



LAMPIRAN II
KEPUTUSAN MENTERI PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
NOMOR 061/U/1995 TANGGAL 25 FEBRUARI 1995

KURIKULUM
SEKOLAH MENENGAH UMUM

GARIS-GARIS BESAR PROGRAM PENGAJARAN
(GBPP)

MATA PELAJARAN BIOLOGI

KELAS : I, II, III

DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
JAKARTA, 1995



LAMPIRAN II
KEPUTUSAN MENTERI PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
NOMOR 061/U/1995 TANGGAL 25 FEBRUARI 1995

**KURIKULUM
SEKOLAH MENENGAH UMUM**

**GARIS-GARIS BESAR PROGRAM PENGAJARAN
(GBPP)**

MATA PELAJARAN BIOLOGI

KELAS : I, II, III

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
JAKARTA, 1995**

Wahid
1/2-96

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
I. PENDAHULUAN	1
Pengertian	1
Fungsi	
Tujuan	
Ruang lingkup	
Rambu-rambu	
II. PROGRAM PENGAJARAN	
Kelas I	
Kelas II	
Kelas III	

I. PENDAHULUAN

A. Pengertian

Pendidikan biologi di Sekolah Menengah Umum (SMU) mengandung bahan kajian yang mempelajari makhluk hidup dan aspek kehidupannya baik di masa lampau maupun masa sekarang. Disamping itu, pendidikan biologi mempelajari penerapan konsep-konsep biologi dalam mengembangkan teknologi untuk kehidupan sehari-hari.

B. Fungsi

- o Membantu siswa memahami konsep-konsep biologi.
- o Membantu mengembangkan sikap ilmiah dalam memecahkan masalah yang dihadapi sehari-hari.
- o Membantu menggunakan dan mengembangkan keterampilan proses dalam mempelajari konsep-konsep biologi.
- o Membantu siswa dalam menerapkan konsep-konsep biologi yang dibantu ilmu dasar lainnya dan dikembangkan dalam teknologi.
- o Membantu siswa memahami keteraturan kehidupan makhluk hidup sehingga menimbulkan rasa kagum dan cinta kepada Tuhan yang Maha Esa.
- o Membantu persiapan siswa untuk melanjutkan pendidikan ke jenjang pendidikan yang lebih tinggi.
- o Meningkatkan kesadaran siswa akan pentingnya menjaga kelestarian sumber daya alam dan lingkungan hidup.

C. Tujuan

Siswa memahami konsep-konsep biologi dan saling keterkaitannya serta mampu menggunakan metode ilmiah dengan dilandasi sikap dan nilai ilmiah untuk memecahkan masalah-masalah yang dihadapi sehingga lebih menyadari kebesaran dan kekuasaan Penciptanya.

D. Ruang Lingkup

- . Konsep-konsep biologi yang dibahas di SMU disusun berkesinambungan dari Pendidikan Dasar dan meliputi hal-hal berikut ini:

Kelas I

Keanekaragaman hayati, virus dan monera, ganggang, lumut, paku-pakuan, invertebrata, jamur, ekologi, interaksi dalam ekosistem, lingkungan, keseimbangan dan etika lingkungan, sumber daya alam hayati dan pelestariannya.

Kelas II

Struktur hewan dan struktur tumbuhan, pertumbuhan dan perkembangan, gerak pada tumbuhan, mekanisme gerak pada hewan, transportasi pada tumbuhan, sistem sirkulasi pada hewan dan manusia, makanan dan sistem pencernaan makanan, sistem respirasi, sistem ekskresi, sistem koordinasi, sistem reproduksi, dan pemencaran organisme.

Kelas III

Struktur sel dan fungsi bagian-bagiannya, reproduksi sel, metabolisme sel, substansi genetika, pola-pola hereditas, hereditas pada manusia, mutasi, asal usul kehidupan, evolusi, daerah persebaran makhluk hidup dan penyebabnya, peranan genetika dalam pemuliaan tanaman dan hewan, perkembangan dan manfaat bioteknologi.

E. Rambu-rambu

- o GBPP ini merupakan pedoman mengajar bagi guru yang berisikan bahan kajian minimal yang perlu dipelajari oleh siswa untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan.
- o Bahan kajian biologi di kelas I dan II diikuti oleh semua siswa kelas I dan II, sedangkan bahan kajian di kelas III diikuti oleh siswa yang berminat meneruskan ke paket pilihan matematika dan IPA (MIPA).
- o Konsep dan subkonsep dalam GBPP ini telah diurutkan sesuai dengan sistematika mata pelajaran, tetapi dalam pelaksanaan kurikulum, bila dipandang perlu, guru diperkenankan mengubah urutan tersebut asal masih berada dalam caturwulan yang sama. Jadi, tidak diperkenankan memindahkan konsep dan subkonsep dari caturwulan tertentu ke caturwulan lain.
- o Keluasan dan kedalaman materi mutlak harus dicapai dalam penjatahan alokasi waktu yang telah ditentukan pada struktur program. Kegiatan siswa atau pengalaman belajar dalam uraian pembelajaran merupakan saran/pedoman untuk melaksanakan

proses belajar-mengajar yang berorientasi pada siswa.

- o Guru diperkenankan menggunakan buku penunjang yang dapat diperoleh di daerah, asal menunjang pemahaman konsep dan subkonsep dalam bahan kajian yang tercantum dalam GBPP.
- o Jumlah jam pelajaran hanya dicantumkan tiap caturwulan, guru diberi wewenang untuk mengatur waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan konsep dan sub konsep yang secara minimal harus dipelajari siswa.
- o Contoh-contoh dan penerapan konsep yang terdapat dalam uraian pembelajaran hendaknya diperkaya dan disesuaikan dengan keadaan dan kebutuhan daerah.
- o Keterampilan proses yang terdapat dalam tujuan pembelajaran hendaknya diperkaya dan disesuaikan dengan topik yang sedang dibahas.

II. PROGRAM PENGAJARAN

KELAS I

Tujuan Pembelajaran

1. Siswa memahami cara-cara mempelajari keanekaragaman hayati dengan pendekatan klasifikasi dan mengenal manfaat pengetahuan keanekaragaman tersebut.
2. Siswa memahami ciri-ciri virus dan monera serta hubungan di antara keduanya melalui diskusi hasil kegiatan.
3. Siswa memahami ciri-ciri dan jenis-jenis tumbuhan ganggang, lumut, dan paku serta perikehidupannya melalui diskusi hasil kegiatan dan penugasan.
4. Siswa memahami berbagai invertebrata dan keterkaitannya dalam kehidupan melalui diskusi dan penafsiran daur hidup dan perikehidupannya.
5. Siswa memahami ciri-ciri dan perikehidupan jenis-jenis jamur yang berkaitan erat dengan manusia melalui diskusi hasil kegiatan dan penugasan.
6. Siswa memahami lingkup ekologi dan cara-cara mengajinya dengan melakukan perbandingan dan diskusi.
7. Siswa memahami prinsip dan pola interaksi dalam ekosistem melalui perencanaan, pelaksanaan percobaan, dan diskusi.
8. Siswa memahami lingkungan, keseimbangan, dan etika lingkungan melalui diskusi hasil kegiatan.
9. Siswa memahami keterbatasan sumber daya alam hayati dan cara-cara melakukan pelestariannya melalui diskusi hasil kegiatan.

Caturwulan : 1 (48 jam pelajaran)

1. *Siswa memahami cara-cara mempelajari keanekaragaman hayati dengan pendekatan klasifikasi dan mengenal manfaat pengetahuan keanekaragaman tersebut.*

KEANEKARAGAMAN HAYATI

1.1 Keanekaragaman hayati menunjukkan totalitas variasi gen, jenis, dan ekosistem yang dijumpai di suatu daerah.

1.1.1 Keanekaragaman hayati menyatakan terdapatnya pelbagai macam variasi bentuk, penampilan, jumlah, dan sifat lain yang terlihat pada tingkat yang berbeda-beda.

- o Mendiskusikan keanekaragaman gen (plasma nutfah) dalam suatu jenis dengan contoh-contoh yang dikenal siswa seperti kelapa gading, kelapa hijau, kelapa kopyor.
- o Dijelaskan variasi bentuk, penampilan, jumlah, dan sifat lain juga ditemukan pada tingkat jenis, misalnya siwalan/lontar, kelapa, aren, pinang. Ditekankan bahwa semua variasi itu menyusun ekosistem yang berbeda-beda, misalnya kelapa di pantai, siwalan di tempat kering, aren di pegunungan basah.

1.1.2 Keanekaragaman hayati dipelajari untuk digunakan dan dilestarikan, dengan cara klasifikasi.

- o Diperlihatkan cara mempelajari makhluk hidup yang beranekaragam dengan dan tanpa melalui klasifikasi. Kemudian mendiskusikan manfaat mempelajari keanekaragaman. Memprediksi hal-hal yang akan terjadi apabila jenis-jenis makhluk hidup tertentu dalam ekosistem menyusut atau punah.
- o Ditugasi mendalami pengaruh keanekaragaman hayati terhadap keadaan ekonomi setempat.

1.1.3 Klasifikasi makhluk hidup didasarkan pada sistem buatan, alamiah, dan filogenetik.

- o Dengan menggunakan contoh-contoh pengelompokan tumbuhan dan pengelompokan obyek lainnya (hewan, sayuran) dijelaskan pengertian klasifikasi menurut sistem buatan.

- o Dijelaskan dan diberi contoh klasifikasi menurut sistem alamiah, lalu dibandingkan sistem alamiah dengan sistem buatan.
- o Dijelaskan klasifikasi makhluk hidup menurut sistem filogenetik yang lebih menekankan pengelompokan makhluk hidup berdasarkan kedekatan hubungan antar takson ditinjau dari perkembangan filogeninya dengan menggunakan contoh.
- o Ditugasi mencari gambar-gambar atau artikel yang mendukung kemudian tugasnya dibahas.

1.1.4 Penggunaan pendekatan dan dasar/kriteria yang berbeda menghasilkan beberapa alternatif sistem klasifikasi.

- o Menginventarisasikan dasar/kriteria pengelompokan makhluk hidup yang dikenal dalam kehidupan sehari-hari.
- o Mendiskusikan dasar/kriteria lain yang mungkin dapat dilakukan.
- o Diinformasikan adanya berbagai sistem klasifikasi yang menggunakan dasar/kriteria berbeda. Diberikan contoh-contoh sistem klasifikasi makhluk hidup yang ada yang pernah dilakukan para pakar sistematik.
Sistem klasifikasi dalam GBPP ini merupakan suatu alternatif untuk memudahkan penyampaian dan ditekankan pada tumbuhan dan hewan tingkat rendah.

2. Siswa memahami ciri-ciri virus dan monera serta hubungan di antara keduanya melalui diskusi hasil kegiatan.

VIRUS DAN MONERA

2.1 Virus organisme Sub renik.

2.1.1 Virus memiliki struktur tubuh sederhana yang terdiri dari molekul DNA atau RNA dengan selubung protein, tak bisa berkembang di luar sel inangnya, dan berukuran sangat renik.

- o Dijelaskan ciri-ciri dan sifat virus antara lain: ukuran, bentuk, dan cara berkembangbiaknya dengan menggunakan carta.

- o Mendiskusikan peranan virus dalam kehidupan manusia secara langsung atau tidak langsung dan contoh-contohnya, misalnya virus influenza, polio, cacar, bakteriofag yang menyerang *Escherichia coli*, virus yang menyerang daun tembakau, kentang, padi, serta cara penularannya.

2.2 Monera prokariotik, renik, memperoleh nutrisi dengan menyerap (saprofitik atau parasitik) atau autotrof.

2.2.1 Bakteri bersel tunggal, prokariotik, dan umumnya tidak berklorofil.

- o Mengamati bentuk bakteri dari preparat yang misalnya dibuat dari kentang busuk atau kotoran gigi dengan pewarnaan metilen biru atau tinta cina.

Berdasarkan hasil pengamatan dijelaskan bagian-bagian sel bakteri dan fungsinya. Misalnya dinding sel sebagai pelindung isi sel.

- o Ditunjukkan jenis-jenis bakteri dan contoh-contohnya yang hidupnya autotrof dan heterotrof, yang patogen dan apatogen, dan bakteri pengurai sampai dengan bakteri yang menghasilkan antibiotik.
- o Dijelaskan pula aktinomisetes mirip bakteri dan menghasilkan antibiotik penting.
- o Dicobakan manfaat bakteri dalam produksi makanan, misal *Lactobacillus casei* dalam minuman dan pembuatan nata de coco dari air kelapa. Melakukan percobaan membuat bio-gas yang dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif. Dapat dibahas prinsip sterilisasi dan biakan murni.

2.2.2 Ganggang biru prokariotik, bersel tunggal, berbentuk benang, berkoloni, dan dapat melakukan fotosintesis.

- o Mengamati macam-macam ganggang biru yang hidup di air, di tempat lembab atau yang hidup bersimbiosis (misal *Anabaena azollae*).
- o Dijelaskan manfaat ganggang biru dalam fiksasi nitrogen bebas dan sebagai makanan tambahan yang bernilai gizi tinggi (*Spirulina*).

