul dalam stoples tertutup. Larva (suatu kehidupan) bukan berasal dari daging (benda mati) tetapi berasal dari telur lalat yang masuk dan bertelur pada daging.	20
5.	C	Kondisi tersebut memungkinkan zat hidup tetap dapat masuk, namun kondisi kaldu tetap jernih (bening) dan steril. Dari percobaan ini timbullah anggapan bahwa: Omne Vivum ex Ovo Omne Ovum ex Vivo yang berarti kehidupan berasal dari telur, dan telur berasal dari makhluk hidup.	20

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban 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.

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor Perolehan}}{\text{Jumlah Skor Maksimum}} \times 100 \%$$

Konversi 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.

F. Penilaian Diri

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jujur dan bertanggungjawab!

No.	Pertanyaan	Jawaban	
01.	Apakah Anda telah memahami teori Abiogenesis ?	<input type="radio"/> Ya	<input type="radio"/> Tidak
02.	Apakah Anda telah memahami teori biogenesis ?	<input type="radio"/> Ya	<input type="radio"/> Tidak
03.	Apakah Anda telah mampu menjelaskan teori-teori evolusi Pra-Darwin?	<input type="radio"/> Ya	<input type="radio"/> Tidak
04.	Apakah Anda telah mampu menganalisis prinsip teori evolusi Charles Darwin?	<input type="radio"/> Ya	<input type="radio"/> Tidak
05.	Apakah Anda telah mampu menganalisis prinsip teori evolusi Lamarck?	<input type="radio"/> Ya	<input type="radio"/> Tidak

Bila ada jawaban "Tidak", maka segera lakukan review pembelajaran, terutama pada bagian yang masih "Tidak".

Bila semua jawaban "Ya", maka Anda dapat melanjutkan ke pembelajaran berikutnya.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

PETUNJUK DAN MEKANISME EVOLUSI

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan pembelajaran 1 ini diharapkan dapat:

1. Menjelaskan petunjuk-petunjuk adanya evolusi.
2. Menjelaskan mekanisme terjadinya evolusi makhluk hidup.
3. Mendeskripsikan terjadinya variasi makhluk hidup sebagai dasar terjadinya proses evolusi.

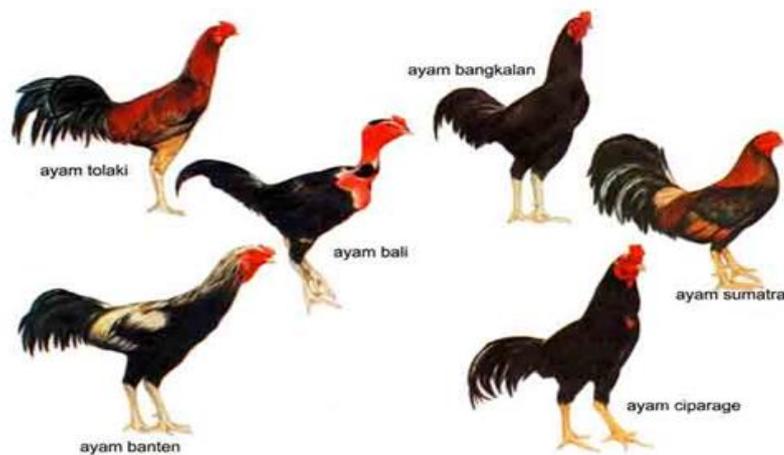
B. Uraian Materi

1. Petunjuk evolusi

Beberapa bukti yang dianggap memberikan petunjuk adanya evolusi antara lain:

a. Variasi makhluk hidup

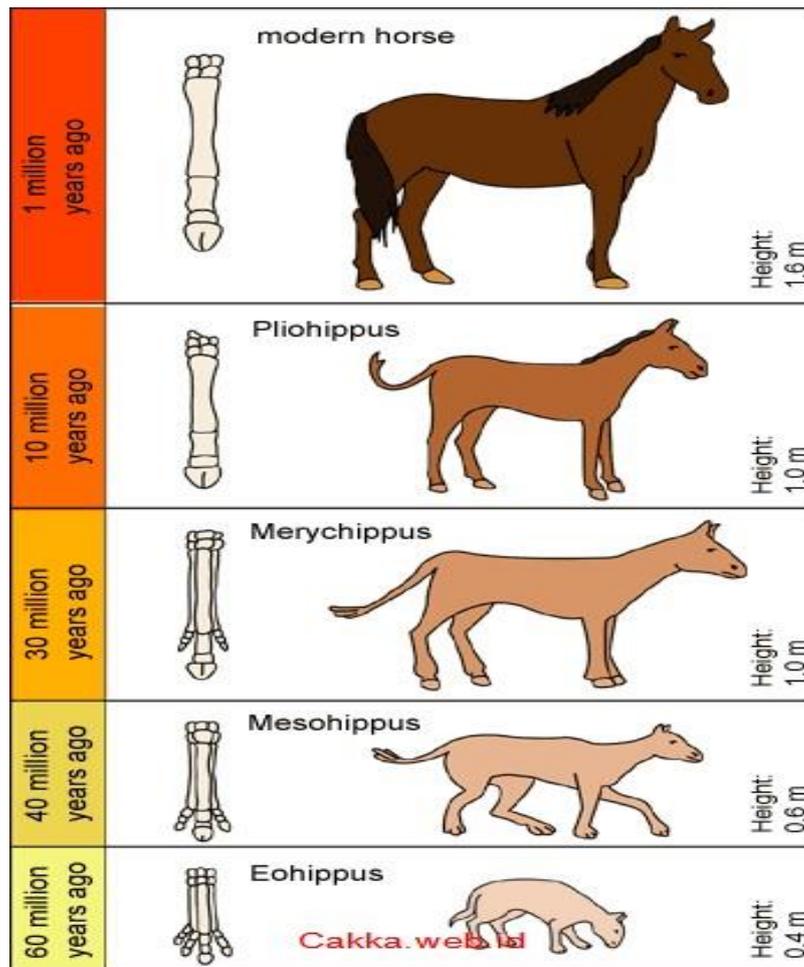
Variasi adalah perbedaan yang ditemukan pada individu-individu dalam satu spesies. Jika varian tersebut hidup pada lingkungan yang berbeda, maka akan menghasilkan keturunan yang berbeda pula. Jadi, adanya variasi merupakan petunjuk adanya evolusi yang menuju ke arah terbentuknya spesies baru.



