SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017

MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN

BIOLOGI

BAB I HAKEKAT BIOLOGI SEBAGAI ILMU

Dra. Ely Rudyatmi, M.Si.
Dra. Endah Peniati, M.Si.
Dr. Ning Setiati, M.Si.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

Kompetensi Inti Guru (KI)

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu.

Kompetensi Guru Mata pelajaran (KD)

Memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori biologi serta penerapannya secara fleksibel;

Memahami proses berpikir biologi dalam mempelajari proses dan gejala alam;

Menggunakan bahasa simbolik dalam mendeskripsikan proses dan gejala alam/biologi;

Memahami struktur (termasuk hubungan fungsional antar konsep) ilmu Biologi dan ilmu-ilmu lain yang terkait;

Bernalar secara kualitatif maupun kuantitatif tentang proses dan hukum biologi;

Menerapkan konsep, hukum, dan teori fisika kimia dan matematika untuk menjelaskan/ mendeskripsikan fenomena biologi.

PLPG 2017

A. HAKEKAT BIOLOGI SEBAGAI ILMU

Hakekat Biologi sebagai ilmu membawa konsekuensi pada bagaimana orang dalam menanggapi dan menghayati masalah ini. Ilmu atau ilmu pengetahuan adalah pengetahuan yang diperoleh dengan menggunakan metode ilmiah. Hal ini berarti bahwa Biologi atau ilmu yang mempelajari tentang makhluk hidup merupakan kebenaran ilmiah, Biologi sebagai ilmu akan terus berlaku sampai ada bukti baru yang menggugurkannya. Sebagai contoh gugurnya teori asal usul kehidupan yang menyatakan bahwa makhluk hidup berasal dari benda tidak hidup (abiogenesis) yang akhirnya gugur akibat ada teori baru yang menentangnya dan menggugurkannya yaitu teori asal usul kehidupan yang menyatakan bahwa adnya kehidupan berasal dari kehidupan sebelumnya (Biogenesis).

Bagaimana teori abiogenesis bisa ditumbangkan oleh teori Biogenesis? Biologi sebagai ilmu pengetahuan merupakan hasil serangkaian aktivitas akal manusia yang disusun secara sistematis, logis dan empiris. Berdasarkan hasil pengembangan dan kemajuan pemikiran manusia, ada beberapa kelemahan yang harus disempurnakan. Kesempurnaan pengembangan dan kemajuan pemikiran inilah yang dapat

menumbangkan teori-teori yang mempunyai kelemahan sampai buktinya tidak terbantahkan lagi. Hal inilah yang menjadikan semua ilmu pengetahuan pasti memiliki sifat atau ciri tertentu, sifat dan ciri ilmu pengetahuan tersebut adalah memiliki metode, memiliki obyek, bersifat sistematis, obyektif, universal, analitis, dan verifikatif. Adapun masing-masing sifat dan ciri yang dimaksud dari ilmu pengetahuan atau ilmu yang dihasilkan oleh hasil serangkaian aktivitas akal manusia adalah sebagai bertikut:

1. Memiliki metode

Ilmu pengetahuan berkembang mengikuti metode tertentu, artinya berkembangnya ilmu pengetahuan tidak terjadi secara kebetulan ataupun begitu saja tetapi mengikuti metode tertentu. Sebagai contoh untuk menemukan kebenaran asal usul kehidupan digunakan metode ilmiah, hasil yang diperoleh sampai bisa menunjukkan hasil yang tidak terbantahkan lagi. Jadi ilmu yang dikembangkan menggunakan metode ilmiah kebenarannya diakui secara ilmiah.

2. Memiliki obyek

Setiap ilmu memiliki obyek tertentu, yang membatasi bahan kajiannya. Sebagai contoh Biologi mengkaji obyek makhluk hidup yang ada maupun makhluk hidup yang pernah ada di dunia ini. Fisika mengkaji obyek benda-benda fisik, Kimia mengkaji obyek zat-zat penyusun senyawa dan reaksi yang terjadi.

3. Bersifat sistematis

Setiap ilmu, tersusun mulai dari yang sederhana ke yang kompleks. Dimana konsep-konsep yang mendasari harus mengandung hubungan atau keterkaitan yang saling mendukung. Contohnya dalam mempelajari Biologi, pada awalnya disajikan konsep tentang sel (bagian terkecil dari makhluk hidup), jaringan (merupakan kumpulan sel yang mempunyai struktur dan fungsi yang sama), organ (kumpulan dari berbagai macam jaringan yang saling berkoordinasi dan bekerja sama), sistem organ (kumpulan berbagai macam organ yang saling terkait dan bekerjasama), dan individu (kumpulan dari berbagai macam sistem organ yang saling berkoordinasi dan bekerjasama).

PLPG 2017

4. Bersifat Universal

Semua Ilmu mengandung kebenaran yang berlaku secara umum, artinya hukum-hukum, ataupun kaidah ilmu yang ada dalam suatu ilmu harus berlaku secara umum. Sebagai contoh dalam Biologi, kaidah tentang pembelahan mitosis yang merupakan cara pembelahan sel pada sel tubuh (sel soma), menghasikan dua sel anak yang mempunyai sifat sama persis dengan induknya , berlaku pada semua jenis organisme. Baik organisme yang termasuk monera, protista, fungi, plantae maupun animalia.

5. Bersifat obyektif

Semua pernyataan dalam suatu ilmu harus obyektif, artinya menggambarkan apa adanya, data dan informasi yang disajikan harus yang sebenarnya, bebas dari prasangka dan bersifat jujur. Jika ilmu tidak bersifat obyektif maka ilmu tersebut sulit untuk berkembang apalagi untuk dimanfaatkan bagi kesejahteraan manusia.

6. Bersifat analitis

Setiap Ilmu dalam kajiannya akan menuju ke hal-hal yang bersifat khusus, misalnya dalam mengkaji pernapasan pada manusia, akan menuju ke hal-hal yang lebih khusus seperti bagaimana struktur dan fungsi alat-alatnya, bagaimana mekanisme bekerjanya alat-alat tersebut, dan bagaimana struktur dan fungsi jaringan penyusunnya, dan lain sebagainya. Untuk memahami hal yang bersifat khusus ini perlu pengkajian yang khusus pula sehingga perlu adanya hubungan antar bagian yang dikaji sebagai hasil analisa. Oleh karena itulah setiap ilmu akan terbagi menjadi berbagai cabang ilmu dengan kajian yang lebih khusus. Dalam Biologi misalnya mempunyai cabang-cabang ilmu seperti fisiologi, anatomi, histologi, zoologi, botani dan ekologi.

7. Bersifat verifikatif

Kebenaran setiap ilmu yang merupakan hasil kerja metode ilmiah tidak bersifat mutlak melainkan bersifat terbuka atau verifikatif yang dikenal juga dengan kebenaran ilmiah. Hal ini berarti bahwa suatu teori yang semula dianggap benar bisa digugurkan bila suatu saat ditemukan bukti-bukti baru yang bisa menggugurkan kebenaran sebelumnya.

PLPG 2017

Contohnya terori abiogenesis yang menyatakan bahwa makhluk hidup berasal dari benda yang tidak hidup dapat digugurkan oleh *Louis Pasteur* dengan pecobaan leher angsanya. Hal ini dikarenakan bukti yang dikemukakan oleh *Louis Pasteur* tidak terbantahkan, sehingga teori abiogensis ditumbangkan oleh teori Biogenesis.

Berikut ini adalah hal-hal yang dapat mengarahkan pada pemahaman tentang hakikat biologi, sehingga akan lebih arif ketika akan mengembangkan pembelajaran biologi maka hal-hal tersebut di bawah ini diperhatikan.

1. *Biologi* sebagai kumpulan pengetahuan

Biologi merupakan bagian dari Ilmu Pengetahuan Alam (IPA), berasal dari dua kata yaitu *bios*, yang berarti hidup dan *logos* yang berarti ilmu/ilmu pengetahuan. Pengertian tersebut menunjukkan bahwa Biologi mencakup ilmu-ilmu atau pengetahuan yang berhubungan dengan kehidupan di alam semesta ini. Pengetahuan ini termasuk yang telah ditemukan sejak jaman dahulu, hingga penemuan pengetahuan yang paling baru. Pengetahuan tersebut dapat berupa **fakta**, **konsep**, **teori**, maupun **generalisasi** yang menjelaskan tentang gejala kehidupan.

2. Biologi sebagai suatu proses investigasi

Pemahaman tentang Biologi sebagai suatu proses investigasi (penelusuran/penyelidikan) diartikan bahwa Biologi selalu berhubungan dengan laboratorium beserta perangkatnya. Hal ini bisa dipahami karena sejak dahulu ketika mengembangkan biologi para ilmuwan dalam memberikan berbagai gagasan selalu melibatkan proses metode ilmiah. Dalam prosesnya metode ilmiah merupakan serangkaian langkah yang seharusnya diperhatikan saat melakukan aktivitas pembelajaran Biologi. Langkah metode ilmiah diawali dengan *pengamatan* gejala alam, merumuskan *hipotesis*, melakukan *pengujian* serta membuat *generalisasi* metode merupakan serangkaian yang seharusnya diperhatikan oleh guru pada saat melakukan aktivitas pembelajaran Biologi.