3. *Siswa memahami ciri-ciri dan jenis-jenis tumbuhan ganggang, lumut, dan paku serta perikehidupannya melalui diskusi hasil kegiatan dan penugasan.*

TUMBUHAN GANGGANG, LUMUT, DAN PAKU-PAKUAN

3.1 Tumbuhan ganggang, lumut, dan paku-pakuan dapat dibedakan dalam struktur alat pembiakan dan dominansi pergiliran keturunannya.

3.1.1 Ganggang bersel satu, berbentuk benang atau bersel banyak, berupa talus yang berklorofil dan mempunyai pigmen tambahan lain yang dominan, serta membentuk gamet dalam alat pembiakan bersel satu.

o Dijelaskan alga dibedakan menjadi beberapa kelompok berdasarkan pigmen dominan yang dipunyai, yaitu sebagai berikut :

- Ganggang coklat, antara lain *Sargassum*.
- Ganggang merah, antara lain *Eucheuma sp.*
- Ganggang keemasan, antara lain *Navicula*.
- Ganggang hijau, antara lain *Spirogyra*.

o Dijelaskan pula tentang cara berkembang biak beberapa jenis ganggang hijau, misalnya *Spirogyra* dan *Ulva*. Mencari keterangan dan membahas manfaat alga bagi manusia, misalnya agar-agar, *Chlorella*.

3.1.2 Lumut berklorofil, belum mempunyai akar daun dan batang sejati, serta memiliki gametofit yang dominan menghasilkan alat pembiakan.

o Dijelaskan dengan menggunakan carta daur hidup lumut dan manfaatnya bagi manusia.

3.1.3 Paku-pakuan mempunyai klorofil, akar-batang-daun sejati, ikatan pembuluh, berkembang biak dengan spora, dan memiliki sporofit yang dominan.

o Dijelaskan dengan menggunakan carta daur hidup paku heterospor dan homospor. Mencari keterangan tentang manfaat tumbuhan paku dalam kehidupan sehari-hari dan contoh-contohnya, misalnya untuk hiasan dan makanan.

Caturwulan : 2 (48 jam pelajaran)

4. *Siswa memahami berbagai invertebrata dan keterkaitannya dalam kehidupan melalui diskusi dan penafsiran daur hidup dan perikehidupannya.*

INVERTEBRATA

4.1 Invertebrata dapat dibedakan berdasarkan jumlah lapisan lembaga dan rongga tubuh, serta tidak bertulang punggung.

4.1.1 Protozoa bersel tunggal dan renik.

- o Dari masing-masing kelas (Rhizopoda, Ciliata, Flagellata, dan Sporozoa) berdasarkan alat geraknya, dipilih contoh untuk dibahas daur hidup dan peri kehidupannya dengan menggunakan carta atau pengamatan dengan mikroskop.
- o Mendiskusikan keterkaitan protozoa dalam kehidupan, antara lain dalam rantai makanan, sebagai fosil indikator adanya minyak bumi (*Foraminifera*), dan peran yang merugikan misalnya menyebabkan penyakit-penyakit tertentu (*Plasmodium*, *Entamoeba histolitica*, dan *Trypanosoma*). Dibahas pula cara pemberantasannya dengan memutuskan daur hidupnya.

4.1.2 Porifera bersel banyak dengan tubuh berpori-pori serta mempunyai bentuk tubuh dan spikula yang beranekaragam.

- o Mengamati bermacam-macam tipe bentuk tubuh yang berpori-pori dari koleksi atau gambar, dan spikula dari sayatan spons dengan mikroskop. Koleksi spons (kering dan basah) dapat dilakukan pada widyawisata ke pantai. Didiskusikan pula manfaat spons.

4.1.3 Coelenterata bersel banyak yang diploblastik, dengan bentuk polip atau medusa, dan memiliki rongga pencernaan.

- o Mengamati awetan bentuk tubuh^o bermacam-macam medusa (ubur-ubur), polip (hydra), dan mawar laut.
- o Dijelaskan Coelenterata umumnya hidup berkoloni di laut. *Hydra* hidup soliter di air tawar.

- o Didiskusikan kegunaan karang laut sebagai komponen biotik dalam ekosistem laut dan pembentukan karang pantai, karang sawar, dan atol.
- 4.1.4 *Platyhelminthes* triploblastik, tidak memiliki rongga tubuh (selom) dan alat pencernaannya tidak sempurna.
- o Ditunjukkan persamaan berbagai contoh cacing pipih seperti *Planaria*, *Fasciola hepatica* (cacing hati), dan *Taenia saginata* (cacing pita).
 - o Dijelaskan daur hidup cacing parasit seperti cacing pita, cacing hati.
- 4.1.5 *Nemathelminthes* triploblastik, memiliki rongga tubuh semu, dan memiliki alat pencernaan sempurna.
- o Dijelaskan dengan menggunakan koleksi basah atau carta *Nemathelminthes* bertubuh gilig, tidak beruas, dan memiliki alat pencernaan sempurna. Ditunjukkan ukuran dan ujung tubuh yang dewasa dapat digunakan untuk membedakan jantan atau betina.
 - o Dijelaskan pula contoh-contoh *Nemathelminthes* yang kebanyakan parasit, misalnya *Ascaris* (cacing kruit), *Ankylostoma* (cacing tambang), dan *Oxyuris* (cacing kremi).
- 4.1.6 *Annelida* triploblastik memiliki alat pencernaan sempurna, rongga tubuh sejati, dan tubuh yang beruas-ruas.
- o Dijelaskan dengan menggunakan carta atau koleksi awetan basah cacing *Annelida* bertubuh panjang tersusun dari ruas-ruas berbentuk gelang (metameri) dan memiliki saluran pencernaan sempurna.
 - o Ditunjukkan persamaan ciri-ciri contoh cacing gelang (cacing tanah, pacet, lintah, dan sebagainya).
 - o Didiskusikan kegunaan *Annelida* sebagai penyubur tanah dan sumber protein untuk ternak dan ikan.
- 4.1.7 *Arthropoda* mempunyai kaki bersendi, tubuh beruas-ruas, dan rangka luar dari kitin.
- o Dijelaskan tentang *Arthropoda* yang mencakup udang, labah-labah, kaki seribu, dan serangga dengan menggunakan carta dan hewan hasil pengumpulan.

4.1.7.1 *Crustacea* mempunyai dua pasang antena dan satu pasang kaki tiap ruas. *Decapoda* (udang dan kepiting) memiliki kepala-dada, perut, dan lima pasang kaki yang membesar menjadi kaki jalan.

o Mendiskusikan peran *Decapoda* terutama udang sebagai bahan makanan yang berprotein tinggi. Dijelaskan banyak jenis-jenis *Entomostraca* (udang karang rendah) yang berperan sebagai zooplankton yang penting sebagai sumber makanan ikan.

4.1.7.2. *Arachnida* mempunyai kepala-dada, perut, empat pasang kaki dan beberapa pasang mata tunggal pada bagian kepala-dada, serta bernapas dengan paru-paru buku.

o Mendiskusikan hasil pengamatan kala, labah-labah, dan caplak untuk mendapatkan ciri-ciri *Arachnida*.

4.1.7.3 *Myriapoda* mempunyai tubuh beruas-ruas dengan bagian kepala, dada, dan perut yang tidak jelas dan kaki berpasangan pada setiap ruasnya.

o Mendiskusikan hasil pengamatan keluwing, lipan untuk mendapatkan ciri-ciri *Myriapoda*.

4.1.7.4 *Insecta* memiliki kepala, dada, perut, tiga pasang kaki, dan umumnya bersayap.

o Menggolongkan insekta atas dasar perbedaan tipe sayap dan alat mulut. Dibahas peran *Orthoptera*, *Coleoptera*, *Hymenoptera*, *Diptera*, *Hemiptera*, *Homoptera* dengan contoh-contoh yang merugikan dan menguntungkan.

o Dijelaskan dengan carta mengenai metamorfosis sempurna dan tidak sempurna.

4.1.8 *Mollusca* bertubuh lunak, tidak beruas-ruas, memiliki mantel yang dapat membuat cangkok.

o Mendiskusikan daur hidup jenis-jenis *Mollusca* yang penting seperti tiram mutiara, bekicot, dan cumi-cumi.

- o Dijelaskan pula proses pembentukan mutiara secara alami dan mutiara hasil "suntikan".

4.1.9 *Echinodermata* mempunyai kulit duri dan sistem ambulakral.

- o Membahas daur hidup *Echinodermata*.
- o Mendiskusikan bentuk tubuh *Asteroidea*, *Crinoidea*, *Ophiuroidea*, *Echinoidea*, dan *Holothuroidea*.
Untuk koleksi awetan basah dapat dilakukan pada widyawisata ke pantai atau dengan cara lainnya tanpa merusak lingkungan.
- o Mendiskusikan peranan *Echinodermata* sebagai pembersih pantai dari sisa dan kotoran hewan laut.

5. **Siswa memahami ciri-ciri dan perikehidupan jenis-jenis jamur yang berkaitan erat dengan manusia melalui diskusi hasil kegiatan dan penugasan.**

JAMUR

5.1 Jamur bersel satu atau bersel banyak, eukarion dengan dinding sel dari kitin (kecuali pada *Oomycotina*), tidak berklorofil, memperoleh nutrisi dengan menyerap, menyimpan makanannya dalam bentuk glikogen dan memiliki keturunan diploid yang singkat (kecuali *Oomycotina*).

5.1.1 *Oomycotina* membentuk spora berflagel ganda, berdinding sel selulosa, pembiakan generatifnya menghasilkan oospora, dan fase diploidnya panjang.

- o Mendiskusikan daur hidup dan peranan beberapa anggota *Oomycotina*, misalnya *Pythium* pada penyakit rebah semai, *Phytophthora* pada kentang, dan *Saprolegnia* atau *Achlya* pada serangga mati di air. Membandingkan rentang hidup keturunan diploid dan keturunan haploid.
- o Mengamati struktur miselium dan pembentukan spora generatifnya.

5.1.2 *Zygomycotina* membentuk zigospora hasil pembiakan secara kawin.

- o Mengamati struktur miselium dan cara pembentukan spora generatif beberapa anggota *Zygomycotina*, misalnya *Rhizopus* pada tempe dan jamur tanah endomikoriza.

- o Dibandingkan turunan $2n$ dan turunan n melalui penggunaan carta daur hidupnya.

5.1.3 *Ascomycotina* membentuk spora generatif di dalam askus.

- o Dijelaskan struktur miselium dan pembentukan spora generatif beberapa anggota *Ascomycotina*.
- o Mendiskusikan struktur tubuh yang bervariasi pada *Ascomycotina*, yaitu bersel satu (*Saccharomyces*), bersel banyak membentuk miselium bersekat (*Aspergillus* dan *Penicillium*), dan bersel banyak dengan membentuk tubuh buah (*Xylaria* dan *Nectria*) atau lumut kerak.
- o Mendiskusikan pula perbandingan turunan $2n$ dan turunan n pada daur hidupnya.
- o Diinformasikan peranan jamur oncom (*Neurospora crassa*) dalam penelitian genetika, jenis-jenis tertentu yang sering bersimbiosis dengan alga hijau membentuk *Lichenes* yang dapat dijadikan indikator ekologi, penghasil obat selulolitik (*Trichoderma*).

5.1.4 *Basidiomycotina* membentuk spora generatif pada basidium dan umumnya memiliki tubuh buah berukuran cukup besar.

- o Mengamati sayatan melintang tubuh buah jenis jamur *Basidiomycotina*, misalnya jamur bentuk payung.
- o Membahas siklus hidupnya.
- o Diinformasikan juga bahwa *Basidiomycotina* membentuk jamur ektomikoriza pada melinjo dan pinus, melakukan dekomposisi lignin, dan dapat menimbulkan penyakit pada pohonnya.

5.1.5 *Deuteromycotina* membentuk spora secara vegetatif dan belum diketahui fase kawinnya.

- o Diinformasikan bahwa jamur oncom (*Monilia sitophyla*) sesudah ditemukan fase seksualnya dikelompokkan pada *Ascomycotina* dengan nama *Neurospora crassa*. Contoh *Deuteromycotina* yang belum diketahui fase kawinnya: *Chladosporium*, *Curvularia*.

6. *Siswa memahami lingkup ekologi dan cara-cara mengajinya dengan melakukan perbandingan dan diskusi.*

EKOLOGI

6.1 Ekologi mengaji interaksi unsur-unsur lingkungan di alam dengan pendekatan tertentu.

6.1.1 Ekologi sebagai cabang ilmu memiliki lingkup, obyek studi, dan pendekatan tersendiri.

- o Dijelaskan bahwa ekologi merupakan cabang ilmu yang relatif baru tetapi banyak pengaruhnya pada cabang biologi lainnya.
- o Dijelaskan dan didiskusikan dengan menggunakan bagan beberapa prinsip ekologi yang esensial, misalnya: hakekat dan keuniversalan adaptasi; konsep populasi sebagai kelompok yang dinamik; konsep semua organisme itu bagian dari komunitas yang beranekaragam dan berinteraksi.