Gambar 8. Variasi Genetik Pada Ayam
Sumber: ratnandroet.blogspot.com

b. Fosil

Fosil-fosil yang ditemukan dalam lapisan bumi dari lapisan tua sampai muda menunjukkan adanya perubahan secara berangsur-angsur. Dengan membandingkan fosil-fosil yang ditemukan di berbagai lapisan bumi dapat diketahui adanya proses evolusi. Sejarah perkembangan kuda merupakan satu contoh yang paling dikenal untuk menerangkan adanya perubahan-perubahan bentuk dari masa ke masa.

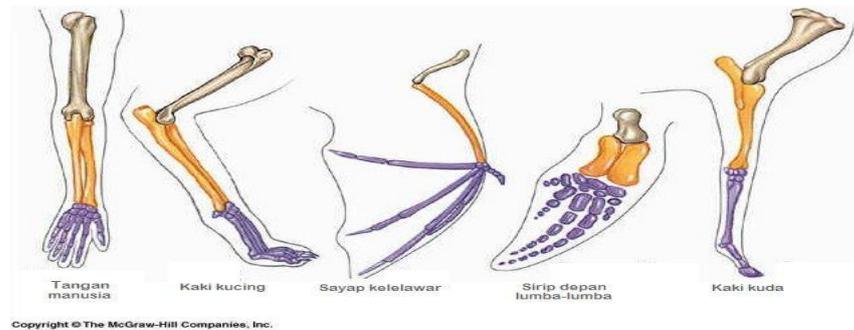


Gambar 9. Perbandingan fosil kuda
Sumber:biologiclara.blogspot.com

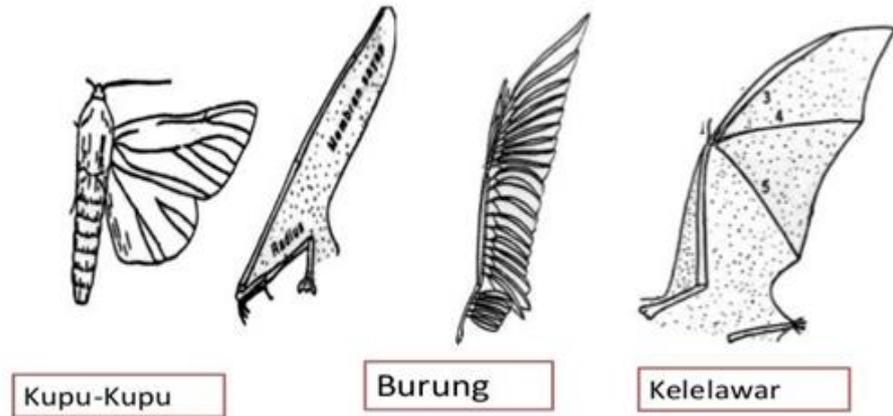
c. Homologi dan analogi organ tubuh

Homologi adalah organ-organ makhluk hidup yang mempunyai bentuk asal (dasar) yang sama, kemudian berubah strukturnya sehingga fungsinya berbeda. Misalnya, sayap burung homolog dengan tangan manusia. Kaki depan kuda homolog dengan sirip dada ikan paus.

Analogi adalah organ-organ tubuh yang mempunyai fungsi sama tetapi bentuk asalnya berbeda. Contoh: sayap serangga dengan sayap burung.