3. Biologi sebagai kumpulan nilai

Hal ini berarti bahwa dalam Biologi melekat nilai-nilai ilmiah seperti rasa ingin tahu, jujur, teliti, bekerja sama, menghormati pendapat orang lain, dan keterbukaan akan berbagai fenomena yang baru sekalipun. Dengan demikian, dalam mengembangkan pembelajaran

PPG 2017

biologi hendaknya guru juga mempertimbangkan nilai-nilai kemanusiaan atau sosial yang dapat dikembangkan.

4. Biologi sebagai bagian dari kehidupan sehari-hari

Pemenuhan kebutuhan dalam kehidupan sehari-hari tidak terlepas dari penemuan-penemuan yang memanfaatkan pendekatan ilmiah. Biologi merupakan bagian ilmu yang cukup banyak memberikan kontribusi dalam rangka pemenuhan kebutuhan hidup sehari-hari, seperti masalah-masalah yang berkaitan dengan kesehatan, kebersihan, perbaikan gizi, hingga temuan-temuan hasil rekayasa lainnya.

B. METODE ILMIAH

Metode ilmiah merupakan suatu metode atau cara untuk memecahkan suatu masalah dengan langkah-langkah tertentu, sistematis, logis dan empiris. Hal ini mengandung arti bahwa langkah-langkah yang dilakukan harus sesuai urutannya, tidak boleh dibolak balik. tiap langkah yang dilakukan saling berkaitan atau berhubungan, bisa diterima secara logika dan dilakukan berulang-ulang. Metode ilmiah digunakan oleh para ilmuwan untuk memecahkan masalah yang dihadapi. Metode ilmiah mempunyai kriteria sebagai berikut: (1) Ilmuwan melakukan pengamatan dan membuat hipotesis dalam usahanya untuk menjelaskan fenomena alam; (2) prediksi yang dibuat berdasarkan hipotesis diuji dengan melakukan percobaan atau eksperimen; (3) hipotesis yang telah lolos uji berkali-kali dapat menjadi teori ilmiah.

Metode ilmiah yang harus dilakukan oleh para ilmuwan untuk menemukan teori adalah pengulangan dari langkah-langkah tersebut di bawah ini:

1. Mengadakan pengamatan, dari pengamatan kemudian dibuat atau dirumuskan masalah (melakukan karakterisasi setelah mealkukan pengamatan dan pengukuran)
2. Membuat hipotesis (menyusun dugaan yang bersifat sementara atas hasil pengamatan dan pengukuran) dari masalah tersebut
3. Prediksi (deduksi logis dari hipotesis)
4. Melakukan percobaan atau eksperimen (pengujian atas semua hal yang terdapat pada point 1-3)
5. Menarik kesimpulan

PLPG 2017

C. LANGKAH-LANGKAH METODE ILMIAH:

1. Merumuskan Masalah

Bagaimana membuat rumusan masalah dari hasil pengamatan ?

Misalnya anda diminta mengamati tumbuhnya bayam di sekitar kandang dengan tumbuhnya bayam di bawah pohon mangga. Dalam pengamatan ini Anda diminta mengamati kondisi fisik tanah dan memperkirakan kandungan zat hara tanah serta suhu di tempat tumbuhnya bayam. Kemudian Anda diminta menulis satu rumusan penelitian.

Untuk membuat rumusan masalah, para ilmuwan mengidentifikasi sifat-sifat utama yang relevan yang dimiliki oleh subyek yang diteliti. Dalam proses ini dapat melibatkan proses pengamatan yang seringkali memerlukan pengukuran dan atau analisa yang cermat. Proses pengukuran dan analisa sering memerlukan alat ilmiah khusus seperti termometer, AAS, mikroskop, spektrometer dan lain-lainnya. Hasil pengukuran bisa ditabulasikan dalam tabel, digambarkan dalam bentuk grafik atau dipetakan dan diproses dengan perhitungan statistik seperti korelasi dan regresi atau secara deskriptif. Dengan demikian melalui pengamatan dan pengukuran maupun anlisa dapat merumuskan masalah penelitian

2. Prediksi Dari Hipotesis

Untuk membuat hipotesis anda diminta mencermati pernyataan yang menyatakan bahwa kesuburan tanah dapat diidentifikasi dari kondisi fisik dan kandungan zat haranya. Tanah yang gembur dan kandungan zat hara tinggi dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Berdasarkan pernyataan tersebut di atas dan rumusan masalah pada point 1, buatlah hipotesis penelitiannya.

Hipotesis merupakan pernyataan sementara yang perlu dibuktikan kebenarannya. Para ahli menyatakan bahwa hipotesis adalah dugaan terhadap hubungan antara dua variabel atau lebih. Sehingga hipotesis sering dinyatakan sebagai jawaban sementara atau dugaan sementara yang harus diuji kebenarannya. Hipotesis penelitian adalah hipotesis kerja, yaitu hipotesis yang dirumuskan untuk menjawab permasalahan berdasarkan teori-teori yang relevan dengan rumusan masalah penelitian dan belum berdasarkan fakta atau dukungan data yang nyata dari hasil kerja di lapangan. Dengan

PLPG 2017

demikian melalui prediksi berdasarkan teori-teori yang relevan dengan permasalahan dapat dirumuskan hipotesis.

3. Eksperimen

Bagaimana melakukan eksperimen ?

Berdasarkan rumusan masalah dan hipotesis dibuatlah rancangan penelitian atau eksperimen. Untuk itu perlu diidentifikasi terlebih dahulu variabel bebas, variabel terikat dan variabel kontrol. Berdasarkan ketiga variabel tersebut dibuatlah rancangan eksperimen dan selanjutnya dilakukan percobaan atau eksperimennya.

Jika hasil eksperimen tidak sesuai atau bertentangan dengan hipotesis maka hipotesis yang diuji tidak benar atau tidak lengkap sehingga perlu dianalisis mengapa hasilnya demikian. Dengan demikian akan bisa ditentukan apakah perlu ada perbaikan atau bahkan ditinggalkan. Jika hasil eksperimen sesuai dengan hipotesis, maka hipotesis tersebut benar namun masih perlu diuji lebih lanjut. Hasil eksperimen tidak bisa membenarkan suatu hipotesis melainkan hanya bisa meningkatkan probabilitas kebenaran hipotesis tersebut. Tetapi hasil eksperimen secara mutlak dapat menyalahkan suatu hipotesis bila hasil eksperimen bertentangan dengan hipotesis. Eksperimen dapat dilakukan di dalam laboratorium maupun di luar laboratorium. Yang perlu diperhatikan adalah pencatatan yang detail dari suatu eksperimen, hal ini sangat membantu dalam pelaporan hasil eksperimen dan memberikan bukti efektivitas dan keutuhan prosedur yang dilakukan.

4. Merumuskan Kesimpulan

Bila langkah merumuskan masalah, prediksi dari hipotesis, rancangan eksperimen dan eksperimen dilakukan secara sistematis maka akan dapat dibuat kesimpulan dari hipotesis yang diuji yaitu pupuk dapat mempengaruhi (meningkatkan) pertumbuhan tanaman.

Kesimpulan ini diperoleh dengan melakukan analisis data dan pembahasan berdasarkan landasan teoritis dan empiris yang dikembangkan berdasarkan data hasil eksperimen. Perlu diperhatikan bahwa seseorang yang melakukan proses metode ilmiah perlu didasari sikap ilmiah dan sikap ilmiah ini semestinya dipunyai oleh setiap peneliti

PLPG 2017

dan para ilmuwan. Sikap ilmiah yang dimaksud adalah jujur (menerima kenyataan hasil penelitian apa adanya tanpa harus melakukan modifikasi dan tidak mengada-ada), obyektif (sesuai dengan fakta yang ada), teliti (tidak ceroboh dan tidak melakukan kesalahan), terbuka (mau menerima pendapat yang benar dariorang lain) dan rasa ingin tahu yang tinggi.

D. KETERAMPILAN PROSES SAINS

Keterampilan proses merupakan cara memandang siswa sebagai manusia seutuhnya, yang mana siswa juga memiliki potensi, kreasi, keingintahuan, dan perasaan. Cara memandang ini diekspresikan dalam kegiatan pembelajaran yang memungkinkan siswa diberi kesempatan untuk mengembangkan kemampuan pengetahuan, sikap dan nilai serta keterampilan-keterampilan ilmiah. Keterampilan ilmiah atau keterampilan sains merupakan seperangkat keterampilan yang digunakan para ilmuwan dalam melakukan penelitian ilmiah.

Keterampilan proses sains ini perlu dilatihkan kepada siswa dengan alasan: (1) dalam praktiknya, sains tidak bisa dipisahkan dari metode ilmiah atau metode penyelidikan dan mengetahui sains tidak hanya sekedar mengetahui materi tentang sains tetapi juga bagaimana cara untuk mendapatkan materi sains tersebut; (2) keterampilan proses sains merupakan merupakan keterampilan belajar sepanjang hayat yang dapat digunakan tidak hanya untuk mempelajari ilmu tetapi juga dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari bahkan untuk bertahan hidup.