6.1.2 Ekologi mengaji interaksi antar komponen pada tingkat individu sampai dengan biom.

- o Dijelaskan dengan bagan, contoh-contoh, dan pengamatan di sekitar sekolah, interaksi antar individu, antar populasi, antar komunitas, antar komponen biotik dan abiotik.
- o Mendiskusikan perkembangan ekosistem, sejak populasi sampai terbentuknya biom sebagai klimaks.

Caturwulan : 3 (40 jam pelajaran)

7. *Siswa memahami prinsip dan pola interaksi dalam ekosistem melalui perencanaan, pelaksanaan percobaan, dan diskusi.*

AKSI-INTERAKSI

7.1 Interaksi menunjukkan adanya hubungan saling mempengaruhi yang dinamik antar faktor biotik, antara faktor biotik dan abiotik dalam ekosistem.

7.1.1 Pola-pola interaksi yang melibatkan faktor-faktor biotik-abiotik, rantai makanan, aliran energi, dan siklus biogeokimia berlangsung pada tingkat

individu, populasi, dan komunitas.

- o Mengamati hubungan biotik-abiotik, rantai makanan, dan jaring-jaring makanan di lingkungan sekolah dengan menggunakan lembar observasi.
- o Dijelaskan dengan menggunakan carta siklus biogeokimia dalam suatu ekosistem, misalnya siklus nitrogen dan siklus fosfor.

7.1.2 Dalam interaksinya komunitas mengalami pertumbuhan yang dinamik sehingga tercapai klimaks.

- o Mendiskusikan suksesi komunitas sampai mencapai klimaks melalui berbagai model pertumbuhan.

7.1.3 Hubungan antara komunitas dengan lingkungannya membentuk berbagai macam ekosistem.

- o Mengadakan studi lapangan ke suatu ekosistem khas, (misalnya kolam). Diidentifikasi komunitas di dalamnya dan dipelajari keterkaitan satu sama lainnya.
- o Berdasarkan hasil pengamatan berbagai populasi dalam suatu komunitas, peranan populasi dalam ekosistem, serta faktor-faktor abiotik, mendiskusikan berbagai macam ekosistem.

8. Siswa memahami lingkungan, keseimbangan, dan etika lingkungan melalui diskusi hasil kegiatan.

LINGKUNGAN

8.1 Lingkungan mencakup segala sesuatu di sekitar kita yang terdiri dari faktor biotik dan abiotik serta dipengaruhi budaya manusia.

8.1.1 Keseimbangan lingkungan dapat terganggu oleh berbagai faktor.

- o Membandingkan contoh-contoh lingkungan alami yang dalam keadaan seimbang dan dinamis dengan contoh-contoh lingkungan yang terganggu. Gangguan tersebut dapat mengakibatkan kerusakan keseimbangan dengan putusnya mata rantai dalam ekosistem.
- o Mengidentifikasi faktor-faktor penyebab gangguan keseimbangan.

- 8.1.2 Polusi terhadap lingkungan perlu dideteksi secara dini dan ditangani segera dan terpadu.
- o Dengan menggunakan contoh-contoh didiskusikan dan dianalisis bahwa makhluk hidup memerlukan lingkungan biotik dan abiotik yang spesifik.
 - o Dijelaskan gangguan terhadap lingkungan itu menyebabkan gangguan pula pada makhluk hidup. Kemudian didiskusikan dan dianalisis berdasarkan keterbatasan makhluk hidup beradaptasi dapat terjadi pemunahan jenis.
 - o Mendiskusikan pengertian polusi, dan faktor-faktor yang menyebabkan polusi.
- 8.1.3 Perubahan lingkungan mengakibatkan berbagai dampak.
- o Ditunjukkan berbagai perubahan lingkungan dengan dampaknya.
 - o Mendiskusikan bahwa dampak suatu perubahan itu harus dilihat secara keseluruhan, karena akibatnya berantai. Dianalisis pula bahwa perubahan yang diamati baik dan diduga berguna dapat memberikan dampak yang buruk dalam jangka panjang.
 - o Mendiskusikan kemungkinan dampak intensifikasi pertanian dan perubahan hutan menjadi lahan pertanian monokultur.
- 8.1.4 Etika lingkungan melibatkan perilaku manusia terhadap kelestarian lingkungan.
- o Mendiskusikan perilaku manusia yang sangat penting dalam menentukan kualitas lingkungan. Mengidentifikasi tindakan manusia yang merugikan lingkungan dan manusia itu sendiri. Mencari keterangan tentang usaha atau tindakan manusia untuk mempertahankan keseimbangan lingkungan untuk bahan penulisan karangan ilmiah atau rancangan kegiatan cinta lingkungan.

9. *Siswa memahami keterbatasan sumber daya alam hayati dan cara-cara melakukan pelestariannya melalui diskusi hasil kegiatan.*

PELESTARIAN SUMBER DAYA ALAM HAYATI

9.1 Sumber daya alam hayati mempunyai nilai bagi manusia, persediaannya terbatas, namun teperbaharukan sehingga

pemanfaatannya perlu rasional.

9.1.1 Sumber daya alam hayati yang berupa mikroba, tumbuhan, dan hewan dapat dimanfaatkan untuk kesejahteraan manusia.

- o Dijelaskan dengan menggunakan gambar berbagai makhluk hidup yang sudah punah dan terancam punah, serta usaha-usaha melestarikan yang dimanfaatkan manusia seperti tebang pilih, peremajaan, penangkapan musiman, penganeekaragaman bahan pangan.

9.1.2 SDA hayati mempunyai nilai-nilai biologi, ekonomi, dan budaya yang berkaitan.

- o Diinformasikan dan didiskusikan perlunya keanekaragaman sumber daya alam hayati untuk pelestarian jenis makhluk hidup karena adanya kesaling-tergantungan antar makhluk hidup. Dengan lestariannya keanekaragaman hayati pengembangan sumber daya alam hayati dapat berjalan untuk kepentingan ekonomi dan budaya, evolusi alami terus berlangsung.

9.1.3 Pelestarian SDA hayati dilaksanakan secara terpadu dan melibatkan berbagai pihak.

- o Mendiskusikan penggunaan sumber daya alam hayati oleh manusia untuk berbagai kepentingan seperti sandang, pangan, papan, dan perdagangan. Karena dimanfaatkan oleh berbagai tingkatan manusia dan berbagai kepentingan inilah didiskusikan keterlibatan berbagai pihak dalam melestarikan sumber daya alam hayati.
- o Dijelaskan bermacam-macam bentuk upaya pelestarian sumber daya alam hayati seperti taman wisata, taman nasional, kebun raya, hutan lindung, dan taman laut.

KELAS II

Tujuan Pembelajaran

10. Siswa memahami struktur hewan melalui penafsiran pengamatan dan diskusi.
11. Siswa memahami struktur tumbuhan melalui penafsiran carta dan mengomunikasikan hasil pengamatan organ tumbuhan dikotil dan monokotil.
12. Siswa memahami pertumbuhan dan perkembangan melalui pengamatan percobaan, interpretasi carta, dan diskusi.
13. Siswa memahami gerak pada tumbuhan melalui pengamatan, interpretasi, dan diskusi.
14. Siswa memahami mekanisme gerak pada hewan vertebrata melalui pengamatan dan diskusi.
15. Siswa memahami transportasi pada tumbuhan melalui interpretasi hasil percobaan, tanya jawab, serta diskusi.
16. Siswa memahami sistem sirkulasi pada hewan dan manusia melalui interpretasi, pengamatan percobaan, dan diskusi.
17. Siswa memahami makanan dan sistem pencernaan makanan melalui interpretasi hasil percobaan dan diskusi.
18. Siswa memahami sistem respirasi dengan merencanakan dan melakukan percobaan, serta mendiskusikan hasilnya.
19. Siswa memahami sistem ekskresi melalui interpretasi, pengamatan percobaan, dan diskusi.
20. Siswa memahami sistem koordinasi melalui percobaan, interpretasi, dan diskusi.
21. Siswa memahami reproduksi tumbuhan biji dan mamalia melalui diskusi dan pengamatan.
22. Siswa memahami pemencaran organisme melalui diskusi hasil pengamatan.

Caturwulan : 1 (48 jam pelajaran)

10. *Siswa memahami struktur hewan melalui penafsiran pengamatan dan diskusi.*

STRUKTUR HEWAN

10.1 Struktur hewan menjelaskan susunan tubuh hewan yang terdiri dari jaringan, organ, dan sistem organ.

10.1.1 Jaringan terdiri atas sel yang mempunyai bentuk dan fungsi yang sama.

o Mengamati sel jaringan epitel, otot, tulang, saraf, dan jaringan ikat dengan mikroskop atau tafsiran carta. Hasilnya dapat berbentuk gambar. Kemudian disimpulkan ciri khas masing-masing jaringan.

10.1.2 Organ terdiri atas berbagai jaringan dan mempunyai fungsi tertentu.

o Mengamati gambar dan menggambar bentuk berbagai organ dari torso sesuai dengan letaknya, antara lain paru-paru, jantung, lambung, limpa, hati, pankreas, dan usus.

Dengan menggunakan potongan melintang usus halus, dijelaskan jaringan yang menyusun organ tersebut.

10.1.3 Sistem organ terdiri atas berbagai organ dan mempunyai fungsi tertentu, kemudian berbagai sistem organ membentuk satu organisme.

o Mendiskusikan organ-organ yang menyusun sistem organ. Misalnya, sistem pencernaan terdiri atas lidah, kelenjar ludah, lambung, hati, pankreas, dan usus yang bekerja bersama-sama membentuk sistem pencernaan. Membuat bagan sistem pernapasan, sistem ekskresi, sistem peredaran darah, dan sistem gerak.

11. *Siswa memahami struktur tumbuhan melalui penafsiran carta dan mengomunikasikan hasil pengamatan organ tumbuhan dikotil dan monokotil.*

STRUKTUR TUMBUHAN

11.1 Struktur tumbuhan menjelaskan susunan tubuh tumbuhan yang terdiri atas jaringan dan organ.

11.1.1 Jaringan tumbuhan terdiri atas jaringan meristem, epidermis, klorenkima, parenkima, xilem, floem, kolenkima, dan sklerenkima.

o Dijelaskan dengan carta garis besar bagian-bagian penampang melintang batang dikotil dan letak kambium.

o Mengamati sediaan irisan melintang batang dikotil muda dengan reagen anilin sulfat atau preparat jadi dapat dilakukan untuk mengamati epidermis, parenkima, xilem, floem, dan kambium.

o Menggambar hasil pengamatan dan kemudian mendiskusikan ciri-ciri masing-masing jaringan.

11.1.2 Organ tumbuhan berupa akar, batang, dan daun.

o Mengamati sediaan irisan melintang: daun, batang dikotil dan monokotil muda, akar muda untuk membedakan bagian epidermis, korteks, dan stele (silinder pusat), serta jaringan-jaringan yang membentuknya. Hasilnya dapat berbentuk gambar.

o Dijelaskan perbedaan struktur batang dikotil tua dan struktur batang dikotil muda dengan menggunakan carta atau contoh struktur batang yang sebenarnya.

12. *Siswa memahami pertumbuhan dan perkembangan melalui pengamatan percobaan, interpretasi carta, dan diskusi.*

PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN

12.1 Pertumbuhan dan perkembangan meliputi perubahan kuantitatif dan kualitatif yang ireversibel.

12.1.1 Pertumbuhan pada tumbuhan dimulai dengan pembelahan sel, pemanjangan, dan diferensiasi sel.

- o Mengamati pertumbuhan batang dengan menggunakan auksanometer. Mendiskusikan perubahan kuantitatif meliputi penambahan jumlah sel sebagai hasil pembelahan dan penambahan ukuran.
- o Dijelaskan dengan menggunakan carta bahwa pada ujung akar dan ujung batang tumbuhan biji terdapat tiga daerah pertumbuhan dan perkembangan, yaitu daerah pembelahan, pemanjangan, dan diferensiasi. Didiskusikan dan diberi contoh diferensiasi jaringan tumbuhan.

12.1.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan antara lain nutrisi, gen, dan hormon.

- o Dijelaskan bahwa pertumbuhan dipengaruhi oleh nutrisi, gen, hormon, dan lingkungan. Diberi contoh pengaruh nutrisi pada tumbuhan dengan pemupukan, misalnya pada hidroponik.

12.1.3 Zat tumbuh pada pertanian dipakai untuk merangsang pertumbuhan, perkembangan dan partenokarpi.

- o Diberi contoh pengaruh hormon (zat tumbuh) pada tumbuhan berupa auksin, giberelin dan sitokinin.
- o Melakukan percobaan pengaruh auksin pada pertumbuhan akar pada stek batang, stek akar atau stek daun. Dijelaskan pengaruh auksin dan dibandingkan hasilnya.
- o Dijelaskan pula bahwa auksin dapat pula dipakai untuk keperluan lain seperti partenokarpi.

12.2 Perkembangan hewan meliputi pembelahan zigot sampai terbentuknya jaringan dan organ.

12.2.1 Perkembangan embrio mulai dari pertemuan sel telur dengan sperma, zigot, morula, blastula, gastrula, jaringan, dan organ.

- o Mendiskusikan adanya perkembangan sifat-sifat gastrulasi hingga terbentuk ektoderm, mesoderm, dan endoderm dengan menggunakan carta atau model pada mamalia. Lapisan lembaga tersebut secara terpisah atau bersama akan

berkembang menghasilkan jaringan dan organ, misalnya ektoderm akan menjadi kulit, rambut, kuku, kelenjar keringat, sistem saraf, dan reseptor alat indera.