Gambar 10. Homologi perbandingan
sumber: piterest.com

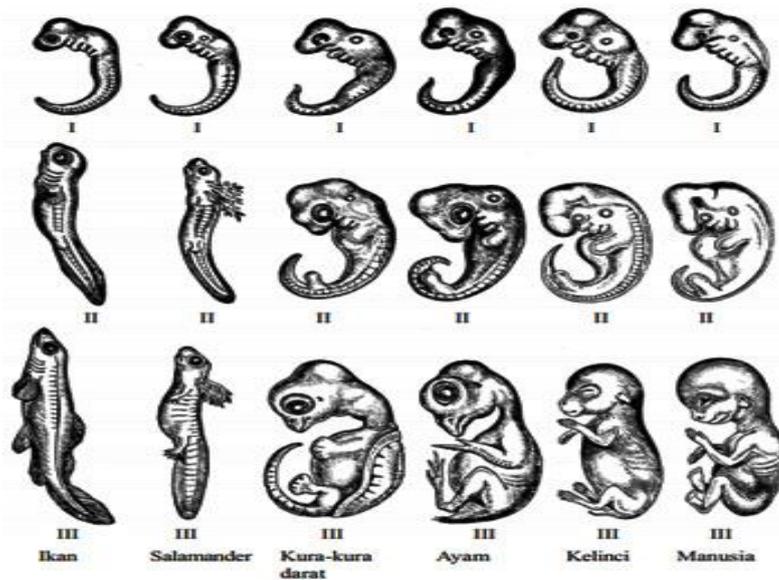


Gambar 11. Analogi perbandingan
 Sumber:biologiclara.blogspot.com

d. Embriologi perbandingan

Beberapa kelas vertebrata, seperti: ikan, reptil, burung dan mamalia, walaupun tubuh individu dewasanya berbeda jenis satu sama lainnya, namun fase awal dari perkembangan embrionya sangat mirip. Makin mirip, makin dekat kekerabatannya.

Ontogeni adalah perkembangan individu dari satu sel menjadi individu dewasa. Filogeni adalah sejarah perkembangan makhluk hidup dari makhluk yang hidup sebelumnya. Para ahli berpendapat bahwa ontogeni (perkembangan individu) adalah ulangan dari revolusi filogeni (perkembangan hubungan kekerabatan organisme). Kaidah ini dianggap terlalu berlebihan karena tidak benar bahwa vertebrata berevolusi dari bentuk ikan menjadi bentuk reptil, kemudian menjadi bentuk berkaki empat.



Gambar 12. Kemiripan embriologi
 Sumber: biologisites.blogspot

e. Petunjuk secara Biokimia

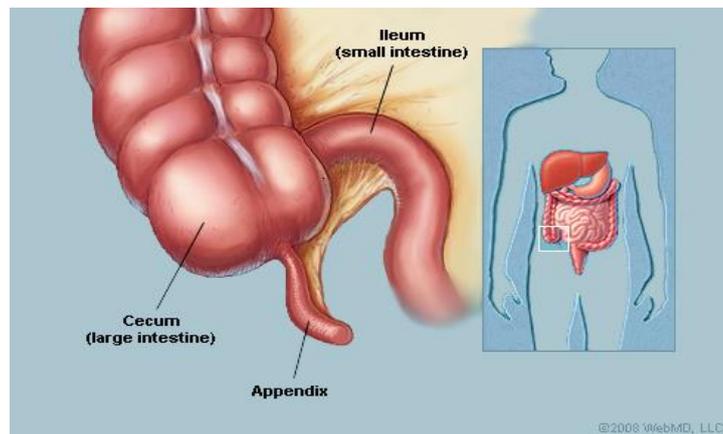
Jauh dekatnya hubungan kekerabatan antara organisme satu dengan lainnya dapat ditunjukkan dengan uji secara biokimia yang disebut uji presipitin. Uji presipitin adalah uji adanya reaksi antara antigen-antibodi. Banyak sedikitnya endapan yang terbentuk akibat reaksi tersebut dapat digunakan untuk menentukan jauh dekatnya hubungan kekerabatan antara suatu organisme dengan organisme lainnya.

f. Perbandingan fisiologi

Organisme Organisme mempunyai ciri-ciri fisiologi yang sama, seperti respirasi, ekskresi, dan sebagainya. Meskipun ciri morfologi dan jumlah sel yang membentuk setiap organisme berbeda-beda, terdapat kemiripan-kemiripan dalam fisiologinya.

g. Petunjuk alat tubuh yang tersisa

Pada manusia dan beberapa jenis hewan dapat dijumpai berbagai alat tubuh yang tidak berfungsi. Alat tubuh manusia yang tersisa antara lain umbai cacing (apendiks) dan tulang ekor. Pada burung kiwi, burung yang tidak dapat terbang, terdapat alat tubuh yang tersisa sebagai akibat penyusutan sayap.



Gambar 13. Apendiks
Sumber: brilio.net

2. Mekanisme Evolusi

Proses evolusi dapat terjadi karena adanya seleksi alam dan variasi genetik sehingga akan memunculkan sifat-sifat baru yang akan diwariskan pada keturunannya. Adanya seleksi alam mengharuskan semua makhluk hidup berjuang untuk bertahap hidup. Dalam upaya agar dapat lolos seleksi alam, setiap makhluk hidup dapat mengalami perubahan baik secara morfologis, fisiologis, dan tingkah laku. Berikut faktor-faktor yang berperan dalam mekanisme evolusi, meliputi:

a. Mutasi

Mutasi merupakan peristiwa yang menyebabkan terjadinya perubahan pada frekuensi gen, sehingga mempengaruhi fenotipe dan genotipe. Mutasi ini bisa menguntungkan atau bahkan merugikan. Menguntungkan apabila:

- Berpotensi menghasilkan sifat baru yang lebih menguntungkan.
- Menghasilkan spesies yang dapat beradaptasi.
- Memiliki kemampuan bereproduksi dengan bibit unggul.