Keterampilan proses melibatkan keterampilan kognitif, manual dan sosial. Keterampilan manual jelas terlibat dalam keterampilan proses karena keterlibatannya dalam penggunaan alat dan bahan, pengukuran dan perakitan alat. Keterampilan sosial jelas terlibat dalam hal mendiskusikan hasil pengamatan. Dalam pembelajaran Biologi keterampilan proses perlu dikembangkan melalui pengalaman langsung sebagai pengalaman belajar dan disadari ketika kegiatannya sedang berlangsung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa melalui pengalaman langsung seseorang dapat lebih menghayati proses atau kegiatan yang dilakukan tetapi apabila hanya sekedar melaksanakan tanpa

PLPG 2017

menyadari yang sedang dikerjakan maka hasilnya kurang bermakna dan memerlukan waktu yang lama untuk menguasainya. Dalam pembelajaran Biologi keseimbangan antara perolehan produk (konsep/pengetahuan) dan kemampuan yang berkembang selama proses belajar melalui keterampilan proses merupakan hal yang harus dipertimbangkan guru Biologi.

Berdasarkan berbagai pendapat tentang komponen keterampilan proses, komponen keterampilan yang dapat dikembangkan melalui pembelajaran Biologi bersifat relatif. Oleh karena itu, di bawah ini disajikan jenis keterampilan proses sains beserta indikatornya yang dapat diberikan dalam bahan ajar ini tidak mutlak. Secara prinsip komponen keterampilan proses yang dapat diberikan kepada siswa adalah sebagai berikut.

1. Mengamati /observasi dan Menafsirkan pengamatan

(a) Mengamati merupakan keterampilan proses yang menjadi dasar dari semua keterampilan. Dalam hal ini, mengamati adalah kemampuan menggunakan seluruh indera yang dimiliki oleh semua siswa dan mengumpulkan /menggunakan fakta yang relevan

(b) Menafsirkan pengamatan merupakan keterampilan mencatat hasil pengamatan, memisah-misahkan, mengklasifikasikan, menghubung-hubungkan sehingga diperoleh suatu pola tertentu.

2. Memprediksi

Penggunaan pola yang telah ditemukan pada saat melakukan pengamatan, dapat digunakan untuk mengemukakan kemungkinan-kemungkinan yang akan terjadi pada fenomena yang serupa. Jadi, proses melakukan prediksi ini merupakan sutau proses penalaran yang logis berdasarkan hasil pengamatan.

3. Menggunakan peralatan dan Mengukur

Keterampilan ini merupakan kemampuan dalam memilih alat atau bahan yang sesuai serta kemampuan melakukan pengukuran suatu besaran dengan akurat. Jika hal ini dilakukan berulang-ulang, maka siswa akan mampu memperkirakan kesalahan yang dilakukan kemudian mengoreksinya.

4. Mengajukan *pertanyaan*

PLPG 2017

Terbiasa mengajukan pertanyaan, secara tidak langsung dapat mengungkapkan seberapa jauh kemampuan kognisinya digunakan. Jenis dan substansi pertanyaan menunjukkan tingkat berpikirnya. Keterampilan ini akan berkembang jika guru sering memberikan kesempatan kepada siswa untuk berdiskusi.

5. Merumuskan hipotesis

Keterampilan merumuskan hipotesis menekankan pada kemampuan menyatakan dan menentukan pola yang diperoleh sekaligus menyatakan kemungkinan akibat-akibat dari pernyataan yang dibuatnya.

6. Merencanakan penyelidikan/percobaan

Keterampilan ini merupakan kemampuan siswa dalam merencanakan suatu percobaan untuk membuktikan atau menemukan suatu konsep. Kemampuan menentukan alat dan bahan yang digunakan, menentukan variabel-variabel, menentukan desain percobaan, menentukan langkah kerja serta bagaimana mengolah data merupakan kemampuan yang dapat dikembangkan melalui keterampilan ini.

7. Menginterpretasikan

Keterampilan ini merupakan kemampuan siswa untuk menyimpulkan kecenderungan informasi yang diperoleh, membuat kesimpulan tentatif atupun membuat generalisasi.

8. Berkomunikasi

Keterampilan ini merupakan kemampuan untuk menguraikan dengan jelas dan cermat apa yang telah dilakukan. Menyusunnya dalam berbagai sarana komunikasi (di depan kelas, diskusi, seminar, dsb.), menggambarkan hasilnya melalui gambar, skema, grafik adalah kemampuan yang dapat dikembangkan pada diri siswa.

9. Mengelompokkan / Interpretasi

Keterampilan ini merupakan kemampuan untuk mencatat setiap pengamatan yang terpisah, mencari perbedaan dan persamaan, mencari dasar pengelompokan atau penggolongan dan menghubungkan hsil-hasil pengamatan.

10. Menerapkan konsep

Keterampilan ini merupakan kemampuan untuk menggunakan konsep yang telah dipelajari pada situasi baru dan menggunakan konsep pada pengalaman baru untuk menjelaskan apa yang terjadi.

PLPG 2017

PLPG 2017

Contoh Aplikasi Pendekatan Keterampilan Proses Untuk Meminta Siswa Melaksanakan Kegiatan :

1. Coba amati percobaanmu, catat perubahan-perubahan yang terjadi pada tanaman tersebut selama 1 minggu! (*Keterampilan mengamati)*
2. Pada saat melakukan kegiatan nomor (1), menurutmu apa yang akan terjadi pada pertumbuhan tanaman dalam pot/polybag? (*Keterampilan menyusun hipotesis)*
3. Jika tanaman tersebut dibiarkan pada posisinya selama 4 minggu, maka apa yang akan terjadi pada tanaman tersebut? (*Keterampilan memprediksi)*
4. Bagaimana pertumbuhan tanaman tersebut, jika setelah 2 minggu pot/polybag diubah posisinya menjadi berdiri? (*Keterampilan memprediksi)*
5. Kesimpulan apa yang dapat kamu peroleh melalui kegiatan seperti yang kamu lakukan (*Keterampilan membuat kesimpulan*)
6. Buatlah laporan singkat tentang hasil pengamatanmu *(Keterampilan komunikasi)*

Jadi melalui satu kegiatan, guru dapat mengembangkan beberapa keterampilan proses sekaligus. Sebagai konsekuensinya, dalam proses pembelajaran Biologi yang dikemas dengan pendekatan ini paling tidak membawa dampak pada:

a. Pelaksanaan pembelajaran membutuhkan waktu yang cukup banyak.
b. Kekhawatiran tidak dapat menuntaskan seluruh materi, jika selalu menggunakan pendekatan ini pada saat kegiatan.
c. Guru harus memiliki waktu luang yang cukup untuk mempersiapkan pembelajaran.

E. KEDUDUKAN DAN HUBUNGAN BIOLOGI DENGAN DISIPLIN ILMU-ILMU LAIN

Kedudukan Biologi dan hubungan dengan ilmu lain, biologi kini memiliki cabang-cabang ilmu dengan obyek kajian yang semakin khusus. Berdasar dari ilmu manusia muncul Cabang-cabang ilmu kesehatan dan sekarang muncul ilmu-ilmu khusus seperti: spesialis mata hanya khusus menangani masalah dan penyakit mata, spesialis telinga hidung tenggorokan (THT) hanya khusus menangani masalah dan penyakit yang berkaitan dengan telinga, hidung dan tenggorok, spesialis kulit hanya khusus menangani masalah

PPG 2017

dan penyakit yang berkaitan dengan kulit, spesialis internis hanya khusus menangani masalah dan penyakit dalam, spesialis anak hanya khusus menangani penyakit anak, spesialis jantung hanya khusus menangani masalah dan penyakit jantung, spesialis paru-paru hanya khusus menangani masalah dan penyakit paru-paru serta spesialis saraf hanya khusus menangani masalah dan penyakit saraf. Pekembangan ilmu juga terjadi dalam bidang pertanian. Perkembangan Biologi tidak saja berdasarkan perkembangan ilmu tetapi juga berdasarkan pengembangan penerapan ilmu yang dikenal dengan biologi terapan. Tujuan penerapan ilmu tidak lain adalah agar ilmu itu dapat digunakan untuk meningkatkan kesejahteraan manusia. Berdasarkan aspek-aspek tertentu dari makhluk hidup yang dipelajari, Biologi memiliki beberapa cabang, diantaranya adalah :

1. Morfologi : Ilmu yang mempelajari tentang bentuk dan struiktur suatu makhluk hidup
2. Fisiologi : Ilmu yang mempelajarai sifat faal dan cara kerja dari tubuh suatu organisme
3. Embryologi : Ilmu yang mempelajari tentang perkembangan suatu organisme dari mulai zigot sampai menjadi dewasa
4. Ekologi : Ilmu yang mempelajari tentang interaksi antara makhluk hidup dan lingkungannya.
5. Taksonomi : Ilmu yang mempelajari tentang klasifikasi atau pengelompokkan makhluk hidup
6. Genetika : Ilmu yang mempelajari tentang cara menurunnya sifat pada makhluk hidup.
7. Evolusi : Ilmu yang mempelajari tentang asal usul kehidupan dan perubahan-perubahan dari jenis makhluk hidup sepanjang waktu
8. Sitologi :Ilmu yang mempelajari tentang susunan dan fungsi sel.
9. Patologi : Ilmu yang mempelajari tentang seluk beluk penyakit
10. Histologi : Ilmu yang mempelajari tentang jaringan