- o Mendiskusikan pengertian selom sebagai rongga tubuh yang dibatasi mesoderm dengan menggunakan carta. Hewan diploblastik hanya memiliki ektoderm dan endoderm, misalnya *Coelenterata*. Dari cacing pipih sampai mamalia termasuk triploblastik, artinya mempunyai ektoderm, mesoderm, dan endoderm sedangkan selom sejati dimiliki oleh anelida sampai mamalia.

12.2.2 Metamorfosis mencakup perubahan bentuk dari larva hingga mencapai bentuk dewasa.

- o Mengamati metamorfosis hewan tertentu (serangga, katak). Hasilnya dapat berupa gambar atau bagan. Melalui diskusi dengan bantuan model atau carta ditanamkan konsep perkembangan hewan.

13. Siswa memahami gerak pada tumbuhan melalui pengamatan, interpretasi, dan diskusi.

GERAK PADA TUMBUHAN

13.1 Tumbuhan bergerak karena tekanan turgor, tumbuh, atau karena pindah yang disebabkan adanya rangsang.

13.1.1 Nasti meliputi gerak sebagian tumbuhan sebagai respons terhadap rangsang, dan arah gerak tidak ditentukan rangsang.

- o Mengamati arah gerak tumbuhan sikejut (*Mimosa sp.*) yang disebabkan rangsang sentuhan, dan rangsang lainnya dengan kekuatan yang berbeda. Berdasarkan hasil pengamatan dibahas pola gerakannya.
- o Dijelaskan pula berbagai gerak nasti lain, misal mekarnya bunga.

13.1.2 Tropisme mencakup gerak bagian tubuh akibat tumbuh dengan arah gerak yang ditentukan oleh arah rangsang.

- o Mengamati tumbuh yang ditentukan oleh cahaya (fototropi), gaya tarik bumi (geotropi), air (hidrotropi), dan sentuhan (tigmotropi).
- o Melakukan eksperimen pada tumbuhan dengan memberikan atau meniadakan rangsang tertentu, misalnya cahaya. Hasilnya diinterpretasikan dan disimpulkan.

13.1.3 Taksis meliputi gerak pindah yang arahnya ditentukan rangsang.

- o Mengamati reaksi *Euglena* atau *Chlamydomonas* terhadap rangsang cahaya, hasilnya didiskusikan dan disimpulkan. Dijelaskan pula bahwa gerak spermatozoid mendekati ovum pada lumut merupakan kemotaksis.

14. ***Siswa memahami mekanisme gerak pada hewan vertebrata melalui pengamatan dan diskusi.***

MEKANISME GERAK PADA HEWAN VERTEBRATA

14.1 Gerak pada hewan vertebrata melibatkan tulang dan otot sebagai alat gerak.

14.1.1 Rangka pada vertebrata digerakkan oleh otot yang melekat pada tulang, yang berhubungan melalui persendian.

- o Mengamati bermacam-macam hubungan tulang dan persendian yang menghasilkan gerak bervariasi. Menggunakan model persendian, awetan vertebrata, dan model rangka manusia didemonstrasikan hubungan dan gerak tulang-tulang.
- o Mendiskusikan macam-macam kerja otot yang menggerakkan tulang. Dijelaskan pula fungsi dan cara kerja otot polos, otot jantung, dan otot lurik. Otot berkontraksi akibat rangsang saraf motorik. Energi untuk kontraksi berasal dari ATP hasil oksidasi zat makanan. Kontraksi didemonstrasikan melalui pemberian rangsang (listrik, asam, panas) pada otot betis katak kemudian hasil pengamatan didiskusikan.

- o Mendiskusikan kelainan dan gangguan pada tulang dapat terjadi karena kekurangan vitamin D, penyakit (arthritis), kecelakaan atau karena kebiasaan yang salah dalam waktu lama. Didiskusikan macam-macam kelainan dan gangguan pada tulang.

14.1.2 Mekanisme gerak serabut otot meliputi gerakan filamen aktin dan miosin yang memerlukan ATP.

- o Dijelaskan dengan carta sel otot lurik terdiri atas serabut halus (miofibril). Miofibril terdiri atas dua macam protein yang dapat berkontraksi berupa aktin dan miosin. Dijelaskan pula proses kontraksi otot yang memerlukan ATP dan penyebab otot tersebut tampak lurik.

Caturwulan : 2 (48 jam pelajaran)

15. *Siswa memahami transportasi pada tumbuhan melalui interpretasi hasil percobaan, tanya jawab, serta diskusi.*

TRANSPORTASI PADA TUMBUHAN

15.1 Pengangkutan bahan-bahan pada tumbuhan terjadi melalui proses difusi, osmosis, dan transpor aktif.

15.1.1 Tumbuhan mengambil bahan untuk hidupnya dari lingkungannya.

- o Melakukan percobaan proses osmosis dengan menggunakan kentang atau selofan, kemudian dilanjutkan dengan tanya jawab mengenai hasil yang pindah.
- o Mendiskusikan tumbuhan mengambil CO_2 dan O_2 dari udara, air dan unsur-unsur dari dalam tanah melalui membran sel bulu akar dengan cara difusi dan osmosis, dan transpor aktif. Ditekankan bahwa osmosis adalah difusi molekul-molekul air melalui selaput atau membran plasma yang permeabel selektif. Ditekankan pula transpor aktif yang menggunakan energi untuk pemindahan zat dari konsentrasi rendah ke konsentrasi tinggi melalui membran plasma.

15.1.2 Pengangkutan air dan zat terlarut melalui pembuluh kayu (xilem).

- o Melakukan percobaan merendam pangkal batang tumbuhan (misalnya pacar air) dalam cairan berwarna, antara lain larutan eosin.
- o Mendiskusikan laju transportasi diatur oleh transpirasi stomata dan dipengaruhi keadaan lingkungan, suhu, kelembapan, dan angin.
- o Melakukan percobaan dengan potometer untuk mengukur kecepatan transpirasi serta pengaruh suhu, kelembapan, dan angin terhadap penguapan.
- o Diperagakan transpirasi melalui percobaan dengan kertas kobalt pada kedua permukaan daun untuk membandingkan jumlah stomatanya. Hasilnya didiskusikan dan disimpulkan.

15.1.3 Pengangkutan hasil fotosintesis melalui pembuluh tapis (floem).

- o Mendiskusikan proses pengangkutan hasil fotosintesis (translokasi) terjadi melalui floem dan dapat ditunjukkan pengelupasan kulit pada cangkok, pengeluaran getah, dan pembentukan kalus.

16. *Siswa memahami sistem sirkulasi pada hewan dan manusia melalui interpretasi, pengamatan percobaan, dan diskusi.*

SISTEM SIRKULASI PADA HEWAN DAN MANUSIA

16.1 Sistem sirkulasi pada hewan dan manusia melibatkan alat sirkulasi dan proses sirkulasi.

16.1.1 Sirkulasi pada hewan meliputi difusi, sistem peredaran darah terbuka, dan sistem peredaran darah tertutup.

- o Mendiskusikan sirkulasi pada hewan dengan cara difusi.
- o Mendiskusikan sistem peredaran darah terbuka dan sistem peredaran tertutup.
- o Mendiskusikan dengan menggunakan carta perbedaan sistem peredaran darah terbuka dengan sistem peredaran tertutup.

- o Melakukan pengamatan sistem peredaran darah terbuka pada *Daphnia* dan *Moina*.
- o Melakukan pengamatan sistem peredaran darah pada katak dan pembuluh kapiler sirip ikan atau selaput pada jari-jari katak.
- o Mengamati struktur butir darah katak atau ikan tersebut.

16.1.2 Sistem sirkulasi pada manusia mempunyai persamaan dengan sistem sirkulasi mamalia lainnya.

- o Ditunjukkan sistem sirkulasi pada manusia dengan menggunakan model jantung manusia dan pembuluh darah di sekitarnya termasuk pembuluh koroner. Dijelaskan perbedaan arteri, vena, dan kapiler dengan menggunakan carta.
- o Mendiskusikan dengan menggunakan carta peredaran dan fungsi getah bening (limfe).
- o Menghitung dan mendiskusikan perbedaan denyut jantung per menit pada waktu istirahat dan setelah ada kegiatan (jalan atau lari). Mendiskusikan arti tekanan sistol dan diastol dan pengertian tekanan darah tinggi. Mengamati sel-sel darah dari sediaan darah.
- o Didiskusikan kelainan dan penyakit pada sistem sirkulasi seperti anemia, leukemia, dan penyakit jantung.
- o Mendiskusikan komposisi darah, pembekuan darah, golongan darah, dan transfusi darah. Didiskusikan pula perbedaan darah manusia dan hewan mamalia lain.

16.1.3 Sel darah putih mempunyai peranan dalam perlindungan tubuh.

- o Dijelaskan sel-sel darah putih mempunyai peranan dalam kekebalan tubuh. Limfosit dapat menghasilkan antibodi sesuai dengan antigen yang akan dilawannya. Sedangkan sel darah putih lain memakan bakteri, virus, dan protein asing yang masuk ke dalam tubuh, dengan cara fagositosis.
- o Mendiskusikan imunitas alami dan imunitas buatan.

17. *Siswa memahami makanan dan sistem pencernaan makanan melalui interpretasi hasil percobaan dan diskusi.*

SISTEM PENCERNAAN MAKANAN

17.1 Sistem pencernaan makanan menjelaskan fungsi makanan dan pencernaan makanan.

17.1.1 Zat makanan terdiri atas karbohidrat, lemak, protein, mineral, vitamine dan air.

- o Mendiskusikan macam-macam zat makanan beserta struktur kimia. Melakukan percobaan untuk menguji secara sederhana adanya karbohidrat, protein, lemak, dan vitamine pada makanan.
- o Mendiskusikan pula zat makanan yang berperan sebagai penghasil energi, sebagai pembangun, dan sebagai zat pengatur.
- o Dijelaskan pentingnya protein yang harus ada dalam makanan terutama yang mengandung asam amino esensial. Dijelaskan pula adanya lemak esensial.
- o Mendiskusikan pula zat-zat yang mengganggu kesehatan, misalnya zat pewarna, zat pengawet, dan banyaknya kolesterol.

17.1.2 Pencernaan makanan mengubah bahan makanan menjadi molekul-molekul yang dapat diserap usus.

- o Mendiskusikan proses pencernaan makanan. Melakukan percobaan fungsi enzim ptialin dengan pengaruh suhu dan keasaman yang berbeda. Mendiskusikan peran enzim-enzim pencernaan yang berasal dari lambung, pankreas, dan usus serta fungsi garam empedu.
- o Dijelaskan penampang melintang usus dengan villi yang mengandung pembuluh kapiler dan pembuluh kil, serta proses penyerapan zat makanan sampai masuk ke pembuluh kapiler dan pembuluh kil.
- o Dijelaskan peranan serat makanan dalam proses pencernaan makanan.
- o Mendiskusikan pula gangguan dan kelainan pada sistem pencernaan, misalnya tukak lambung dan sembelit.

17.1.3 Pencernaan makanan hewan memamah biak mempunyai kekhususan karena adanya perbedaan struktur.

- o Dijelaskan beberapa tambahan sistem pencernaan pada beberapa jenis mamalia. Lambung hewan memamah biak mempunyai tambahan ruang yang berperan untuk tempat bersimbiosis antara hewan memamah biak dengan bakteri dan ciliata.
- o Dijelaskan pula peran enzim selulase yang dihasilkan oleh bakteri dan ciliata. Bakteri ini mempunyai kemampuan untuk mencernakan selulosa di luar tubuh dalam pembuatan gas bio (CH_4) sebagai energi alternatif.

18. *Siswa memahami sistem respirasi dengan merencanakan dan melakukan percobaan, serta mendiskusikan hasilnya.*

SISTEM RESPIRASI

18.1 Sistem respirasi meliputi alat-alat respirasi dan proses respirasi.

18.1.1 Respirasi pada hewan bervariasi, misalnya dengan paru-paru, insang, kulit, dan trakea.

- o Dijelaskan struktur berbagai alat respirasi pada hewan secara umum. Dijelaskan pula secara khusus sistem respirasi pada burung yang mempunyai parabronki.
- o Mendiskusikan pertukaran O_2 dan CO_2 pada proses inspirasi dan ekspirasi pada paru-paru burung. Mengamati sistem trakea pada serangga.
- o Melakukan percobaan respirasi dengan menggunakan respirometer sederhana dengan mengubah faktor-faktor yang mempengaruhi respirasi, misalnya: bobot tubuh dan aktivitas tubuh.

18.1.2 Respirasi pada manusia dilakukan dengan paru-paru. Inspirasi dan ekspirasi terjadi karena perbedaan tekanan udara pada rongga dada.

- o Dijelaskan bagian-bagian alat dan proses respirasi pada manusia yang berhubungan dengan pernapasan perut dan pernapasan dada.
- o Melakukan pengukuran volume udara tidal, vital, dan lainnya dengan alat sederhana. Hasilnya dibahas dan disimpulkan ada tidaknya variasi

volum-volum udara itu.