Jika sifat yang dihasilkan berkebalikan dengan sifat seperti tersebut di atas, maka mutasi yang terjadi merugikan.

b. Genetic Drift

Genetic Drift merupakan perubahan acak pada frekuensi gen pada populasi gen yang disebabkan oleh kematian, migrasi, ataupun isolasi. Genetic drift dapat disebabkan oleh dua kondisi, (1) the bottleneck effect, merupakan bencana alam seperti kebaran, gempa bumi sehingga populasi yang tinggal sangat sedikit, (2) the founder effect, ketika sejumlah kecil dari organisme berpindah ke suatu tempat lain.

c. Aliran gen

Aliran gen terjadi ketika terjadinya migrasi dan kawin pada individu di antara populasi-populasi. Aliran gen ini sangat bergantung pada jumlah individu yang datang dan seberapa banyak perbedaan genetik individu-individu yang datang bergabung.

d. Rekombinasi seksual

Adanya kemampuan reproduksi secara seksual pada setiap individu akan menghasilkan keturunan yang dapat berbeda dengan induknya. Hal ini dipengaruhi oleh penggabungan kromosom yang terjadi secara acak antara dua sel gamet pada tahap meiosis. Sehingga memberi peluang dihasilkannya keturunan yang viabilitasnya tinggi dan berpengaruh terhadap evolusi populasi. Perkawinan yang tidak acak akan mengakibatkan terbentuknya gen resesif pada keturunan karena alel yang cenderung disukai akan mendominasi dalam populasi.

e. Seleksi Alam dan Adaptasi

Suatu adaptasi pada individu akan selalu diikuti oleh proses seleksi alam. Individu yang adaptatif, cenderung dapat lolos dari seleksi alam dengan perubahan sifat tertentu sehingga dapat bertahap hidup dan mewariskan sifat tersebut pada keturunannya.

Jadi, dapat disimpulkan bahwasanya evolusi merupakan peristiwa yang sifatnya fleksibel dan terus terjadi mengikuti perkembangan zaman. Setiap makhluk hidup harus mampu beradaptasi dengan perubahan lingkungannya sehingga dapat lolos dari seleksi alam dan mampu bertahan hidup sehingga dapat melakukan rekombinasi seksual untuk melestarikan keturunannya meskipun sifatnya tidak identik.

3. Hukum Hardy Weinberg

Pada proses evolusi terjadi perubahan frekuensi gen. Bila perbandingan antara genotip-genotip dalam satu populasi tidak berubah dari satu generasi ke generasi, maka frekuensi gen dalam populasi tersebut ada dalam keadaan seimbang, artinya tidak terjadi evolusi.

Frekuensi gen berada dalam keseimbangan apabila:

- tidak terjadi migrasi;
- tidak ada mutasi, atau harus ada keseimbangan mutasi di mana perubahan genetik ke satu arah diimbangi oleh sejumlah mutasi yang sama dalam arah berlawanan;
- tidak terjadi seleksi;
- reproduksi harus berlangsung acak;
- populasi harus besar.

Bila frekuensi gen dalam satu populasi ada dalam keadaan seimbang berlaku Hukum Hardy Weinberg.

Apabila frekuensi gen yang satu dinyatakan dengan simbol p, dan alelnya dengan simbol q, maka: $(p+q) = 1$

Bila frekuensi gen A = p dan frekuensi gen a = q, maka frekuensi genotip AA : Aa : aa = $p^2 : 2pq : q^2$.

Cara mencari frekuensi gen

Jika dalam suatu populasi diketahui frekuensi genotipnya, maka frekuensi gennya dapat dicari. Contohnya, frekuensi genotip aa dalam suatu populasi 0,25. Tentukan frekuensi gen A : a serta frekuensi genotip AA, Aa, dan aa.

Jawab:

$$\text{Frekuensi gen a} = \sqrt{aa} = 0,25 = 0,5$$

$$\text{Jumlah frekuensi gen A + a} = 1$$

$$\text{Jadi, frekuensi gen A} = 1 - 0,5 = 0,5$$

$$\text{Frekuensi genotip AA : Aa : aa} = (0,5 A + 0,5a) (0,5$$

$$A + 0,5 a) = 0,25 AA : 0,50 Aa : 0,25 aa.$$

Penerapan hukum Hardy-Weinberg untuk menghitung frekuensi gen dalam populasi sebagai berikut:

- a) Dalam suatu populasi terdapat kelompok perasa pahit kertas PTC (*phenil thiocarbamide*) sebesar 64%, sedangkan yang lainnya bukan perasa PTC. Bukan perasa PTC dikendalikan oleh gen t dan perasa PTC dikendalikan oleh gen T. Tentukan frekuensi gen dan genotip populasi orang PTC dan non PTC.

Jawab:

Jumlah PTC dan non-PTC = 100% orang PTC (genotip TT atau Tt) = 64%

Frekuensi orang tidak perasa PTC (bergenotip tt = q^2) =

$$100\% - 64\% = 36\% \quad q^2 = 36\% = 0,36$$

$$\text{maka frekuensi gen t} = q = 0,36 = 0,6$$

$$T + t = 1, \text{ maka frekuensi T} = 1 - 0,6 = 0,4$$

frekuensi T : t = 0,4 : 0,6 frekuensi genotip TT

$$: Tt : tt = (T + t) (T + t)$$

$$= (0,4 T + 0,6 t) (0,4 T + 0,6 t)$$

$$= 0,16 TT + 2(0,24 Tt) + 0,36 tt = 0,16 TT + 0,48 Tt +$$

$$0,36 tt$$

$$\text{Jadi, frekuensi genotip TT : Tt : tt} = 16 : 48 : 36 = 4 : 12 : 9$$

Untuk mencari frekuensi gen, coba kamu cari dahulu frekuensi individu yang bergenotip homozigot resesif, sebab genotif dominan bisa bergenotip TT atau Tt.