PLPG 2017

Berdasarkan kelompok organisme yang dipelajari, biologi memiliki beberapa cabang , diantaranya adalah:

1. Mikroobiologi	:	Ilmu yang mempelajari tentang segala aspek kehidupan mikroorganisme yang berukuran mikroskopis.
2. Virologi	:	Ilmu yang mempelajari tentang virus
3. Bakteriologi	:	Ilmu yang mempelajari tentang bakteri
4. Mikologi	:	Ilmu yang mempelajari tentang jamur
5. Zoologi	:	Ilmu yang mempelajari tentang hewan
6. Botani	:	Ilmu yang mempelajari tentang tumbuh-tumbuhan

F. PENERAPAN HUKUM BIOLOGI SECARA KUANTITATIF DALAM MEMECAHKAN PERMASALAHAN SEHARI-HARI

Hasil eksperimen dari suatu penelitian adalah data, data tersebut dapat berupa pernyataan atau deskripsi dan dapat berupa angka. Langkah pengumpulan data merupakan satu tahap yang sangat menentukan terhadap proses dan hasil penelitian. Sehingga kesalahan dalam melaksanakan pengumpulan data akan berakibat langsung terhadap proses dan hasil penelitian.

Pengumpulan data dapat diartikan sebagai proses atau kegiatan yang dilakukan peneliti untuk mengungkap atau menjaring berbagai fenomena, informasi atau kondisi lokasi penelitian sesuai dengan lingkup penelitian. Dalam prakteknya, pengumpulan data ada yang dilakukan melalui pendekatan penelitian kuantitatif dan kualitatif. Pengumpulan data, dapat dimaknai juga sebagai kegiatan peneliti dalam upaya mengumpulkan sejumlah data lapangan yang diperlukan untuk menjawab pertanyaan penelitian (untuk penelitian kualitatif), atau menguji hipotesis (untuk penelitian kuantitatif).

Data yang dikumpulkan dalam penelitian digunakan untuk menguji hipotesis atau menjawab pertanyaan yang telah dirumuskan, karena data yang diperoleh akan dijadikan landasan dalam mengambil kesimpulan, data yang dikumpulkan haruslah data yang benar.

PPG 2017

Data yang diperoleh dapat ditabulasikan dalam tabel, digambarkan dalam bentuk grafik dan diproses menggunakan perhitungan statistik sesuai dengan rancangan percobaannya. Data lapangan yang digunakan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan peneliti cukup dibuat deskripsinya saja berupa pernyataan-pernyatan yang merupakan simpulan hasil penelitian.

G. MEMECAHKAN MASALAH FENOMENA BIOLOGI DENGAN MEMANFAATKAN KONSEP, HUKUM, DAN TEORI FISIKA KIMIA DAN MATEMATIKA

Biologi bukanlah ilmu tunggal, akan tetapi berupa ilmu multidisiplin yang terkait erat dengan ilmu-ilmu lainnya. Perkembangan baru disiplin ilmu biologi yang berkaitan dengan ilmu-ilmu lainnya seperti dengan ilmu kimia telah melahirkan ilmu-ilmu baru seperti farmakologi, biologi molekuler, dan biokimia. Biologi juga terkait erat dengan ilmu lain seperti ilmu fisika seperti biofisika, radiobiologi, dan kedokteran nuklir. Dengan ilmu-ilmu sosial biologi berhubungan erat dan melahirkan ilmu-ilmu seperti: psikologi, antropologi, biogeografi dan sebaginya.

Biologi sebagai multidisiplin banyak digunakan dalam mejelaskan fenomena biologi. Seperti Biologi molekuler yang merupakan cabang biologi yang merujuk pada pengkajian kehidupan pada skala molekul banyak dimanfaatkan untuk penyelidikan atau memecahkan masalah yang terkait dengan interaksi molekul dalam tubuh terutama tentang interaksi berbagai sistem dalam sel, termasuk interaksi DNA, RNA, sistesis protein dan bagaimana interaksi tersebut diatur. Biofisika merupakan cabang ilmu yang mengkaji aplikasi aneka perangkat dan hukum fisika untuk menjelaskan aneka fenomena hayati atau biologi. Biogeografi merupakan cabang dari biologi yang mempelajari tentang keanekaragaman hayati berdasarkan ruang dan waktu, yang bertujuan untuk mengungkap mengenai kehidupan suatu organisme dan apa yang mempengaruhinya. Farmakologi merupakan cabang ilmu yang mengkaji substansi yang berinteraksi dengan suatu sistem yang hidup melalui proses kimia terutama yang terikat pada molekul pengatur yang memacu atau menghambat proses-proses normal tubuh.

PLPG 2017

Kedokteran nuklir merupakan kedokteran medis yang menggunakan isotop radioaktif dalam mendiagnosa dan mengobati penyakit. Radiologi adalah cabang atau spesialisasi kedokteran yang berhubungan dengan studi dan penerapan berbagai teknologi pencitraan untuk mendiagnosis dan mengobati penyakit. Pencitraan dapat menggunakan sinar-X, USG, CT scan, tomografi emisi positron (PET) dan MRI. **Psikologi** adalah ilmu terapan yang mempelajarai dan mengenal perilaku dan fungsi mental manusia secara ilmiah dan juga mempelajari tentang proses fisiologis dan neurobiologis yang mendasari perilaku. Antropologi merupakan salah satu cabang ilmu sosial yang mempelajari tentang budaya masyarakat suatu etnis tertentu dan lebih memusatkan pada penduduk yang merupakan masyarakat tunggal, tunggal dalam arti kesatuan masyarakat yang tinggal daerah yang sama. antropologi mirip seperti sosiologi tetapi pada sosiologi lebih menitik beratkan pada masyarakat dan kehidupan sosialnya. Antropologi mempelajari manusia sebagai makhluk biologis sekaligus makhluk sosial. Biokimia merupakan ilmu yang mempelajari tentang reaksi-reaksi kimia yang terjadi di dalam tubuh, struktur dan fungsi komponen selular, seperti protein, karbohidrat, lipid, asam nukleat, dan biomolekul lainnya. Saat ini biokimia lebih terfokus secara khusus pada kimia reaksi termediasi enzim dan sifat-sifat protein.

PLPG 2017

Soal Latihan Bab I. Uraian

1. Jelaskan dan berikan contoh aplikasi hakekat biologi dalam kehidupan Saudara.

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017

MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN

BIOLOGI

BAB II BIOTEKNOLOGI

Dra. Ely Rudyatmi, M.Si.
Dra. Endah Peniati, M.Si.
Dr. Ning Setiati, M.Si.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

PLPG 2017

Kompetensi Inti Guru (KI)

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu

Kompetensi Guru Mata pelajaran (KD)

Menjelaskan penerapan hukum-hukum biologi dalam teknologi yang terkait dengan biologi terutama yang dapat ditemukan dalam kehidupan sehari-hari

A. HUKUM-HUKUM BIOLOGI DALAM TEKNOLOGI

Biologi merupakan ilmu yang mempelajari semua hal yang berhubungan dengan organisme atau makhluk hidup. Makhluk hidup yang dimaksud meliputi manuasia, hewan, tumbuhan, jamur, bakteri dan jazat renik lainnya termasuk virus sebagai bentuk non-organisme. Ruang lingkup biologi meliputi semua kajian ilmu yang mempelajari seluruh aspek dan keunikan makhluk hidup terkait reproduksi, morfologi, taksonomi, fisiologi, biokimia, genetika, ekologi dan mikrobiologi. Selain itu masih ada ilmu dasar dan terapan sebagai pengembangan biologi dan ilmu serumpun dengan biologi misalnya ekofisiologi, parasitologi, imunologi, virologi, bakteriologi dan beberapa ilmu terapan yakni mikrobiologi kedokteran, mikrobiologi pertanian, mikrobiologi makanan dan lain sebagainya.

Bidang ilmu terapan yang berkaitan dengan bidang biologi banyak berhubungan dengan penerapan hukum biologi, yang secara kuantitatif dapat memecahkan permasalahan sehari-hari. Hukum biologi yang erat dengan kehidupan se hari hari antara lain teknologi fermentasi, teknologi substrat dan teknologi enzim. Secara kongkrit dapat dicontohkan pada produk fermentasi dan aktivitas biodegradasi pada produk pupuk organik.