- o Melakukan percobaan tentang kandungan O_2 dan CO_2 udara dan udara pernapasan dengan reagen NaOH atau KOH dan pirogalol.
- o Mendiskusikan kelainan dan penyakit pada sistem respirasi.

19. Siswa memahami sistem ekskresi melalui interpretasi, pengamatan percobaan, dan diskusi.

SISTEM EKSRESI

19.1 Sistem ekskresi pada hewan meliputi alat ekskresi dan proses ekskresi.

19.1.1 Sistem ekskresi invertebrata bermacam-macam dan lebih sederhana daripada ginjal.

- o Mengamati preparat lipas atau belalang dengan pembedahan atau menginterpretasikan gambar untuk memahami struktur dan letak pembuluh Malpighi serta hubungannya dengan sistem pencernaan.
- o Dijelaskan pula bermacam-macam alat ekskresi pada hewan invertebrata seperti sel nyala pada cacing pipih, nefridium pada cacing tanah, dan pembuluh Malpighi pada serangga.

19.1.2 Sistem ekskresi manusia dan vertebrata lainnya yang meliputi paru-paru, kulit, ginjal, dan hati mengeluarkan sisa metabolisme.

- o Dijelaskan bahwa ekskresi mengeluarkan sisa metabolisme melalui paru-paru (CO_2 dan uap air), kulit (air dan garam tertentu), hati (zat warna empedu), dan ginjal (air, NH_3 , ureum, asam urat).
- o Dengan penampang membujur ginjal asli, carta atau model diamati bagian-bagian ginjal. Dijelaskan letak dan bagian-bagian nefron serta peranannya dalam pembentukan urine.
- o Melakukan uji urine. Membandingkan komposisi urine primer dan urine, untuk menjelaskan bagian nefron yang terlibat pada proses-proses pembentukan urine.

- o Dijelaskan gangguan pada ginjal terjadi karena penyakit, misalnya nefritis dapat merusak nefron dan menyebabkan gagal ginjal. Terbentuknya batu ginjal dipacu oleh kebiasaan yang salah, misalnya kurang minum atau sering menahan kencing.

Caturwulan : 3 (40 jam pelajaran)

20. *Siswa memahami sistem koordinasi melalui percobaan, interpretasi dan diskusi.*

SISTEM KOORDINASI

20.1 Sistem koordinasi meliputi sistem saraf, alat indera dan endokrin mengendalikan aktivitas berbagai bagian tubuh.

20.1.1 Sistem saraf yang meliputi saraf pusat dan susunan saraf tepi terdiri atas sel-sel saraf.

- o Dijelaskan fungsi sistem saraf yang memungkinkan berbagai aktivitas bagian tubuh bekerja teratur dan bersesuaian dengan tempatnya. Dijelaskan dengan menggunakan carta struktur saraf pusat dan saraf tepi.
- o Mendiskusikan lengkung refleks dan gerak refleks. Mengamati refleks pada katak dan mendiskusikan hasilnya. Dijelaskan hubungan antara pusat saraf dan saraf tepi yang mencakup 12 pasang saraf kranial, 31 pasang saraf spinal, dan susunan saraf otonom serta fungsinya.
Dijelaskan pula bahwa otak manusia menerima impuls dari berbagai organ sensorik, dan mengirimkan perintah ke efektor (otot dan kelenjar). Dijelaskan pula prinsip penghantaran impuls melalui sel saraf dan sinapsis.
- o Dijelaskan saraf otonom mengendalikan organ-organ tertentu (jantung, lambung, dan lainnya) tanpa disadari.
- o Mendiskusikan dan menginterpretasikan keterangan dari berbagai bacaan tentang pemakaian obat-obatan yang tidak terkendali dan akibatnya

terhadap susunan saraf.

Ditekankan bahaya penggunaan obat-obatan dan narkotika terhadap sistem saraf.

20.1.2 Alat indera mempunyai reseptor khusus untuk mengenali perubahan lingkungan.

20.1.2.1 Mata mempunyai reseptor khusus untuk menangkap cahaya.

- o Dijelaskan struktur alat pelihat pada manusia dengan menggunakan model atau carta. Dijelaskan proses akomodasi. Mendiskusikan fungsi sel-sel kerucut dan sel-sel batang serta hubungannya dengan vitamine A.
- o Melakukan percobaan untuk memperlihatkan daerah bintik buta, luas pandangan, dan pengenalan benda-benda tiga dimensi.

20.1.2.2 Telinga mempunyai reseptor khusus untuk getaran dan keseimbangan.

- o Dijelaskan struktur alat pendengar pada manusia dengan menggunakan model atau carta.
- o Dijelaskan pula fungsi telinga luar, telinga tengah, telinga dalam, dan alat keseimbangan.
- o Melakukan simulasi dengan model cara kerja tiga saluran setengah lingkaran.

20.1.2.3 Kulit mempunyai reseptor khusus untuk tekanan, sentuhan, panas atau dingin, dan nyeri.

- o Dijelaskan dengan gambar bahwa kulit memiliki ujung-ujung saraf sensoris yang bervariasi yang terdapat dalam dermis dengan reseptor untuk panas, sentuhan, tekanan, nyeri, dan dingin.
- o Melakukan percobaan adaptasi reseptor pada kulit terhadap macam dan intensitas rangsang yang berbeda.

20.1.2.4 Pencium dan pengecap mempunyai reseptor khusus untuk zat kimia.

- o Dijelaskan dengan gambar struktur kuncup pengecap sebagai kumpulan sel-sel gustatori yang peka terhadap zat kimia berupa larutan di dalam cekungan pada selaput lendir lidah. Dijelaskan pula dengan gambar struktur sel-sel sensori pada selaput lendir yang berupa badan sel saraf dan melapisi rongga hidung. Badan sel saraf ini mempunyai dendrit berupa rambut-rambut kecil untuk menerima rangsang zat kimia berupa gas.
- o Melakukan percobaan adaptasi reseptor pencium dan pengecap terhadap macam dan intensitas rangsang yang berbeda.

20.1.3 Hormon dihasilkan oleh kelenjar endokrin dan mengatur pertumbuhan, keseimbangan internal reproduksi dan tingkah laku.

- o Ditunjukkan dengan menggunakan carta dan dijelaskan kelenjar-kelenjar endokrin (hipofisis, tiroid, paratiroid, pankreas, anak ginjal, ovarium, dan testis) yang masing-masing menghasilkan hormon-hormon tertentu yang ada hubungannya dengan kehidupan, misalnya hormon tumbuh (gigantisme dan kekerdilan), tiroksin (kretinisme), insulin (diabetes), hormon reproduksi (gonadotrofin, estrogen, progesteron, dan testosteron).
- o Dijelaskan manfaat hormon estrogen dan progesteron dalam teknologi KB.
- o Dijelaskan hormon sebagai bagian sistem koordinasi mempunyai hubungan erat dengan sistem saraf.

21. *Siswa memahami sistem reproduksi tumbuhan biji dan mamalia melalui diskusi dan pengamatan.*

SISTEM REPRODUKSI

21.1 Reproduksi meliputi proses menghasilkan organisme baru dari organisme sebelumnya.

21.1.1 Reproduksi tumbuhan berlangsung secara vegetatif atau generatif.

- o Mendiskusikan pengertian reproduksi vegetatif dan generatif pada tumbuhan dan contoh-contohnya.
- o Dijelaskan penyerbukan, pembuahan tunggal dan ganda dengan menggunakan carta.
- o Melakukan percobaan menumbuhkan serbuk sari pada larutan gula yang berbeda-beda konsentrasinya.
- o Mengamati bagian dalam alat reproduksi jantan dan betina pada bunga.

21.1.2 Mamalia bereproduksi secara seksual melalui fertilisasi yang biasanya terjadi dalam saluran telur dan embrio berkembang dalam uterus.

- o Dijelaskan dengan menggunakan carta atau model reproduksi pada mamalia, proses pembentukan sperma dan sel telur (ovum), dan bagian-bagian alat reproduksi laki-laki dan wanita. Didiskusikan macam-macam hormon yang berperan dalam daur menstruasi, kehamilan, dan proses persalinan.
- o Dijelaskan pula proses fertilisasi dan adanya selaput-selaput embrio dan plasenta dalam uterus. Ditekankan definisi fertilisasi sampai dengan singami. Didiskusikan perkembangan janin dalam uterus sampai terjadi kelahiran. Didiskusikan pula prinsip-prinsip kontrasepsi.

22. *Siswa memahami pemencaran organisme melalui diskusi hasil pengamatan.*

PEMENCARAN ORGANISME

22.1 Berbagai jenis organisme dapat memencar pada daerah yang luas atau sempit tergantung pada cara pemencarannya.

22.1.1 Pemencaran tumbuhan tanpa bantuan faktor luar ditentukan oleh alat pemencarannya.

- o Dijelaskan bahwa tumbuhan dapat menyebar di sekitarnya dengan alat pembiakannya berupa geragih, akar tinggal, tunas, dan biji.

- o Mengamati cara pemencaran tanpa bantuan faktor luar misalnya berbiak dengan geragih, akar tinggal, atau tunas. Didiskusikan pula penyebaran biji dengan gerak higroskopis.

22.1.2 Pemencaran tumbuhan dengan bantuan faktor luar.

- o Dijelaskan contoh pemencaran dengan bantuan faktor luar antara lain: bantuan angin (anemokori), air (hidrokori), dan hewan (zookori). Membandingkan ciri-ciri biji dan buah yang berbeda faktor penolong pemencarannya. Dijelaskan pula peranan manusia dalam pemencaran biji dan buah secara sengaja maupun tidak sengaja.

22.1.3 Pemencaran hewan karena migrasi dan faktor manusia.

- o Dijelaskan contoh pemencaran hewan karena migrasi antara lain burung pelikan yang melakukan migrasi dari Australia ke Indonesia.
- o Dijelaskan pula contoh pemencaran hewan karena faktor manusia, misalnya kelinci yang dibawa ke Australia dengan sengaja dan berkembang biak dengan pesat, lipas yang terbawa oleh manusia dari daratan Amerika ke tempat lain.

KELAS III

Tujuan Pembelajaran

23. *Siswa memahami struktur sel dan fungsi bagian-bagiannya melalui pengamatan dan penafsiran hasil kegiatan.*
24. *Siswa memahami reproduksi sel melalui pengamatan dengan mikroskop dan diskusi hasil kegiatan.*
25. *Siswa memahami metabolisme sel melalui percobaan dan diskusi hasil kegiatan.*
26. *Siswa memahami substansi genetika melalui diskusi dan penafsiran hasil pengamatan.*
27. *Siswa memahami pola-pola hereditas melalui diskusi dengan menggunakan carta dan model serta dapat menerapkan pemahamannya dalam mengerjakan tugas.*
28. *Siswa memahami hereditas pada manusia melalui diskusi dengan menggunakan bagan serta dapat menerapkan pemahamannya dalam mengerjakan tugas.*
29. *Siswa memahami mutasi melalui penjelasan dan diskusi.*
30. *Siswa memahami asal usul kehidupan melalui penafsiran dan diskusi.*
31. *Siswa memahami evolusi melalui simulasi sederhana dan diskusi untuk menafsirkan data hasil kegiatan.*
32. *Siswa memahami daerah persebaran makhluk hidup dan penyebabnya melalui diskusi hasil kegiatan.*
33. *Siswa memahami usaha manusia dalam pengembangan tanaman dan hewan melalui diskusi, penugasan, dan perencanaan penyelidikan.*
34. *Siswa memahami bioteknologi melalui penjelasan, merencanakan dan melakukan percobaan, serta diskusi hasil kegiatan.*

Caturwulan : 1 (84 jam pelajaran)

23. *Siswa memahami struktur sel dan fungsi bagian-bagiannya melalui pengamatan dan penafsiran hasil kegiatan.*

S E L

23.1 Sebagai unit terkecil makhluk hidup secara struktural dan fungsional, sel terdiri atas membran plasma, sitoplasma, nukleus, dan organel-organel lain yang masing-masing mempunyai fungsi khusus dan yang secara bersama menyusun sistem yang kompak.

23.1.1 Membran plasma meliputi 2 lapis senyawa lipida dan protein struktural dan membatasi isi sel dengan sekitarnya secara selektif.

o Dengan memakai carta atau model dijelaskan struktur molekul fosfolipida yang membentuk membran berlapis dua dengan protein integral (intrinsik) dan protein perifer (ekstrinsik). Dijelaskan pula bahwa struktur membran plasma sama dengan membran yang membentuk berbagai organel.

23.1.2 Transpor molekul-molekul zat melalui membran berlangsung secara difusi, osmosis, dan transpor aktif.

o Melakukan percobaan mengenai difusi dan osmosis di luar sel. Melakukan percobaan mengenai jaringan tumbuhan yang bersifat selektifpermeabel.

Dijelaskan terjadinya difusi melalui membran untuk asam lemak dan gliserol.

o Dijelaskan dengan gambar bagan proses transpor aktif, misalnya untuk pengangkutan glukosa dan asam amino.