- b) Diketahui frekuensi orang albino pada suatu masyarakat adalah 25 di antara 10.000 orang. Berapa persentase orang pembawa sifat albino yang heterozigot?

Jawab:

Orang albino aa (q^2)

$$q^2 = \frac{25}{10.000} = 0,0025 \quad q =$$

$$0,05$$

$$= 0,05 \quad p + q = 1$$

$$p + 0,05 = 1 \rightarrow p = 1 - 0,05 = 0,95$$

Orang pembawa sifat albino dinotasikan dengan 2 pq

$$= 2(0,95 \times 0,05)$$

$$= 0,095$$

$$= 0,095 \times 100\%$$

$$= 9,5\%$$

4. Perubahan perbandingan frekuensi gen pada populasi

Saat ini, telah diketahui beberapa faktor penting yang menyebabkan perubahan keseimbangan genetik di dalam suatu populasi. Faktor-faktor tersebut, antara lain: mutasi, seleksi alam, emigrasi dan imigrasi, rekombinasi dan seleksi, dan *genetic drift*. Untuk lebih mengetahui, mari cermati uraian berikut ini.

a. Mutasi

Apabila ada satu atau beberapa gen yang bermutasi, maka akan terjadi perubahan keseimbangan gen-gen dalam suatu populasi.

Contoh:

Gen b yang mempengaruhi rambut tikus berwarna putih adalah normal. Kemudian, bermutasi menjadi gen B yang menyebabkan rambut tikus berwarna kuning. Gen ini menyebabkan letal apabila dalam keadaan homozigot BB, maka:

P :	Bb	×	Bb	
	(kuning)		(kuning)	
F :	<u>BB</u>		<u>Bb Bb</u>	<u>bb</u>
	1		1 1	1
	2			
	Letal		kuning	putih

Dengan demikian, rasio genotip yang dihasilkan Bb : bb = 2 : 1, karena BB letal.

b. Seleksi alam

Di danau buatan di Amerika Serikat pernah ditemukan jenis katak berkaki banyak dan jenis katak normal. Katak yang berkaki banyak fertilitasnya rendah atau mandul dan bersifat resesif. Sedangkan, katak berkaki normal mempunyai fertilitas normal dan bersifat dominan. Karena katak berkaki banyak bersifat mandul, maka katak ini dapat dihasilkan dari perkawinan antara katak berkaki normal heterozigot.

Jadi, apabila katak berkaki normal heterozigot (Nn) dikawinkan dengan yang berkaki normal Nn, maka akan dihasilkan rasio keturunannya, sebagai berikut:

P :	Nn	><	Nn	
F	NN	:	(Nn + Nn)	: nn
	25%	:	50%	: 25%

Katak yang bergenotif nn adalah mandul sehingga yang mampu menghasilkan keturunan yang bergenotif NN dan Nn, atau 75% dari seluruh populasi.

b. Spesiasi

Spesiasi atau pembentukan spesies pada dasarnya dapat digunakan sebagai saksi hidup mengenai apa yang terjadi di masa lalu, maka dari itu proses spesiasi dapat pula dianggap sebagai bukti bahwa proses evolusi memang berlangsung.

Syarat terjadinya spesiasi adalah :

1. Adanya perubahan lingkungan, Perubahan lingkungan dapat menyebabkan perubahan evolusi. Contohnya, bencana alam dapat menyebabkan timbulnya kepunahan massal di muka bumi.
2. Adanya relung (niche) yang kosong, Relung merupakan tempat hidup dan interaksi suatu organisme. Suatu spesies selalu menempati relung tertentu. Suatu relung umumnya hanya dapat ditempati oleh satu jenis

spesies saja. Kepunahan massal akan menimbulkan relung-relung kosong yang akan menyebabkan relung-relung baru terisi kembali dalam jangka waktu yang panjang. Apabila relung tersebut kosong (tidak ada organisme yang menempatinya), maka akan ada banyak organisme yang berusaha menempati relung tersebut.

3. Adanya keanekaragaman suatu kelompok organisme. Selalu akan ada sejumlah organisme yang mencoba mengisi relung yang kosong. Keberhasilan suatu organisme mengisi relung ditentukan oleh seberapa besar kecocokan organisme tersebut dibandingkan dengan persyaratan relung yang kosong.

c. Isolasi Geografi

Isolasi geografi/batas alam. Apabila batas alam tidak dapat dilewati, suatu populasi tidak akan pernah bertemu dengan populasi lainnya maka dapat menyebabkan terjadinya spesiasi baik simpatri maupun tidak simpatri