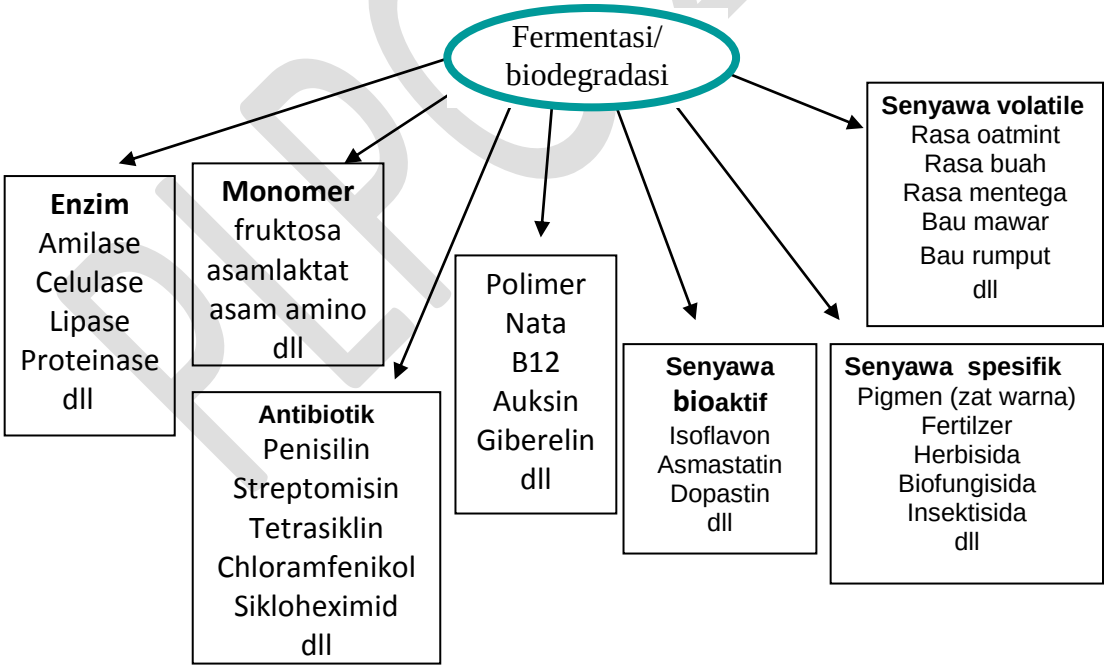
Teknologi Fermentasi merupakan teknologi yang memanfaatkan mikroorganisme untuk produksi makanan dan minuman dan produk pakan dan non pangan. Untuk produk pangan misalnya produk tempe, tape, kecap, yoghurt, yakult dan lainnya. Untuk produk pakan misalnya xilase (pakan ternak fermentasi) dan untuk produk non pangan misalnya produk biopestisida, biofungisida, biofertilizer yang beberapa produknya telah banyak dijual di toko pertanian.

PLPG 2017

Mekanisme dasar dari fermentasi dan biodegradadi dengan menggunakan mikroorganisme untuk menghasilkan produk fngsional dan bersifat komersiil pada dasarnya terdiri atas tiga tahap utama yaitu:

1. Proses hulu, di sini melibatkan serangkaian perlakuan pada bahan mentah sehingga dapat digunakan sebagai sumber makanan bagi mikroorganisme sasaran
2. Fermentasi/biodegradasi dan transformasi ---- pertumbuhan mikroorganisme sasaran dalam bio reaktor besar yang diikuti dengan produksi bahan yang diinginkan, misalnya enzim, biofertilizer atau asam-asam organik
3. Proses hilir ---- proses pemurnian senyawa atau bahan yang diinginkan dari medium fermentasi atau dari massa sel.

Mikroorganisme melalui proses fermentasi memproduksi bahan kimia yang dimanfaatkan manusia untuk berbagai keperluan. Berbagai macam produk bahan kimia oleh mikro organisme dalam bentuk enzim, biofertilizer, antiibiotika, asam amino, senyawa bioaktif terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Produksi Bahan Biokimia dari Mikroorganisme
(Sb. Widianti, dkk 2016 yang dimodifikasi)

PPS 2017

Teknologi fermentasi bertujuan menghasilkan metabolit primer, metabolit sekunder : asam amino, vitamin dan lainnya, seperti tampak pada Gambar 1, dengan melibatkan berbagai sumber substrat. Ada dua macam substrat yang penting diketahui yakni bahan mentah alami dan bahan kimia. Bahan mentah alami berasal dari pertanian dan kehutanan serta produk sampingannya, sedangkan bahan kimia/ petrokimia berasal dari gas alam/ metana, minyak gas, bahan bakar fosil. Ditinjau dari asal substrat terdapat istilah bahan marginal, yakni substrat dari bahan yang sekilas tidak bermanfaat namun masih mengandung senyawa organik yang bermanfaat sebagai makanan mikroorganisme. Contoh bahan marginal antara lain sekam, kulit berbagai buah, kulit kedelai, dll. Untuk limbah cair misalnya molase dan limbah cair dari pembuatan tempe, tahu, tapioka, tepung maizena dari jagung yang menyisakan tongkol jagung sebagi limbah. Tongkol jagung sangat cocok untuk pembuatan tenaga alternatif (bioetanol), kadar senyawa kompleks lignin dalam tongkol jagung adalah 6,7-13,9%, untuk hemiselulose 39,8% dan selulose 32,3-45,6%. Mikroorganisme yang banyak digunakan dalam proses fermentasi alkohol adalah jenis khamir *Saccharomyces cerevisiae,* yang dapat diperoleh dari produk fermipan, ragi tape ,air tape/produk tape. Karakter *S.cerevisiae* antara lain tahan terhadap kadar gula yang tinggi dan tetap melakukan aktivitasnya pada suhu 4 – 32 ^{0}C serta dapat mereduksi senyawa yang mengandung gugus karbonil atau ikatan rangkap karbon (Young & Ward, 1991)

Penelitian untuk bidang biologi sangat luas , pada dasarnya dapat berupa penelitian observasional dan eksperimental. Mernacang penelitian biologi diawali dari pertanyaan penelitian yang biasanya muncul di benak kita setelah kita mencermati suatu fenomena biologi melalui membaca artikel, praktikum *out door* atau mendengar paparan saat menghadiri seminar/pertemuan ilmiah. Contoh permasalahan : Bagaimana proses biotransformasi bonggol jagung menjadi bioetanol? Permasalahan ini perlu dijawab dengan seksama melalui studi pustaka dan atau eksperimen. Bila dijawab dengan eksperimen maka dirumuskan terlebih dahulu tujuan penelitian dan hipotesis serta variabel penelitian. Dalam kajian ini dapat ditentukan variabel bebas adalah konsentrasi fermipan dan variabel tergantung, meliputi kadar bioetanol yang diukur dengan alat alkohol meter. Riset biologi bisa di setting dengan beberapa variabel bebas dan beberapa variabel tergantung, tergantung tujuan awal riset dilakukan.

PLPG 2017

B. PENERAPAN BIOTEKNOLOGI DI BIDANG PANGAN

Saudara pasti pernah makan tempe, tape dan memasak dengan tambahan kecap, bagaimana dengan yoghurt, yakult , roti dan trasi, sudah kenal kah sdr!? Produk produk tersebut ada disekitar kita dan bila sdr sudah pernah mengkonsumsi maka sdr sebenarnya telah mengetahui dan memahami serta mengkonsumsi produk bioteknologi pangan. Pada dasarnya bioteknologi merupakan produk yang dikembangkan dengan memanfaatkan organisme atau makhluk hidup yakni mikroorganisme (bakteri dan jamur benng, khamir), untuk menghasilkan produk guna mewujudkan kesejahteraan masyarakat dan lingkungan secara lebih luas. Istilah bioteknologi merupakan paduan dari bio dan teknologi yang secara keseluruhan dapat melibatkan tumbuhan, hewan, mikroorganisme untuk menghasilkan produk. Bioteknologi juga dapat dikatakan sebagai pemanfaatan organisme hidup untuk menghasilkan produk dan jasa yang bermanfaat bagi manusia Produk bioteknologi pangan bukan merupakan hal baru karena sudah ada sebelum lahir istilah bioteknologi itu sendiri dan sudah digunakan dalam berbagai proses pada zaman dahulu.

Penggunaan dan pembuatan ragi tape, ragi tempe, ragi roti atau fermipan (nama merck produk) menggambarkan bahwa bioteknologi pangan sudah diterapkan sejak dulu. Akan tetapi, bioteknologi yang telah ada seperti uraian di atas masih merupakan bioteknologi sederhana atau bioteknologi konvensional. Bagaimana, teknologi yang dimaksud dalam bio-teknologi? Apakah kalau ada pemanfaatan hewan untuk pembajak sawah, untuk predator terhadap hama termasuk kajian bioteknologi? Bukan, demikian pastinya!!. Bioteknologi dideskripsikan sebagai suatu teknologi yang menggunakan dan memanfaatkan sistem hayati dan atau mikroorganisme untuk mendapatkan barang atau jasa yang berguna bagi kesejahteraan manusia.

Bioteknologi dikenal sejak dikenalkan proses fermentasi yang memanfaatkan sel yeast untuk menghasilkan minuman beralkohol dan roti; hal ini pertama kali dikenalkan di Eropa (Inggris, Roma). Pada abad ke dua puluh bioteknologi telah diperluas dengan perkembangan berbagai macam industri yang menggunakan mikroorganisme. Penemuan penicilin oleh Alexander Fleming tahun 1929 telah menghantarkan pada penggunaan jamur benang dan dan mikroba lain (bakteri) untuk produksi antibiotika dalam skala besar. Pada mulanya mikroorganisme ditumbuhkan dalam pipa-pipa pertumbuhan yang

besar, dimana anbiotika dimurnikan setelah sel diambil. Setelah berkembangnya teknik kultur dengan menggunakan fermentor produksi bioteknologi tidak lagi terbatas pada produksi antibiotika, tetapi juga telah digunakan untuk memperoleh sejumlah besar senyawa lain yang dihasilkan oleh mikroorganisme, antara lain enzim, alkohol, cuka, dan beberapa asam organik.