23.1.3 Nukleus mengandung kromosom, nukleolus, dan matriks yang dibatasi dengan membran rangkap berpori.

o Dengan menggunakan alat peraga dijelaskan nukleus memiliki membran rangkap dan berpori, mengandung substansi genetika berupa DNA yang tersusun dalam kromosom, mempunyai nukleolus tempat sintesis RNA, dan matriks yang disebut

nukleoplasma.

- 23.1.4 Sitoplasma terdapat di dalam sel di luar nukleus, terdiri dari sitosol berupa koloid yang transparan, dan berbagai organel.
- o Dijelaskan dengan bantuan carta bagian-bagian sitoplasma yang terdiri dari sitosol (matriks) yang bersifat koloid dan organel-organel.
- 23.1.5 Retikulum endoplasma berupa sistem membran yang membentuk jalinan rongga-rongga yang berperan dalam sintesis protein, sintesis lemak, dan transpor materi di dalam sel.
- o Dijelaskan dengan menggunakan carta struktur retikulum endoplasma dan fungsinya dalam sintesis protein karena adanya ribosom, sintesis steroid, dan untuk transpor.
- 23.1.6 Ribosom sebagai partikel nukleoprotein yang bebas atau melekat pada retikulum endoplasma berfungsi sebagai tempat berlangsungnya sintesis protein.
- o Dengan menggunakan carta dijelaskan struktur ribosom. Dijelaskan pula bahwa ribosom merupakan organel yang terdiri dari RNA ribosom dan protein.
- 23.1.7 Badan mikro (peroksisom dan glioksisom) yang berupa organel-organel bermembran yang berasosiasi dengan organel lain mengandung enzim katalase dan oksidase.
- o Dijelaskan bahwa badan mikro (peroksisom yang terdapat pada sel hewan dan sel tumbuhan) mengandung enzim katalase yang berfungsi dalam metabolisme lemak dan fotorespirasi.
- 23.1.8 Kompleks Golgi memiliki struktur yang bervariasi dari yang amorf sampai kantung-kantung pipih yang bertumpuk, dan berguna untuk menambahkan glikosilat pada protein dan fungsi ekskresi.
- o Dijelaskan tentang struktur kompleks Golgi serta fungsinya dalam sekresi, pembentukan musin, dan sintesis dinding sel. Dijelaskan pula pada tumbuhan kompleks Golgi disebut diktiosom.

- 23.1.9 Lisosom mengandung kumpulan enzim hidrolitik untuk menguraikan berbagai substansi di dalam sel.
- o Dijelaskan fungsi lisosom pada semua sel eukariotik yang berisi enzim hidrolitik dan berperan dalam pencernaan intrasel yang diambil secara fagositosis atau mencernakan organel sel yang rusak.
- 23.1.10 Mitokondria mempunyai membran rangkap yang mengandung DNA dan ribosom dan berperan dalam respirasi sel.
- o Dijelaskan struktur mitokondria dengan gambar atau model dan fungsi mitokondria dalam respirasi sel pada tingkatan dekarboksilasi oksidatif, daur Krebs dan transfer elektron. Diinformasikan respirasi sel tersebut terjadi pada matriks mitokondria dan krista.
- 23.1.11 Kloroplas termasuk plastida yang mengandung klorofil, karoten, dan xantofil, dan mempunyai membran rangkap yang di dalamnya terdapat stroma dan grana, berperan dalam proses fotosintesis, serta mengandung DNA.
- o Dijelaskan struktur kloroplas dengan menggunakan carta. Ditunjukkan di dalam kloroplas terdapat klorofil, karoten, dan xantofil.
- 23.1.12 Mikrotubulus tersusun dari tubulin yang membentuk tabung/pipa, berperan dalam gerak.
- o Dengan menggunakan gambar atau model dijelaskan struktur mikrotubulus yang dapat membentuk silia, flagel atau benang-benang gelendong inti pada waktu pembelahan sel.
- 23.1.13 Mikrofilamen tersusun dari benang-benang protein dengan diameter sekitar 7 nm untuk berkontraksi.
- o Dijelaskan dengan carta bahwa mikrofilamen antara lain terdapat pada filamen otot berupa aktin dan miosin.
- 23.2 Sel tumbuhan memiliki organel tertentu yang berbeda dengan sel hewan.

23.2.1 Sel tumbuhan memiliki vakuola, plastida, dan dinding sel.

- o Mendiskusikan dengan carta ciri khas sel tumbuhan, yaitu memiliki vakuola, plastida, dan dinding sel.
- o Melakukan pengamatan sel-sel tumbuhan yang memiliki dinding sel yang berbeda-beda ketebalannya.
- o Dijelaskan pula peran dinding sel yang bersama vakuola berperan dalam turgiditas sel. Melakukan percobaan tentang turgiditas.

23.2.2 Sel hewan memiliki 2 sentriol di dalam sentrosom untuk pembelahan sel.

- o Mendiskusikan perbedaan organel-organel dalam sel tumbuhan dengan organel-organel dalam sel hewan dengan menggunakan gambar. Ditunjukkan sentrosom dan isinya.
- o Dijelaskan sentriol berperan sebagai kutub-kutub pembelahan pada waktu sel membelah.

24. *Siswa memahami reproduksi sel melalui pengamatan dengan mikroskop dan diskusi hasil kegiatan.*

REPRODUKSI SEL

24.1 Sel bereproduksi secara mitosis dan meiosis.

24.1.1 Mitosis terjadi pada perbanyakan sel tubuh, dan menghasilkan sel anak dengan jumlah kromosom sama dengan sel induk ($2n$).

- o Mengamati sediaan awetan kering atau sediaan segar ujung akar bawang merah/bombay tentang kedudukan kromosom pada fase-fase pembelahan. Berdasarkan gambar hasil pengamatan dibantu dengan carta atau model didiskusikan pengertian, proses, dan fase pembelahan secara mitosis.

24.1.2 Dalam meiosis terjadi tahap meiosis 1 (pembelahan reduksi) dan meiosis 2, yang masing-masing menghasilkan sel dengan jumlah kromosom tereduksi (n).

- o Menafsirkan gambar fase-fase pembelahan pada tahap meiosis 1 dan 2 terutama kedudukan dan jumlah kromosom masing-masing fase. Membandingkan mitosis dan meiosis.
- o Dijelaskan fungsi terjadinya reduksi untuk kelangsungan hidup spesies.

24.2 Gametogenesis berlangsung pada sel tertentu dalam alat perkembangbiakan.

24.2.1 Pembentukan gamet terjadi secara meiosis, berlangsung dalam alat perkembangbiakan jantan dan betina individu dewasa.

- o Membandingkan skema pembentukan gamet jantan dan pembentukan gamet betina, hasilnya didiskusikan.
- o Dijelaskan bahwa pada hewan gamet jantan dibentuk dalam testes dan gamet betina dalam ovarium.
- o Dijelaskan pula tentang pembentukan gamet pada tumbuhan berbiji. Pembentukan gamet jantan berlangsung dalam gametofit jantan (serbuk sari). Pembentukan gamet betina berlangsung dalam gametofit betina (kantung embrio di dalam bakal biji).

25. *Siswa memahami metabolisme sel melalui percobaan dan diskusi hasil kegiatan.*

METABOLISME SEL

25.1 Proses metabolisme di dalam sel melibatkan enzim dan berlangsung melalui respirasi (katabolisme) dan sintesis (anabolisme).

25.1.1 Enzim berperan dalam reaksi biokimia di dalam sel sebagai biokatalisator dan bekerjanya spesifik.

- o Dijelaskan dengan carta pengertian enzim yang meliputi komponen-komponen, cara kerja, dan sifat enzim.
- o Diberikan contoh-contoh dan peranan enzim yang terlibat dalam proses metabolisme.

25.1.2 Respirasi sel berlangsung melalui glikolisis, dekarboksilasi oksidatif, daur Krebs, dan rantai respirasi di dalam mitokondria. Produk antara pada respirasi sel dipakai sebagai bahan dasar untuk anabolisme.

- o Dijelaskan dengan menggunakan bagan bahwa tingkat glikolisis mengubah senyawa C₆ menjadi senyawa C₃. Dekarboksilasi oksidatif mengubah senyawa C₃ menjadi senyawa C₂ dan senyawa C₁ (CO₂), dan daur Krebs mengubah senyawa C₂ menjadi senyawa C₁ (CO₂). Pada tiap tingkat dilepaskan energi berupa ATP dan hidrogen. Hidrogen yang berenergi bergabung dengan akseptor hidrogen untuk dibawa ke transfer elektron agar energinya dilepaskan dan hidrogen dipertemukan dengan O₂ menjadi H₂O.
- o Dijelaskan dalam proses respirasi dihasilkan senyawa antara sebagai bahan dasar proses anabolisme.

25.1.3 Respirasi aerob melibatkan oksigen sebagai penerima hidrogen, respirasi anaerob melibatkan senyawa tertentu (asam piruvat, asetaldehid) sebagai penerima hidrogennya.

- o Membandingkan respirasi aerob dengan respirasi anaerob. Pada respirasi aerob hidrogen yang dibebaskan pada proses oksidasi harus bergabung dengan oksigen membentuk H₂O. Pada respirasi anaerob hidrogen bergabung dengan produk antara (asam piruvat atau asetaldehid) membentuk asam laktat atau alkohol.
- o Membandingkan perolehan energi pada kedua macam respirasi tersebut.

25.1.4 Fotosintesis terjadi pada kloroplas dalam dua tahap reaksi yaitu reaksi terang dan reaksi gelap.

- o Melakukan eksperimen untuk memeriksa komponen-komponen yang diperlukan dan hasil-hasil fotosintesis.
- o Didiskusikan reaksi terang yang berlangsung dalam grana untuk mengubah energi cahaya menjadi energi kimia. Reaksi gelap terjadi dalam stroma yang menggunakan energi kimia dan hidro-

gen hasil reaksi terang untuk fiksasi CO_2 menjadi karbohidrat.

- 25.1.5 Kemosintesis terjadi pada beberapa jenis bakteri yang menggunakan energi dari reaksi kimia anorganik sederhana untuk sintesis karbohidrat.
- o Dijelaskan kemosintesis memperoleh energi dari reaksi bahan anorganik sederhana yang diubah menjadi energi kimia untuk fiksasi CO_2 menjadi karbohidrat.
 - o Membandingkan banyaknya energi yang diperoleh dari foto- sintesis dan dari kemosintesis.
- 25.1.6 Lemak disintesis dari protein atau karbohidrat melalui asetil koenzim A dan gliserol yang berasal dari aldehyd fosfogliseraldehyd (PGAL).
- o Dijelaskan lemak dapat disintesis dari produk antara pada proses respirasi seperti gliser-aldehyd dan C_2 (asetil ko A).
 - o Dengan menggunakan bagan proses pernapasan sel ditunjukkan adanya bahan antara yang menjadi bahan dasar untuk sintesis lemak.
- 25.1.7 Sintesis protein di dalam sel tersusun dari asam amino.
- o Asam amino nonesensial dapat disintesis dari bahan antara dalam proses respirasi dan diamati dengan menggunakan bagan respirasi sel.
 - o Dibahas pula peranan protein sebagai pembangun, pembentuk enzim, sumber energi, pengatur asam basa darah, dan keseimbangan cairan tubuh, serta pembentuk antibodi.

26. *Siswa memahami substansi genetika melalui diskusi dan penafsiran hasil pengamatan.*

SUBSTANSI GENETIKA

26.1 Substansi genetika berupa senyawa kimia asam nukleat (DNA dan RNA) pembawa informasi genetika.

26.1.1 Kromosom membawa sifat individu.

- o Dijelaskan pengertian dan sifat materi kromosom antara lain: setiap jenis organisme memiliki jumlah kromosom tertentu, ada kromosom seks (X

dan Y) dan kromosom tubuh (autosom); pada sel soma (tubuh) kromosom berpasangan dan pada gamet tidak berpasangan.

- o Dengan menggunakan tabel jumlah kromosom berbagai individu, berlatih menentukan jumlah autosom dan kromosom seks pada sel-sel soma dan gamet, serta dijelaskan pengertian diploid dan haploid. Mengamati kromosom ujung akar bawang.

26.1.2 Gen sebagai substansi hereditas meliputi senyawa kimia penentu sifat individu.

- o Dijelaskan gen merupakan penentu sifat yang menyusun kromosom, di samping itu gen atau sekelompok gen dapat terletak pada kromosom dengan kedudukan tertentu (lokus). Dijelaskan pula genotip merupakan susunan gen dalam individu yang menentukan sifat yang tampak (fenotip). Bila pada suatu individu kedua gen pada pasangan gen tertentu sama, individu itu dikatakan dalam keadaan homozigot untuk sifat yang dikendalikan oleh pasangan gen tersebut.
- o Dengan menggunakan prinsip Mendel berlatih menulis genotip bila diketahui fenotipnya dan membaca fenotip dari beberapa genotip tertentu. Didiskusikan hubungan antara gen dan sifat yang ditimbulkan dengan diberi contoh.

26.1.3 Alel mencakup gen-gen yang terletak pada lokus yang sama pada kromosom homolog.

- o Dijelaskan bila pada suatu individu pasangan gen tertentu merupakan pasangan alel, individu itu dikatakan heterozigot untuk sifat yang dikendalikan oleh pasangan gen tersebut (contoh A dan a). Alel ganda merupakan sejumlah alel yang menempati lokus tertentu yang sama pada kromosom. Contoh pada sistem golongan darah ABO terdapat I^A , I^B , I^O atau i. Untuk lebih memahami alel ganda, dilakukan diskusi tentang golongan darah A, B, AB, O, dan latihan soal.