- Proses spesiasi simpatri: proses spesiasi yang terjadi dalam area geografi yang sama dari suatu spesies yang paling berkerabat. Spesiasi terjadi karena aspek genetik, morfologi, tingkah laku, fisiologi, dan lain-lain. Contoh: populasi mencit di Eropa Barat memiliki sejumlah populasi kecil yang tidak interfertilisasi dengan populasi di sebelahnya walaupun penyebarannya sangat luas di Eropa Barat.
- Spesiasi tidak simpatri: proses spesiasi yang terdapat dalam area geografi yang berbeda dibandingkan dengan area geografi suatu spesies yang paling berkerabat. Dibagi menjadi 3 yaitu:
 1. Spesiasi alopatri: proses spesiasi yang terjadi di daerah yang berjauhan atau berlainan dari suatu spesies yang paling dekat hubungan kekerabatannya. Sebagian dari populasi suatu spesies terpisah dan hidup di daerah yang berlainan. Karena adanya pemisahan, keanekaragaman yang terbawa dari populasi yang terpisah, berbeda dalam frekuensi alelnya. Oleh karena kedua daerah memiliki perbedaan dalam banyak hal, seleksi alam yang bekerja pada masing-masing area akan berbeda pula. Ketika kedua populasi tersebut bertemu di kemudian hari, tidak ada lagi interaksi social di antara kedua populasi tersebut. Contoh: *Macaca brunnescens* dianggap jenis berbeda dari *Macaca ochreata* karena terpisah secara geografi.
 2. Spesiasi parapatri: proses spesiasi yang terjadi di daerah yang bersebelahan dengan daerah dari suatu spesies yang paling dekat hubungan kekerabatannya. Daerah penyebaran meliputi lebih dari satu macam habitat dengan persyaratan yang berbeda. Dengan berjalannya waktu, terbentuklah suatu populasi yang tetap bersebelahan tetapi kemampuan interfertilnya secara gradual menurun, berbanding lurus dengan jarak antara dua populasi. Akhirnya pada suatu keadaan akan ada dua populasi yang sudah tidak mampu berinteraksi secara interfertil, sehingga harus dianggap sebagai spesies tersendiri.
 3. Spesiasi peripatri: proses spesiasi yang terjadi di daerah pinggir dari daerah suatu spesies yang paling dekat hubungan kekerabatannya. Suatu organisme memiliki kisaran toleransi tertentu, akibatnya jenis tersebut akan menempati daerah tertentu. Semakin jauh dari pusat penyebarannya, maka lingkungannya pun makin berbeda. Dengan demikian spesies yang menempati daerah tersebut akan semakin berbeda dengan spesies yang menempati pusat. Dengan demikian, interaksi antara populasi tersebut dengan populasi satu spesiesnya menjadi sangat terbatas.

d. Isolasi Reproduksi

Proses spesiasi yang ditinjau dari: keberhasilan terjadinya pembuahan (kemungkinan pertemuan antara dua jenis sel gamet proses pra-kawin) dan keberhasilan suatu perkawinan (proses pasca kawin).

1. Spesiasi pra kawin meliputi:

- Kromosomal: perbedaan jumlah, bentuk, urutan kromosom berpengaruh dalam perubahan.
- Musim: perbedaan musim kawin atau musim berbunga menyebabkan individu hanya dapat saling membuahi individu tertentu yang cocok.
- Parthenogenesis: individu identik dengan induk yang menghasilkannya.
- Morfologi atau struktural: perbedaan struktur tubuh (morfologi) menyebabkan pembuahan menjadi tidak mungkin.

2. Spesiasi pasca kawin meliputi:

- Letalitas: adanya embrio yang letal
- Sterilitas: individu yang dilahirkan tidak dapat memiliki keturunan.
- Semi-letal: individu yang dihasilkan, meskipun hidup normal dan dapat memiliki keturunan, memiliki vitalitas yang sangat rendah.

C. Rangkuman

1. Evolusi merupakan proses satu arah dalam waktu yang tidak terbalikkan. Proses evolusi hanya dapat dipelajari dari petunjuk-petunjuk yang ada yaitu adanya variasi makhluk hidup, fosil-fosil yang ditemukan, homologi dan analogi organ, embriologi perbandingan, petunjuk biokimia, perbandingan fisiologi, alat tubuh yang tersisa.
2. Mekanisme evolusi dapat terjadi melalui mutasi, genetik drif, aliran gen, rekombinasi seksual, seleksi alam, dan adaptasi.

D. Latihan Soal

Kerjakan semua soal di bawah ini di kertas, kemudian cocokkan dengan kunci jawaban yang tersedia untuk penyelesaiannya!

1. Salah satu petunjuk evolusi adalah homologi organ tubuh. Jelaskan yang dimaksud dengan Homolog!
2. Bagaimana teori Darwin dan Lamarck menjelaskan fenomena jerapah berleher panjang!
3. Sebutkan akibat dari terjadinya seleksi alam!
4. Sebutkan kelemahan teori evolusi Darwin menurut August Weismann!

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban 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.

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor Perolehan}}{\text{Jumlah Skor Maksimum}} \times 100 \%$$

Konversi 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.