Salah satu alasan mengapa bioteknologi menjadi perhatian dan berkembang pesat adalah karena kloning gen. Walaupun banyak produk berguna telah dihasilkan dari kultur bakteri, tetapi pada masa lalu hanya terbatas pada senyawa yang secara alamiah disintesis oleh mikroorganisme saja. Banyak obat penting yang dihasilkan oleh hewan atau tanaman tidak dapat diperoleh dengan cara ini sehingga perlu menerapkan teknologi kloning gen. Perkembangan yang pesat dalam bidang biologi sel dan biologi molekuler sejak tahun 1960-an mendorong perkembangan bioteknologi secara cepat. Dewasa ini manusia telah mampu memanipulasi organisme melalui rekayasa genetika dan telah menghasilkan berbagai produk pangan , misalnya kedelai transgenik, padi transgenik yang mengandung vitamin A.

Bioteknologi dalam era modern saat ini merupakan kegiatan yang menitikberatkan pada pemanfatan aktivitas biologik dalam lingkup teknologi proses dan produksi secara besar-besaran dalam industri yang dikaitkan dengan produk masal dan kontinyu. Disisi lain, bioteknologi merupakan kajia pemanfaatan prinsip-prinsip ilmiah dan rekayasa terhadap jazat, sistem dan proses biologik untuk memproduksi benda hidup , benda mati atau jasa bagi kepentingan manusia.

Beberapa contoh produk bioteknologi pangan yang telah berkembang di masyarakat. yang diproduksi dengan memanfaatkan mikroorganisme, terdapat pada Tabel 1. Dalam perkembangannya produk bioteknologi pangan dapat dikembangkan melalui inovasi di bidang citarasa, suplementasi zat gizi dan penampilan kemasan.

Tabel 1. Pangan produk bioteknologi tradisional

Nama produk	**Bahan dasar/ substrat**	**Mikroba yang berperan**
Kecap, tempe	Kedelai	*Aspergillus sojae, Rhizopus oligosporus, A. oryzae, A arrizus, A. stolonifer*
Roti Bir	Gandum, ekstrak gandum	*Khamir, saccharomyces cerevisiae*

PLPG 2017

Nama produk	Bahan dasar/ substrat	Mikroba yang berperan
Mentega	Susu krim	*Bakteri asam laktat (Lactococcus sp)*
Yogurt, teghurt, soyghurt	Susu hewani, susu nabati	*Lactobacillus bulgaricus, strept-coccus thermophylus*
Nata de coco	Air kelapa, gula	*Acetobacter xylinum*
Tape, brem	Singkong, ketan, air tape	*Mucor rouxianus, Hyphopichia burtonii, Saccharomyces cerevisiae, Amylomyces rouxii*

C. PENERAPAN BIOTEKNOLOGI DI BIDANG KESEHATAN

Penerapan bioteknologi dalam bidang kesehatan konvensional dan modern di bidang kesehatan telah membawa kemajuan yang pesat. Beberapa contoh penerapan bioteknologi taraupetik modern di bidang kesehatan antara lain sebagai berikut

1. Pembuatan Hormon Insulin

Pembuatan hormon insulin dilakukan dengan rekayasa genetika. Melalui rakayasa genetika, manusia berhasil menyisipi bakteri Escherichia coli dengan gen pembentuk insulin pada manusia. Gen penghasil insulin manusia tersebut dapat mengarahkan sel E.coli untuk menghasilkan insulin. Dengan demikian bakteri ini mampu membentuk insulin yang mirip dengan insulin manusia. Insulin yang diperoleh dapat digunakan untuk mengobati penderita diabetes. Insulin yang dibentuk bakteri ini terbukti lebih baik daripada insulin hewani dan tidak menimbulkan dampak negatif pada tubuh manusia.

2. Antibodi Monoklonal

Antibodi merupakan protein yang dihasilkan oleh sistem kekebalan tubuh yang berfungsi melawan dan melindungi tubuh dari infeksi bakteri. Melalui rekayasa genetika, manusia dapat membentuk antibodi monoklonal. Antibodi monoklonal yaitu antibodi yang diperoleh dari penggabungan sel penghasil antibodi dengan sel yang terkena penyakit. Pada teknologi antibodi monoklonal digunakan sel-sel tumor dan sel-sel limpa manusia. Sel-sel tumor dapat memperbanyak diri tanpa henti, sedangkan sel limpa sebagai antigen yang menghasilkan antibodi. Hasil penggabungan kedua sel tersebut dinamakan sel hibridoma. Sel hibridoma dapat memproduksi antibodi secara kontinyu. Antibodi yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengobati penyakit kanker atau tumor. Antibodi ini akan menyerang sel-sel kanker tanpa merusak sel-sel yang seh

PLPG 2017

3. Interferon

Interferon merupakan sel-sel tubuh yang mampu menghasilkan senyawa kimia. Senyawa kimia tersebut dapat membunuh virus. Interferon berguna untuk melawan infeksi dan meningkatkan sistem kekebalan tubuh. Produksi interferon dilakukan melalui rekayasa genetika.

4. Pembuatan Vaksin

Pembuatan vaksin dilakukan melalui rekayasa genetika. Vaksin dibuat dengan mengisolasi gen yang mengkode antigen dari mikrobia yang bersangkutan. Gen tersebut disisipkan pada plasmid yang sama tetapi telah dilemahkan. Mikrobia yang telah disisipi gen tersebut akan membentuk antigen murni. Jika antigen ini disuntikkan pada tubuh manusia, sistem kekebalan tubuh akan membentuk antibodi yang berfungsi melawan antigen yang masuk ke dalam tubuh. Selain bioteknologi modern, ada juga produk bioteknologi konvensional di bidang kesehatan yaitu antibiotik.

D. PENERAPAN BIOTEKNOLOGI DI BIDANG PERTANIAN DAN PETERNAKAN

Bioteknologi melalui teknik rekayasa genetika telah memberikan keuntungan yang sangat besar bagi bidang pertanian dan peternakan. Sebagai contohnya saat ini telah dihasilkan tanaman tomat transgenik yang buahnya tidak cepat busuk sehingga memperpanjang umur penyimpanan. Dalam hal ini para ahli menghambat kerja gen-gen yang menghasilkan enzim-enzimpenyebab buah tomat menjadi cepat lunak dan kemudian membusuk.

Para ahli memasukkan Gen cry dari bakteri Bacillus thuringiensis (Bt) ke dalam sel tanaman jagung sehingga mampu menghasilkan racun yang mampu membunuh hama ulat.

Gen yang dimasukkan ke dalam beberapa jenis tanaman dengan menggunakan vektor bakteri. Gen ini dapat diwariskan ke tanaman keturunannya.

2. Contoh lain rekayasa genetika pada tanaman yang dimasukkan gen-gen yang mengkode pembentukan beta-karoten, yaitu suatu prekusor vitamin A , ke dalam tanaman padi sehingga dalam tanaman padi itu mengandung vitamin A ***(golden rice***). Hal ini bertujuan untuk mengurangi defisiensi vitamin A yang dapat menyebabkan kebutaan

PLPG 2017

dan telah menyerang lebih dari 100 juta anak di seluruh dunia.

Penerapan bioteknologi dalam bidang peternakan akan membantu peningkatan kuantitas dan kualitas ternak. Misalnya melalui teknik inseminasi buatan, transfer embrio, multiple oculation, fertilisasi in-vitro, dam mikromanipulasi embrio. Yang termasuk dalam mikromanipulasi embrio antara lain teknologi kloning, partenogenesis, transgenik dan pembuatan khimera. Dalam bidang perikanan, teknik rekayasa genetika dapat menghasilkan ikan yang dalam satu generasi berjenis kelamin betina semua.

E. PENERAPAN BIOTEKNOLOGI DI BIDANG BIDANG FORENSIK

Bioteknologi dikenal sebagai teknologi yang memanfaatkan organisme atau bagian dari organisme untuk tujuan meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup manusia. Bioteknologi bidang forensik mempelajari teknik identifikasi manusia yang sudah meninggal, di Indonesia bioteknologi forensik semakin berkembang, yakni menangani teknik atau cara identifikasi kejahatan dengan menggunakan informasi DNA *fingerprint*/sidik jari (Gambar 2) Contohnya, saat itu terjadi peristiwa peledakan bom di tanah air seperti kasus bom Bali, bom Marriot, peledakan bom di depan Kedubes Australia dan lain-lain di mana korban yang telah hancur dapat dikenali identitasnya. Perkembangan bioteknologi forensik dengan menggunakan informasi DNA *fingerprint* di Indonesia sudah dilakukan untuk mengungkap kejahatan teroris, identikasi korban kecelakaan pesawat dan peristiwa lainnya karena kondisi korban yang biasanya hancur dan tidak bisa dikenali lagi.