26.1.4 Nukleoplasma meliputi senyawa yang terdiri atas protein dan asam nukleat.

- o Dijelaskan pengertian dan pembentuk nukleoplasma. Pembentuk nukleoprotein ada dua macam,

yaitu asam deoksiribonukleat (DNA) dan asam ribonukleat (RNA). Di dalam sel nukleoprotein terdapat di dalam nukleus protein DNA dan juga di dalam sitoplasma protein RNA.

- 26.1.5 Asam deoksiribonukleat mencakup pasangan rangkaian nukleotid yang terpilin.
- o Dibahas dengan menggunakan model struktur substansi genetik menurut Watson dan Crick bahwa DNA berupa pasangan rangkaian nukleotid yang membentuk tangga tali terpilin. Nukleotid DNA terdiri atas molekul deoksiribosa, basa nitrogen, dan fosfat. Basa nitrogen pada DNA adalah golongan purin (adenin dan guanin) dan golongan pirimidin (sitosin dan timin). Molekul DNA dapat mengadakan replikasi membentuk DNA baru.
 - o Dilatihkan menulis urutan basa dari rangkaian DNA yang baru untuk lebih memahami replikasi.
 - o Membuat model DNA.
- 26.1.6 Asam ribonukleat meliputi rangkaian nukleotid tunggal.
- o Dijelaskan RNA merupakan rangkaian tunggal nukleotid. Nukleotid RNA dibentuk oleh molekul gula ribosa, basa nitrogen, dan fosfat. Basa nitrogen pada RNA adalah adenina dan guanina (golongan purin) serta sitosin dan urasil (golongan pirimidin).
- 26.1.7 Asam Deoksiribonukleat dan asam Ribonukleat berperan dalam sintesis protein.
- o Dijelaskan dengan carta tahap-tahap sintesis protein yaitu transkripsi (pembentukan RNA duta) dan translasi (pembentukan, RNA duta, dan RNA transpor).

Caturwulan : 2 (84 jam pelajaran)

27. Siswa memahami pola-pola hereditas melalui diskusi dengan menggunakan carta dan model serta dapat menerapkan pemahamannya dalam mengerjakan tugas.

POLA-POLA HEREDITAS

27.1 Pola-pola hereditas mencakup pewarisan sifat induk ke keturunannya melalui gamet dengan mengikuti aturan tertentu.

27.1.1 Penyimpangan semu dari persilangan dihibrid terjadi antara lain pada epistasis dan hipostasis.

- o Melakukan latihan dengan menggunakan kancing genetika, baling-baling genetika, papan catur, dan sebagainya untuk memperlihatkan perbandingan fenotip F_2 .
- o Dijelaskan tentang perbandingan fenotip F_2 pada persilangan dihibrid yang disebabkan adanya faktor-faktor tertutup atau berinteraksi.
- o Melakukan latihan tentang penyimpangan semu dengan menggunakan papan catur.

27.1.2 Tautan menunjukkan adanya dua atau lebih gen yang terdapat pada satu kromosom homolog.

- o Dijelaskan tautan dengan gambar atau model kromosom pada pembentukan gamet. Tautan terjadi bila dua atau lebih gen diturunkan bersama-sama pada generasi berikutnya.

27.1.3 Pindah silang terjadi bila ada pertukaran bagian kromatid dari pasangan kromosom homolog pada meiosis.

- o Dijelaskan dengan model atau gambar bahwa pada pembelahan meiosis kromatid pasangan kromosom homolog akan bersilangan dengan kromatid pasangan kromosom homolog lainnya. Akibatnya akan terjadi pertukaran bagian kromatid, sehingga akan diperoleh macam gamet yang lebih banyak. Pada pindah-silang akan diperoleh turunan F_2 yang mirip induk dan yang memiliki sifat yang berbeda lain dengan induknya.

27.1.4 Penentuan jenis kelamin (determinasi seks) terutama ditentukan oleh komposisi kromosom seks.

- o Dengan menggunakan carta dijelaskan macam kromosom seks yang akan menentukan jenis kelamin suatu individu. Determinasi seks pada berbagai organisme tidak sama. Penentuan jenis kelamin dengan simbol X dan Y; individu jantan

manusia dan lalat buah pasangan kromosom seksnya XY dan yang betina XX. Pada aves, kupu-kupu dan beberapa jenis ikan, individu betina pasangan kromosom seksnya XY, dan XX untuk individu jantan.

27.1.5 Tautan seks menunjukkan adanya pewarisan sifat didasarkan pada gen yang terdapat pada kromosom seks.

- o Dijelaskan tautan seks yang dapat terjadi pada kromosom X maupun kromosom Y. Sifat buta warna dan hemofilia ditentukan oleh gen yang terdapat pada kromosom seks X.

Telinga berambut dan kulit menanduk merupakan contoh tautan kromosom Y.

- o Latihan persilangan dilakukan untuk menambah pengertian tentang tautan seks.

27.1.6 Gagal berpisah terjadi bila kromosom homolog tidak berpisah pada meiosis.

- o Dijelaskan dengan menggunakan bujur sangkar punnett (papan catur) mengenai pembastaran lalat buah yang mengalami gagal berpisah. Pada meiosis terjadi kegagalan pemisahan kromosom homolog tertentu, sehingga ada gamet yang tidak memiliki kromosom dan ada gamet yang memiliki kromosom kelebihan jumlah.

- o Dijelaskan akibat dari gagal berpisah terdapat kelainan-kelainan sifat pada individu hasil pembuahan gamet-gamet itu.

27.1.7 Gen letal menjadi penyebab kematian pada individu yang kromosomnya memiliki gen tersebut.

- o Mendiskusikan data hasil eksperimen para ahli tentang gen letal. Gen letal pada umumnya bersifat resesif dan akan menimbulkan kematian bila dalam keadaan homozigot. Contoh gen letal antara lain gen warna rambut kuning pada tikus dan albino pada kacang jagung.

28. Siswa memahami hereditas pada manusia melalui diskusi dengan menggunakan bagan serta dapat menerapkan pemahamannya dalam mengerjakan tugas.

HEREDITAS PADA MANUSIA

28.1 Sifat-sifat manusia diturunkan pada turunannya mengikuti pola pewarisan tertentu.

28.1.1 Cacat dan penyakit bawaan dapat diwariskan melalui gen.

- o Berdasarkan pengertian tautan seks yang telah dipelajari, dijelaskan beberapa cacat tubuh dan penyakit pada manusia yang dapat diwariskan. Cacat penyakit yang diwariskan disebabkan oleh gen yang terdapat pada autosom atau dapat pula pada kromosom seks. Contoh: albino, buta warna, dan hemofilia.
- o Latihan persilangan tentang cacat dan penyakit bawaan pada manusia.

28.1.2 Golongan darah manusia diwariskan melalui gen.

- o Dijelaskan berdasarkan pengetahuan yang telah didapat sebelumnya tentang golongan darah A, B, dan O yang ditentukan oleh adanya alel ganda. Kemudian dijelaskan pula golongan darah lainnya dari manusia yaitu golongan darah MN dan faktor Rh (Rhesus). Latihan soal penyilangan dilakukan untuk menambah pengertian ini.

29. *Siswa memahami mutasi melalui penjelasan dan diskusi.*

MUTASI

29.1 Mutasi terjadi karena adanya perubahan DNA dan kromosom.

29.1.1 Perubahan dapat terjadi pada tingkat DNA, gen, dan kromosom.

- o Dijelaskan substansi genetika makhluk hidup dapat berubah strukturnya karena perubahan yang terjadi pada DNA. Perubahan tersebut bersifat menurun yang dapat mengakibatkan mutasi gen dan mutasi kromosom. Mutasi gen merupakan perubahan struktur DNA (jumlah/susunan) pada satu lokus. Mutasi kromosom ditandai dengan perubahan jumlah kromosom dan perubahan struktur atau urutan susunan DNA pada kromosom.

- 29.1.2 Mutasi dapat terjadi secara alami dan buatan.
- o Dijelaskan peristiwa dan contoh-contoh mutasi dapat terjadi secara alami yang penyebabnya tidak diketahui.
 - o Dijelaskan pula mutasi dapat sengaja dibuat dan disebut sebagai mutasi buatan, misalnya dengan radiasi sinar x dan penyisipan DNA.
- 29.1.3 Mutagen penyebab mutasi dapat berupa zat kimia atau faktor fisik (radiasi, dan lain-lain).
- o Mendiskusikan pengertian dan macam mutagen sebagai penyebab mutasi. Mengerjakan tugas mempelajari artikel tentang pengaruh jenis mutagen tertentu yang spesifik yang mungkin terjadi pada makhluk hidup hingga dia menjadi mutan.
 - o Mendiskusikan mutasi yang disebabkan karena iradiasi dapat berdampak positif atau negatif.

30. Siswa memahami asal usul kehidupan melalui penafsiran dan diskusi.

ASAL-USUL KEHIDUPAN

30.1 Kehidupan berasal dari zat-zat anorganik yang secara bertahap mengalami perubahan menjadi makromolekul organik dan diperkirakan dimulai di lautan.

- 30.1.1 Evolusi kimia dimulai dari atmosfer purba yang dengan bereaksinya bahan-bahan anorganik dengan energi dari halilintar membentuk senyawa organik secara bertahap di samudra, dan kemudian membentuk senyawa makromolekul sebagai komponen-komponen pembentuk sel.
- o Diperlihatkan diagram yang menunjukkan tahap-tahap terbentuknya senyawa-senyawa organik makromolekul dari bahan-bahan anorganik. Kemudian mendiskusikan tahap-tahap pembentukannya, atau diminta mempertelakan kaitan informasi yang terdapat dalam diagram.

- 30.1.2 Evolusi biologi dimulai di cekungan-cekungan di pantai.
- o Dijelaskan makromolekul-makromolekul terkonsen-

- trasi di cekungan secara progresif akibat kondisi yang relatif kering dengan bantuan ATP dan enzim-enzim terjadi percepatan reaksi, sehingga terbentuk membran struktural serta fibril internal sebagai bagian sel primitif.
- o Dijelaskan kemungkinan terbentuknya kehidupan pada tahap pertama sekali.
 - o Dijelaskan kemungkinan dimulainya evolusi dari laut ke darat dengan menggunakan analogi perkembangan invertebrata dari air ke darat.
 - o Dijelaskan proses evolusi secara bertahap dengan menggunakan carta atau alat peraga lainnya.

31. Siswa memahami evolusi melalui simulasi sederhana dan diskusi untuk menafsirkan data hasil kegiatan.

EVOLUSI

31.1 Evolusi menjelaskan perkembangan makhluk hidup secara bertahap dalam jangka waktu lama dari bentuk sederhana menuju bentuk yang kompleks.

31.1.1 Fenomena evolusi menjelaskan perubahan ciri makhluk hidup karena seleksi alam dan bersifat menurun.

- o Ditunjukkan beberapa contoh spesies tertentu di masa silam yang telah musnah dan kemiripannya dengan spesies yang ada sekarang.
- o Dijelaskan pengertian evolusi, perkembangan teori evolusi (Lamarck - Darwin - Wallace, dsb) dan hubungannya dengan perkembangan Ilmu Pengetahuan.
- o Dijelaskan kemampuan adaptasi terhadap lingkungan yang menyebabkan terjadinya variasi yang mengarah pada terbentuknya spesies baru. Melakukan simulasi proses seleksi alam.

31.1.2 Adanya evolusi diperlihatkan melalui fosil, homologi, dan embriologi perbandingan.

- o Dengan contoh-contoh atau gambar fosil dibahas pengertian fosil dan fungsinya sebagai catatan sejarah perkembangan makhluk hidup.
- o Dengan contoh-contoh dan gambar ditunjukkan

pengertian homolog (asal sama, fungsi berbeda), misalnya antara tangan manusia, dengan kaki depan kuda, sayap burung, dan sirip ikan.

- o Dengan menggunakan gambar mengenai perkembangan embrio dijelaskan persamaan pada fase-fase tertentu yang menunjukkan adanya kekerabatan.
- o Dijelaskan pula ontogeni sebagai sejarah perkembangan individu mulai dari zigot sampai dewasa dan dapat dianggap sebagai ulangan singkat filogeni. Dengan mengungkap pengertian ontogeni dijelaskan adanya perkembangan makhluk hidup dari tingkat terendah sampai tingkat tertinggi sekarang (filogeni).

31.1.3 Mekanisme evolusi menjelaskan peristiwa evolusi yang dapat disebabkan oleh adanya mutasi gen dan seleksi alam pada suatu populasi.