No.	Kunci jawaban	Skor
1.	Organ homolog adalah organ-organ yang memiliki struktur asal sama, tetapi fungsinya, berbeda. Tangan manusia homolog dengan kaki depan kadal, sayap burung, sayap, kelelawar, maupun sirip lumba-lumba. Akan tetapi, tangan manusia tidak homolog, dengan sayap kupu-kupu karena keduanya tidak memiliki struktur asal yang sama.	25
2.	Menurut teori Darwin, panjangnya leher jerapah merupakan salah satu contoh seleksi alam. Jerapah memiliki leher yang bervariasi, ada yang panjang dan ada yang pendek. Jerapah berleher panjang mampu meraih daun-daun yang ada di pucuk pohon sebagai makanannya, sedangkan jerapah berleher pendek tidak. Akibatnya, jerapah berleher pendek tidak mampu bertahan hidup dan jumlahnya terus berkurang sehingga yang tersisa adalah jerapah berleher panjang. Menurut teori Lamarck, dahulu semua jerapah berleher pendek. Namun, akibat tertarik selama bertahun-tahun untuk meraih daun-daun di pucuk pohon, leher jerapah menjadi panjang. Selanjutnya, leher panjang itu diwariskan kepada keturunannya.	25
3.	Organisme yang dapat menyesuaikan diri dengan lingkungannya yang baru akan dapat mempertahankan kelangsungan hidupnya, Organisme yang tidak dapat menyesuaikan diri dengan lingkungannya yang baru akan mati atau pindah ke daerah lain yang tidak mengalami perubahan lingkungan.	25
4.	Weismann berpendapat bahwa sifat leher panjang dan leher pendek pada jerapah dikendalikan oleh gen. Gen untuk leher panjang bersifat dominan, sedangkan gen untuk leher pendek bersifat resesif. Oleh karena itu, jerapah berleher panjang merupakan keturunan yang bersifat homozigot dominan atau heterozigot. Sebaliknya, jerapah berleher pendek merupakan keturunan yang bersifat homozigot resesif. Jerapah berleher pendek yang homozigot resesif tidak mampu beradaptasi dengan lingkungannya sehingga akhirnya punah. Weismann berpendapat bahwa evolusi berkaitan dengan gejala seleksi alam terhadap faktor-faktor genetik.	25

E. Penilaian Diri

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jujur dan bertanggungjawab!

No.	Pertanyaan	Jawaban	
1.	Apakah Anda telah mampu menjelaskan tentang petunjuk-petunjuk evolusi ?	<input type="radio"/> Ya	<input type="radio"/> Tidak
2.	Apakah Anda telah mampu membedakan petunjuk evolusi antara homologi dan analogi organ?	<input type="radio"/> Ya	<input type="radio"/> Tidak
3.	Apakah Anda telah mampu menjelaskan tentang urutan fosil kuda sebagai petunjuk evolusi?	<input type="radio"/> Ya	<input type="radio"/> Tidak
4.	Apakah Anda telah mampu menjelaskan mekanisme evolusi ?	<input type="radio"/> Ya	<input type="radio"/> Tidak
5.	Apakah Anda telah mampu menghitung frekuensi gen dalam populasi dengan menggunakan hukum hardi weinberg?	<input type="radio"/> Ya	<input type="radio"/> Tidak

Bila ada jawaban "Tidak", maka segera lakukan review pembelajaran, terutama pada bagian yang masih "Tidak".

Bila semua jawaban "Ya", maka Anda dapat melanjutkan ke pembelajaran berikutnya.

EVALUASI

1. Pernyataan *omne vivum ex ovo, omne ovum ex vivo* menjelaskan bahwa
 - A. kehidupan selalu berasal dari organisme yang bertelur
 - B. kehidupan dapat berasal dari benda mati
 - C. tak ada kehidupan tanpa telur
 - D. sebelum ada individu, maka harus ada telur terlebih dahulu
 - E. kehidupan ada karena telah ada kehidupan sebelumnya

2. Evolusi merupakan perubahan pada suatu individu yang disebabkan oleh lingkungan dan bersifat diturunkan. Pendapat tersebut merupakan gagasan dari
 - A. De Lamarck
 - B. C. Darwin
 - C. Lelley
 - D. Antoni
 - E. August. W

3. Populasi jerapah adalah heterogen, ada yang berleher pendek dan ada yang berleher panjang. Dalam kompetisi mendapatkan makanan, jerapah yang berleher panjanglah yang lestari, sedangkan jerapah berleher pendek lenyap secara perlahan-lahan. Peristiwa tersebut mengingatkan teori evolusi yang dikemukakan oleh
 - A. Weismann
 - B. Gerabah
 - C. Charles Darwin
 - D. Lamarck
 - E. Gregor Johan Mendel

4. Seorang sejarawan melakukan penelitian mengenai evolusi dan menemukan beberapa fakta yang terjadi di alam antara lain:
 - 1) Terdapat homologi organ
 - 2) Adanya variasi individu dalam satu keturunan
 - 3) Ditemukannya hewan yang sama pada tempat yang berbeda
 - 4) Semua species mempunyai potensi reproduksi yang tinggiFakta yang diperoleh dan dapat dijadikan sebagai dasar teori evolusi adalah...
 - A. 1 dan 2
 - B. 1 dan 3
 - C. 2 dan 3
 - D. 2 dan 4
 - E. 3 dan 4

5. Hal - hal berikut yang bukan merupakan petunjuk evolusi adalah
 - A. fosil pada berbagai lapisan batuan
 - B. anatomi perbandingan yang bersifat analog
 - C. anatomi perbandingan yang bersifat homolog
 - D. embriologi perbandingan
 - E. perkawinan silang

6. Di bawah ini organ-organ dari berbagai hewan:
 - 1) sayap kelelawar
 - 2) kaki manusia
 - 3) sayap kupu-kupu
 - 4) kaki depan kuda
 - 5) sirip paus