Gambar 2. Finger print /sidik jari

(Sumber : https://www.google.co.id)

Di negara-negara maju, hal ini telah biasa rDNA *fingerprint* adalah teknik atau cara untuk mengidentifikasi seseorang berdasarkan pada profil DNA nya. Dapat dikatakan pula, DNA fingerprint merupakan salah satu teknik biologi molekuler penanda genetik yang dipakai untuk pengujian profil DNA, yaitu sekumpulan data yang menunjukkan susunan DNA yang khas pada individu yang menjadi sampel orang yang akan ditentukan identitasnya. DNA Fingerprint yang pertama kali diadopsi pada 1985 oleh Alec Jeffreys dari Oxford University. Penemuan Jeffrey ini dapat memberikan metode baru yang dapat mengungkap karakteristik dari masing-masing orang, dengan penanda gennya karena dalam setiap tubuh manusia, binatang, serta tanaman, dan mikroorganisme, terdapat sebuah struktur DNA yang unik. Hal ini berawal dari penemuan tehnik *Polymerase Chain Reaction* (PCR) yang berakibat cukup revolusioner di berbagai bidang. Salah satu hasil aplikasi dari tehnik PCR ini adalah DNA *fingerprint* yakni gambaran pola potongan DNA dari setiap individu. Karena setiap individu mempunyai DNA *fingerprint* yang berbeda maka dalam kasus forensik, informasi ini bisa digunakan sebagai bukti kuat nama korban dan atau keterlibatan kejahatan di pengadilan. DNA pada manusia dan digunakan dalam identifikasi adalah DNA mitokondria dan DNA inti sel. DNA inti sel adalah DNA yang paling akurat untuk tes adalah karena inti sel tidak bisa berubah, kalau DNA mitokondria dapat berubah karena berasal dari garis ibu karena perkawinan dari keturunannya. Dalam semua kasus yang terkait dengan identifikasi korban baik dalam kasus kriminal, kasus kecelakaan, perkosaan; penggunaan kedua tes DNA yakni DNA inti sel dan DNA mitokondria tergantung pada keadaan dan adanya barang bukti di tempat kejadian perkara (TKP). Seperti jika ditemukan puntung rokok, maka yang diperiksa adalah DNA inti sel yang terdapat dalam epitel bibir karena ketika rokok dihisap dalam mulut, epitel dalam bibir ada yang tertinggal di puntung rokok. Epitel ini masih menggandung unsur DNA yang dapat dilacak. Untuk kasus pemerkosaan diperiksa spermanya tetapi yang lebih utama adalah kepala spermatozoanya yang terdapat DNA inti sel didalamnya. Sedangkan jika di TKP ditemukan satu helai rambut maka sampel ini dapat diperiksa asal ada akarnya. Namun untuk DNA mitokondria tidak harus ada akar, cukup potongan rambut karena diketahui bahwa pada ujung rambut terdapat DNA mitokondria sedangkan akar rambut terdapat DNA inti sel. Bagian-bagian tubuh lainnya yang dapat diperiksa selain epitel bibir,

sperma dan rambut adalah darah, daging, tulang dan kuku.

Sistematika analisis DNA *fingerprint* sama dengan metode analisis ilmiah yang biasa dilakukan di laboratorium kimia. Sistematika ini dimulai dari proses pengambilan sampel sampai ke analisis dengan PCR. Pada pengambilan sampel dibutuhkan kehati-hatian dan kesterilan peralatan yang digunakan. Setelah didapat sampel dari bagian tubuh tertentu, maka dilakukan isolasi untuk mendapatkan sampel DNA. Bahan kimia yang digunakan untuk isolasi adalah *Phenolchloroform* dan *Chilex*. *Phenolchloroform* biasa digunakan untuk isolasi darah yang berbentuk cairan sedangkan *Chilex* digunakan untuk mengisolasi DNA dari barang bukti misalnya berupa rambut. Lama waktu proses tergantung dari kemudahan suatu sampel di isolasi, bisa saja hanya beberapa hari atau bahkan bisa berbulan-bulan.

Tahapan selanjutnya adalah sampel DNA dimasukkan kedalam mesin PCR. Langkah dasar penyusunan DNA *fingerprint* dengan PCR yaitu dengan amplifikasi (pembesaran) sebuah set potongan DNA yang urutannya belum diketahui. Prosedur ini dimulai dengan mencampur sebuah primer amplifikasi dengan sampel genomik DNA. Satu nanogram DNA sudah cukup untuk membuat plate reaksi. Jumlah sebesar itu dapat diperoleh dari isolasi satu tetes darah kering, dari sel-sel yang melekat pada pangkal rambut atau dari sampel jaringan apa saja yang ditemukan di TKP. Kemudian primer amplifikasi tersebut digunakan untuk penjiplakan pada sampel DNA yang mempunyai urutan basa yang cocok. Hasil akhirnya berupa kopi urutan DNA lengkap hasil amplifikasi dari DNA sampel korban atau orang.

Selanjutnya kopi urutan DNA akan dikarakterisasi dengan elektroforesis untuk melihat pola pitanya. Karena urutan DNA setiap orang berbeda maka jumlah dan lokasi pita DNA (pola elektroforesis) setiap individu juga berbeda. Pola pita inilah yang dimaksud DNA *fingerprint*. Adanya kesalahan bahwa kemiripan pola pita bisa terjadi secara random (kebetulan) sangat kecil kemungkinannya, mungkin satu diantara satu juta. Finishing dari metode ini adalah mencocokkan tipe-tipe DNA *fingerprint* dengan pemilik sampel jaringan (tersangka pelaku kejahatan)(Irawan, 2003). Kemampuan ahli forensik dalam mengendus jejak kejahatan melalui metode analisis DNA *fingerprint* merupakan suatu langkah maju dalam proses pengungkapan kejahatan di Indonesia. Keakuratan hasil yang hampir mencapai 100% menjadikan metode DNA *fingerprint* selangkah lebih maju

dibandingkan proses biometri (identifikasi menggunakan sidik jari, retina mata, susunan gigi, bentuk tengkorak kepala serta bagian tubuh lainnya) yang telah lama digunakan kepolisian untuk identifikasi. Prioritas utama analisis dengan menggunakan kajian bioteknologi forensik biasanya menyangkut kasus nasional misalnya pada peristiwa peledakan bom, kasus kriminal perkosaan dan kecelakaan dan bahkan DNA finger print telah berkembang penggunaannya untuk mengetahui karakteristik individu dan masih banyak penggunaannya di masa mendatang. Jenis analisa DNA yang dapat dilakukan pada tes DNA fingerprint adalah Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP), Polymerase Chain Reaction (PCR), dan Short Tandem Repeats. STR adalah lokus DNA yang tersusun atas pengulangan 2-6 basa. Dalam genom manusia dapat ditemukan pengulangan basa yang bervariasi jumlah dan jenisnya. Dengan menganalisa STR ini, maka DNA tersebut dapat diprofilkan dan dibandingkan dengan sampel DNA terduga lainnya.

Analisis DNA untuk tes paternitas menggunakan finer print meliputi beberapa tahap yaitu tahap pengambilan spesimen, tahap proses laboratorium, tahap perhitungan statistik dan pengambilan kesimpulan. Adapun beberapa tahap analisa DNA fingerprint adalah sebagai berikut: Isolasi DNA, memotong, mengukur dan mensortir, transfer DNA ke membran nilon, probing. Beberapa teknik pengambilan sampel dan isolasi sebagai berikut: tulang, jaringan, darah dan bercak darah (pada pakaian, karpet, tempat tidur, dan perban), sperma dan bercak sperma

Penggunaan metode pemeriksaan DNA fingerprint pada berbagai kasus adalah penentuan perwalian anak atau penentuan orang tua dari anak (tes paternitas), urusan imigrasi dan kewarganegaraan, solusi kasus bayi tertukar, peristiwa bom bali, pembunuhan dan pemerkosaan.

Latihan Soal Bab II. Uraian

1. Mekanisme dasar dari fermentasi dan biodegradasi dengan menggunakan mikroorganisme untuk menghasilkan produk fungsional dan bersifat komersiil pada dasarnya terdiri atas tiga tahap. Jelaskan apa yang dimaksud pada pernyataan tersebut? Berikan contoh penerapannya pada bidang pangan dan kesehatan.

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017

MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN

BIOLOGI

BAB III KEANEKARAGAMAN HAYATI

Dra. Ely Rudyatmi, M.Si.
Dra. Endah Peniati, M.Si.
Dr. Ning Setiati, M.Si.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

PLPG 2017

Kompetensi Inti Guru (KI)

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu

Kompetensi Guru Mata pelajaran (KD)

Memahami lingkup dan kedalaman biologi sekolah

A. KEANEKARAGAMAN HAYATI

Keanekaragaman hayati atau **biodiversitas** (Bahasa Inggris: *biodiversity*) adalah suatu istilah pembahasan yang mencakup semua bentuk kehidupan, yang secara ilmiah dapat dikelompokkan menurut skala organisasi biologisnya, yaitu mencakup gen, spesies tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme serta ekosistem dan proses-proses ekologi dimana bentuk kehidupan ini merupakan bagiannya. Dapat juga diartikan sebagai kondisi keanekaragaman bentuk kehidupan dalam ekosistem atau bioma tertentu.