- o Dijelaskan mutasi gen pada populasi terjadi secara tak terduga dan dapat memberi peluang untuk terjadinya evolusi, misalnya terjadi rekombinasi gen pada turunan baru. Individu yang telah mengalami mutasi ada yang dapat bertahan hidup dan ada yang punah. Yang sintas (bertahan hidup) dapat menurunkan zuriat (filial) dengan sifat-sifat yang telah berubah.
- o Dijelaskan hukum Hardy-Weinberg yang menyatakan hubungan antara frekuensi gen dan frekuensi genotipe pada suatu populasi, serta syarat-syarat berlakunya. Dengan menggunakan contoh perhitungan dan carta dibahas hukum Hardy-Weinberg yang menyatakan bahwa gen dominan dan gen resesif pada suatu populasi cenderung akan tetap dari generasi ke generasi. Latihan soal hukum Hardy-Weinberg dibahas sebagai pemantapan pemahaman.
Dijelaskan pula kaitan antara ketidakberlakuan hukum Hardy-Weinberg dan evolusi.

32. *Siswa memahami daerah persebaran makhluk hidup dan penyebabnya melalui diskusi hasil kegiatan.*

BIOGEOGRAFI

- 32.1.1 Radiasi adaptif menunjukkan terjadinya evolusi dari jenis hewan tertentu karena adanya isolasi geografi menjadi berbagai spesies baru karena penyesuaian diri dengan cara hidup yang berbeda.
- o Dijelaskan dengan contoh radiasi adaptif burung *finch* di kepulauan Galapagos, dan contoh radiasi adaptif lain di berbagai daerah di muka bumi.
 - o Didiskusikan contoh radiasi adaptif di Indonesia.
- 32.1.2 Persebaran organisme di muka bumi dipengaruhi oleh beberapa faktor sawar (barier) geografi atau sawar reproduksi, dan endemisme.
- o Dijelaskan terjadinya isolasi karena hambatan faktor geografi keterbatasan makhluk hidup dalam kemampuan struktur dan fungsinya, sehingga membatasi penyebarannya. Sawar geografi menyebabkan terjadinya isolasi reproduksi dan adanya organisme endemis.
 - o Untuk pemantapan didiskusikan masalah menyusutnya jumlah populasi makhluk hidup tertentu, juga variasinya. Misalnya populasi harimau di Sumatra, Jawa, dan Bali.
- 32.1.3 Persebaran hewan meliputi daerah neartik, neotropik, australia, oriental, paleartik, dan ethiopia yang masing-masing mempunyai ciri khas.
- o Dijelaskan dengan carta persebaran hewan di bumi pada daerah-daerah tertentu akibat pergeseran daratan, dan sawar persebaran (sawar: gunung, laut, padang pasir, iklim), dan koridor. Daerah-daerah tersebut dihuni oleh jenis-jenis organisme yang khas, contoh: zebra dan jerapah di Afrika (Ethiopia), gajah dan harimau di Asia (Oriental), kanguru di Australia.
- 32.1.4 Persebaran hewan di Indonesia meliputi daerah Oriental dan Australia dengan pembatas garis Wallace.
- o Dijelaskan persebaran hewan di Indonesia dengan ciri khas daerah Oriental di Kawasan Barat Indonesia dan daerah Australia di Kawasan Timur Indonesia.

Untuk memantapkan penguasaan sub konsep ini, dijelaskan masalah adanya hewan-hewan yang sama di daerah berbeda umpamanya tapir di Amerika Selatan dan di Sumatera.

- o Dijelaskan garis Wallace merupakan pembatas daerah Oriental dan Australia.

32.1.5 Persebaran tumbuhan di muka bumi berdasarkan adanya sawar iklim karena letak garis lintang dan ketinggian tempat.

- o Dijelaskan dengan adanya perubahan tipe-tipe biom menurut ketinggian dan lintang. Mendiskusikan faktor-faktor penyebabnya.

32.1.6 Flora Malesiana memperlihatkan pemusatan keanekaragaman tumbuhan yang tinggi.

- o Dijelaskan Malesiana sebagai suatu kawasan botani dunia yang meliputi Indonesia, Malaysia, Philipina, Papua Nugini, dan Salomon.
- o Mendiskusikan pola persebaran tumbuhan dan kekayaan flora Malesiana, misalnya meranti, durian, raflesia, matoa, dan salak.

Caturwulan : 3 (56 jam pelajaran)

33. *Siswa memahami usaha manusia dalam pengembangan tanaman dan hewan melalui diskusi, penugasan, dan perencanaan penyelidikan.*

UPAYA MANUSIA DALAM PENGEMBANGAN SUMBER DAYA HAYATI

33.1 Manusia mengolah dan mengembangkan keanekaragaman tumbuhan dan hewan untuk meningkatkan pemanfaatannya bagi manusia.

33.1.1 Revolusi hijau merupakan pengembangan teknologi pertanian untuk meningkatkan produksi bahan pangan sebagai sumber karbohidrat, lemak, protein, mineral, dan vitamine.

- o Dijelaskan peningkatan produksi pangan ditujukan terutama untuk biji-bijian, golongan kacang-kacangan dan sayur-sayuran.

tein, mineral, dan vitamine.

- o Dijelaskan peningkatan produksi pangan ditujukan terutama untuk biji-bijian, golongan kacang-kacangan dan sayur-sayuran.

(Dengan contoh-contoh dan gambar dijelaskan pula pengertian revolusi hijau dan sejarah perkembangannya yang dimulai di Mexico tahun 1950. Contoh revolusi hijau di Indonesia adalah peningkatan produksi pangan melalui penggunaan bibit unggul dan intensifikasi pertanian.

33.1.2 Revolusi biru meliputi usaha manusia untuk memanfaatkan sumber daya hayati laut untuk memenuhi kebutuhan manusia (pangan terutama kebutuhan protein).

- o Dijelaskan pengertian revolusi biru sebagai suatu upaya memanfaatkan tumbuhan (misalnya ganggang) dan hewan (misalnya ubur-ubur). Diberi tugas mencari jenis-jenis hewan dan tumbuhan laut yang dapat dimanfaatkan manusia (pertambakan ikan, budidaya mutiara, penangkapan ikan di laut lepas dan rumpon).

33.1.3 Pemuliaan tanaman dan hewan dapat dilakukan dengan seleksi, hibridisasi, dan mutasi.

- o Diberikan contoh atau gambar tentang cara pemuliaan tumbuhan dan hewan yang dapat menghasilkan atau menemukan varietas unggul di antaranya dengan memanfaatkan kekayaan plasma nutfah melalui seleksi, persilangan, dan penyinaran radioaktif.
- o Ditugasi untuk mengunjungi atau widyawisata ke pusat-pusat pemuliaan tanaman dapat dilakukan untuk pemantapan.

34. *Siswa memahami bioteknologi, manfaatnya, dan bahayanya jika tak terkendali, melalui penjelasan, merencanakan dan melakukan percobaan, serta diskusi hasil kegiatan.*

BIOTEKNOLOGI

34.1 Bioteknologi melibatkan mikrobiologi, biokimia, dan rekayasa genetika untuk menghasilkan produk dan jasa.

34.1.1 Bioteknologi dikembangkan untuk meningkatkan nilai tambah bahan mentah dengan memanfaatkan kemampuan mikroorganisme atau bagian-bagiannya.

- o Dijelaskan digunakannya ilmu-ilmu lain dalam bioteknologi untuk menerapkan teknologi dalam memanfaatkan kemampuan mikroorganisme atau bagian-bagiannya.
- o Dengan memberikan artikel-artikel mengenai hasil-hasil bioteknologi dari majalah atau surat kabar didiskusikan kegunaan dan peranan bioteknologi di masa depan.
- o Mendiskusikan bahwa sejak dahulu perkembangan bioteknologi itu telah dilaksanakan sejak dahulu kala dan membandingkannya dengan bioteknologi modern.

34.1.2 Mikroorganisme dapat menjadi bahan pangan ataupun mengubah bahan pangan menjadi bentuk lain.

- o Dijelaskan melalui contoh dan mendiskusikan mikroorganisme yang dapat dimakan atau mengubah bahan makanan.

Mendapat tugas melakukan percobaan membuat bahan pangan dengan menggunakan mikroorganisme, seperti tempe, oncom, tapai, dan makanan lainnya.

- o Mendiskusikan dan merencanakan perbaikan teknologi pembuatan makanan.
- o Berdasarkan penjelasan mengenai pembuatan bahan makanan baru (misalnya mikoprotein, protein sel tunggal) menganalisis untung ruginya makanan itu untuk kemanusiaan di masa depan.

34.1.3 Mikroorganisme dapat menghasilkan obat untuk penyembuhan penyakit yang disebabkan mikroorganisme maupun penyakit karena gangguan fisiologis.

- o Diinformasikan penemuan antibiotik dan vaksin yang pertama, kemudian mendiskusikan prinsip-prinsipnya sebagai dasar dalam perkembangan bioteknologi pembuatan obat.

34.1.4 Mikroorganisme dapat dimanfaatkan untuk membasmi

hama tanaman.

- o Dijelaskan bahwa dengan adanya mikroba yang menyebabkan sakit pada hama tertentu dan tidak menyebabkan penyakit bagi makhluk lain, mikroba itu dapat dibiakkan untuk dijadikan pestisida, misalnya *Bacillus thuringensis*.

34.1.5 Mikroorganisme dapat dimanfaatkan untuk menyelesaikan masalah pencemaran.

- o Dijelaskan dengan menggunakan bagan peran mikroorganisme sebagai filter, sebagai pencerna ikatan organik, dan sebagai pengurai dalam penanganan limbah
- o Dijelaskan juga diperlukannya berbagai macam bakteri yaitu pengguna senyawa amonium, pengguna senyawa nitrat, dan pengguna senyawa fosfat.
- o Mendiskusikan dan menganalisis kapan diperlukan mikroba yang aerob dan kapan mikroba yang anaerob, sehingga terbentuk biogas atau CO₂ dan air sebagai hasil akhir.
Selanjutnya didiskusikan dan dicoba pembuatan kompos dari limbah rumah tangga, serta untung ruginya penggunaan kompos dalam pertanian.
- o Diinformasikan juga usaha-usaha untuk mengembangkan mikroorganisme yang mampu mencernakan pencemaran minyak, plastik, dan ikatan kimia lain yang tidak terdapat secara alami.

34.1.6 Logam dipisahkan mikroorganisme dari bijihnya.

- o Dijelaskan dengan menggunakan bagan peranan mikroorganisme dalam proses pembebasan logam dari bijihnya. Kemudian mendiskusikan dan menganalisis syarat hidup bakteri itu dan tahap-tahap reaksi pembebasan logam.
- o Mendiskusikan juga contoh bijih yang menguntungkan jika proses pembebasan logamnya menggunakan bioteknologi, misalnya emas, uranium, dan tembaga.

34.1.7 Sifat totipotensi pada tanaman dimanfaatkan untuk memperoleh anakan seragam dalam jumlah besar dan cepat.

- o Dijelaskan dengan bagan prinsip-prinsip kultur jaringan sehingga didapat anakan seragam dalam jumlah besar yang selanjutnya ditanam di kebun

atau secara hidroponik.

Kemudian mendiskusikan keuntungan-keuntungan kultur jaringan untuk peningkatan produksi pangan atau produk agroindustri lainnya.

34.1.8 Rekayasa genetika memanipulasikan gen untuk mendapatkan galur baru dengan cara penyisipan bagian gen.

o Diinformasikan bahwa bagian-bagian kromosom makhluk hidup dapat dipertukarkan. Dijelaskan melalui bagan cara rekayasa genetika secara sederhana, antara lain:

- a. identifikasi gen yang diinginkan (misalnya gen untuk insulin pada manusia);
- b. pemotongan kromosom dengan menggunakan enzim khusus untuk melepaskan gen;
- c. ekstraksi plasmid dari sel bakteri;
- d. pembukaan plasmid dengan menggunakan enzim lain;
- e. pemasangan gen ke dalam cincin plasmid;
- f. memasukkan plasmid ke dalam sel bakteri;
- g. penumbuhkembangan sel bakteri;
- h. pembentukan duplikat plasmid yang mengandung gen yang dipasang baru, dan pembuatan produk yang diharapkan (yaitu insulin).

Menganalisis dan mendiskusikan perbedaan antara mutasi rekayasa genetika dan mutasi lainnya.

o Mendiskusikan juga kemungkinan aplikasi rekayasa genetika untuk masa depan serta bahaya-bahaya yang mungkin timbul kalau rekayasa tersebut tak terkendali.

34.1.9 Dengan rekayasa genetika dikembangkan tumbuhan yang kebal penyakit dan dapat menambat nitrogen bebas dari udara yang lebih baik lagi.

o Dijelaskan bahwa pemupukan nitrogen buatan banyak menimbulkan kerugian karena meningkatnya kadar nitrat di perairan.

o Dengan adanya tumbuhan yang dapat menambat nitrogen bebas dari udara, baik karena sifat gennya maupun karena adanya bintil-bintil akar, dapat dikembangkan tumbuhan pangan yang dapat mengikat nitrogen bebas.

- o Diinformasikan adanya tumbuhan tahan penyakit seperti tembakau yang tahan virus mosaik.

34.1.10 Bioteknologi membuka cakrawala baru dalam bidang kedokteran.

- o Dijelaskan dengan menggunakan carta, prinsip-prinsip bioteknologi modern dalam pembuatan:
 - a. antibodi monoklonal dan poliklonal;
 - b. terapi genetika;
 - c. cara baru pembuatan antibiotik;
 - d. vaksin jenis baru.