- Organ tubuh yang bersifat homologi adalah....
- A. 1, 2, 5
 - B. 2, 4, 5
 - C. 2, 4, 5
 - D. 2, 4, 5
 - E. 3, 4, 5
7. Bila 2 jenis hewan memiliki banyak organ yang homolog, maka ini dapat diartikan bahwa kedua jenis hewan tersebut
- A. dekat hubungan secara evolusi
 - B. besar kemampuan untuk beradaptasi
 - C. banyak persamaan habitatnya
 - D. tinggi tingkatan pertumbuhan evolusinya
 - E. besar kemungkinan untuk bersimbiosis
8. Sayap lebah dan sayap kelelawar termasuk organ yang analog, karena
- A. bentuk dasar berbeda
 - B. bentuk berbeda, fungsi sama
 - C. asal sama, fungsi sama
 - D. asal berbeda, fungsi berbeda
 - E. tidak ada persamaan apapun
9. Filogeni menjelaskan perkembangan makhluk hidup dalam evolusi, sedangkan ontogeni mempersoalkan perkembangan zigot sampai dewasa, pernyataan berikut yang benar
- A. filogeni sangat bertentangan dengan ontogeni
 - B. filogeni sangat erat hubungannya dengan evolusi
 - C. filogeni merupakan rekapitulasi dari ontogeni
 - D. ontogeni sangat erat hubungannya dengan evolusi
 - E. ontogeni merupakan rekapitulasi dari filogeni
10. Alat-alat yang tersisa pada organisme dapat di anggap sebagai petunjuk adanya evolusi. Pada manusia yang bukan merupakan alat tubuh yang tersisa adalah....
- A. Rambut pada dada
 - B. Tulang telapak tangan
 - C. Umbai cacing (usus buntu)
 - D. Gigi taring yang runcing
 - E. Otot-otot (penggerak) telinga
11. Faktor utama yang mengakibatkan penurunan populasi kupu-kupu jenis biston betularia bersayap cerah setelah adanya revolusi industri adalah
- A. seleksi alam
 - B. adaptasi terhadap lingkungan
 - C. persaingan dalam hal panga
 - D. perubahan warna cerah menjadi gelap
 - E. warna gelap lebih adaptif dengan lingkungan
12. Perhatikan pernyataan berikut!
- 1) Perubahan struktur materi genetik yang diturunkan kepada generasi berikutnya.
 - 2) Proses penyesuaian diri makhluk hidup terhadap lingkungan.
 - 3) proses penggabungan gen dari organisme yang berbeda.
 - 4) pemilihan yang dilakukan oleh alam untuk memilih makhluk hidup yang dapat terus bertahan hidup dan tidak dapat terus bertahan hidup.

Perubahan burung Finch di Kepulauan Galapagos sebagai contoh terjadinya evolusi yang disebabkan oleh

- A. 1 dan 2
 - B. 1 dan 3
 - C. 2 dan 3
 - D. 2 dan 4
 - E. 3 dan 4
13. Pada suatu daerah dengan 10.000 penduduk terdapat 4% warga albino, maka perbandingan jumlah orang yang berkulit homozigot dan normal heterozigot berturut-turut adalah ...
- A. 6.400 dan 1.600
 - B. 6.400 dan 3.200
 - C. 3.200 dan 1.600
 - D. 3.200 dan 4.00
 - E. 1.600 dan 4.00
14. Suatu populasi burung terpisah menjadi dua populasi. Setelah ribuan tahun kedua populasi burung tersebut bersatu kembali, tetapi gagal melakukan perkawinan. Berikut ini yang bukan penjelasan untuk hal tersebut adalah ...
- A. Masa kawin kedua populasi tersebut berubah
 - B. Populasi asal berevolusi menjadi dua spesies berbeda
 - C. Tidak terjadi isolasi gamet
 - D. Dua populasi tersebut menjadi terisolasi secara geografis
 - E. Telah terjadi isolasi gamet
15. Kesimpulan dari teori Darwin adalah ...
- A. Manusia bisa saja berasal dari monyet
 - B. Homologi menjadi dasar makhluk hidup berevolusi
 - C. Makhluk hidup dapat berubah sendiri secara spontan
 - D. Makhluk hidup dapat berubah sendiri secara spontan
 - E. Hanya melalui mutasi makhluk hidup berubah bentuk dan berevolusi
 - F. Makhluk hidup berubah bentuk karena seleksi dan adaptasi

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban 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.

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor Perolehan}}{\text{Jumlah Skor Maksimum}} \times 100 \%$$

Konversi 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. Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

Kunci jawaban soal evaluasi

Nomor soal	Kunci jawaban	Nomor soal	Kunci jawaban	Nomor soal	Kunci jawaban
1.	A	6.	B	11.	A
2.	B	7.	A	12.	D
3.	C	8.	B	13.	B
4.	A	9.	C	14.	C
5.	E	10.	C	15.	E

DAFTAR PUSTAKA

- Aryilina, Diah. Dkk, 2007. *Biologi SMA dan MA untuk Kelas XII*, Jakarta, Erlangga
- Irmaningtyas. 2014. *Biologi untuk SMA/MA Kelas XI Kelompok peminatan Matematika dan Ilmu Alam*. Jakarta: Erlangga
- Kusumawati, Rohana. 2010 *Biologi Untuk SMA/MA*. Klaten: Intan Pariwara
- Pratiwi, Bakti. 2018. *Biologi SMA/MA*. Bandung: YMARA WIDYA
- Safitri, Ririn. 2016. *Buku Guru Biologi Untuk SMA/MA Kelas XII*. Surakarta: Mediatama
- <http://belajarbioduk.blogspot.com/2011/04/bab-7-evolusi.html>
- <https://biologigonz.blogspot.com/2009/09/evolusi.html>
- <https://www.softilmu.com/2015/11/pengertian-dan-mekanisme-terjadinya-evolusi.html>