Keanekaragaman hayati yang ditemukan di bumi adalah hasil dari miliaran tahun proses evolusi. Asal muasal kehidupan belum diketahui secara pasti dalam sains. Hingga sekitar 600 juta tahun yang lalu, kehidupan di bumi hanya berupa archeabakteri, protozoa, dan organisme uniseluler lainnya sebelum organisme multiseluler muncul dan menyebabkan limpahan keanekaragaman hayati yang begitu cepat, namun secara periodik dan eventual juga terjadi kepunahan secara besar-besaran akibat aktivitas bumi,iklim, dan luar angkasa.

Ada dua faktor penyebab keanekaragaman hayati, yaitu faktor genetik dan faktor luar. Faktor genetik bersifat relatif konstan atau stabil pengaruhnya terhadap morfologi organisme. Contoh keanekaragaman hayati warna bunga mawar, sebaliknya, faktor luar relatif stabil pengaruhnya terhadap morfologi organisme. Contoh: keanekaragaman hayati buah mangga. Contoh tersebut disebabkan oleh pengaruh perangkat pembawa sifat yang disebut dengan gen. Semua makhluk hidup dalam satu spesies/jenis memiliki perangkat dasar penyusun gen yang sama. Gen merupakan bagian kromosom yang mengendalikan ciri atau sifat suatu organisme yang bersifat diturunkan dari induk/orang tua kepada keturunannya.Gen pada setiap individu, walaupun perangkat dasar penyusunnya sama, tetapi susunannya berbeda-beda bergantung pada masing-masing

PLPG 2017

induknya. Susunan perangkat gen inilah yang menentukan ciri atau sifat suatu individu dalam satu spesies.

Faktor yang menyebabkan bagaimana terjadinya keanekaragaman gen? Perkawinan antara dua individu makhluk hidup sejenis merupakan salah satu penyebabnya. Keturunan dari hasil perkawinan memiliki susunan perangkat gen yang berasal dari kedua induk/orang tuanya. Kombinasi susunan perangkat gen dari dua induk tersebut akan menyebabkan keanekaragaman individu dalam satu spesies berupa varietas-varietas (varitas) yang terjadi secara alami atau secara buatan, keanekaragaman yang terjadi secara alami adalah akibat adaptasi atau penyesuaian diri setiap individu dengan lingkungan, seperti pada rambutan. Faktor lingkungan juga turut mempengaruhi sifat yang tampak (fenotip) suatu individu di samping ditentukan oleh faktor genetiknya (genotip). Sedangkan keanekaragaman buatan dapat terjadi antara lain melalui perkawinan silang (hibridisasi), seperti pada berbagai jenis mangga.

B. JENIS-JENIS KEANEKARAGAMAN HAYATI

1. Keanekaragaman Tingkat Gen

Setiap sifat organisme hidup dikendalikan oleh sepasang faktor keturunan (gen), satu dari induk jantan dan lainnya dari induk betina. Keanekaragaman tingkat ini dapat ditunjukkan dengan adanya variasi dalam satu jenis.

misalnya :

- variasi jenis kelapa : kelapa gading, kelapa hijau
- variasi jenis anjing : anjing bulldog, anjing herder, anjing kampung

Yang membuat variasi tadi adalah : **Rumus : F = G + L**

F = fenotip, G = genotip, L = lingkungan

Jika G berubah karena suatu hal (mutasi dll) atau L berubah maka akan terjadi perubahan di F. Perubahan inilah yang menyebabkan terjadinya variasi.

Gambar 1. Variasi morfologi dalam satu jenis gandum akibat persilangan

Jenis Keanekaragaman hayati tidak saja terjadi antar jenis, tetapi dalam satu jenis terdapat keanekaragaman. Adanya perbedaan warna, bentuk, dan ukuran dalam satu jenis disebut variasi.Untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas tentang tingkatan keanekaragaman hayati, uraiannya sebagai berikut ini:

Apa yang dimaksud dengan keanekaragaman hayati tingkat gen? Untuk menemukan jawaban ini, cobalah amati tanaman bunga mawar. Tanaman ini memiliki bunga yang berwarna-warni, dapat berwarna merah, putih atau kuning. Atau pada tanaman mangga, keanekaragaman dapat ditemukan antara lain pada bentuk buahnya, rasa, dan warnanya.Demikian juga pada hewan. dapat membandingkan ayam kampung, ayam hutan, ayam ras, dan ayam lainnya. Dapat dilihat keanekaragaman sifat antara lain pada bentuk dan ukuran tubuh, warna bulu dan bentuk pial (jengger) (Gambar 2).

Gambar 2. Keanekaragaman gen pada ayam

PIPG 2017

2. Keanekaragaman Hayati Tingkat Jenis

Bagaimana membedakan antara tumbuhan kelapa aren, nipah dan pinang? Atau membedakan jenis kacang-kacangan, seperti kacang tanah, kacang buncis, kacang kapri, dan kacang hijau? Atau dapat membedakan kelompok hewan antara kucing,harimau, singa dan citah? Jika hal ini dapat dibedakan dengan benar, maka dapat mengetahui tentang keanekaragaman jenis.Untuk mengetahui keanekaragaman hayati tingkat jenis pada tumbuhan atau hewan, dapat mengamati, antara lain ciri-ciri fisiknya. Misalnya bentuk dan ukuran tubuh,warna, kebiasaan hidup dan lain-lain. Contoh, dalam keluarga kacang-kacangan, antara lain; kacang tanah, kacang kapri, kacang hijau dan kacang buncis. Di antara jenis kacang-kacangan tersebut dapat dengan mudah membedakannya, karena antara mereka ditemukan ciri-ciri yang berbeda antara ciri satu dengan yang lainnya. Misalnya ukuran tubuh atau batang (ada yang tinggi dan pendek); kebiasaan hidup (tumbuh tegak, ada yang merambat), bentuk buah dan biji, warna biji, jumlah biji, serta rasanya yang berbeda (Gambar 2.)

Gambar 3. Keanekaragaman jenis pada kacang-kacangan

Contoh lain, keanekaragaman pada keluarga kucing. Di kebun binatang, dapat mengamati hewan harimau, singa, citah dan kucing.

Gambar 4. Keanekaragaman jenis pada hewan (a) harimau, (b) singa, (c) kucing dan (d) citah.

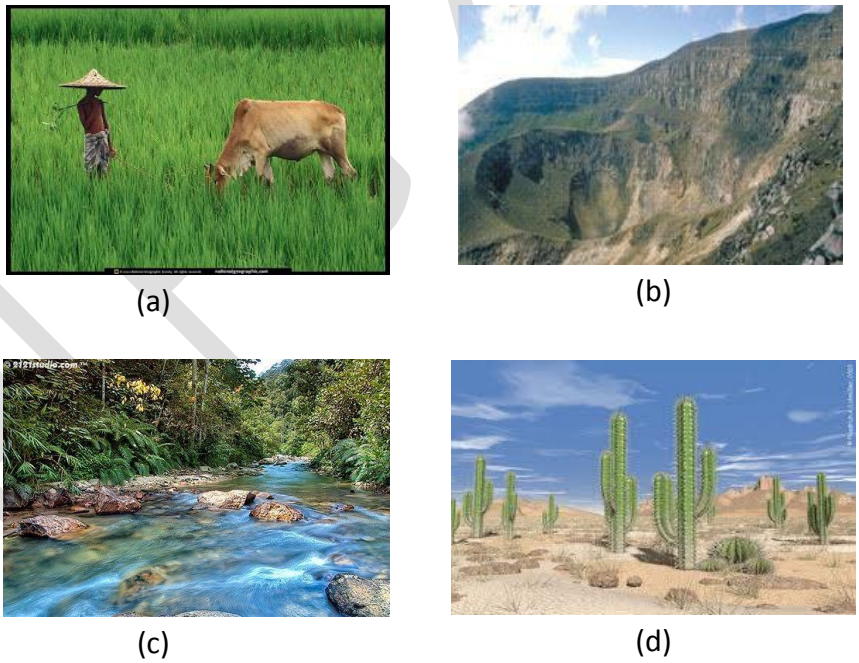
Walaupun hewan-hewan tersebut termasuk dalam satu familia/suku Felidae, tetapi diantara mereka terdapat perbedaan-perbedaan sifat yang mencolok. Misalnya, perbedaan warna bulu, tipe lorengnya, ukuran tubuh, tingkah laku, serta lingkungan hidupnya. Dari contoh-contoh di atas, dapat mengetahui ada perbedaan atau variasi sifat pada kucing, harimau, singa dan citah yang termasuk dalam familia/suku Felidae (Gambar 3). Variasi pada suku Felidae ini menunjukkan keanekaragaman pada tingkat jenis.Hal yang sama terdapat juga pada tanaman kelapa, aren, pinang, dan lontar yang termasuk suku Palmae atau Arecaceae.

3. Keanekaragaman Hayati Tingkat Ekosistem

Ekosistem dapat diartikan sebagai hubungan atau interaksi timbal balik antara makhluk hidup yang satu dengan makhluk hidup lainnya dan juga antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Setiap makhluk hidup hanya akan tumbuh dan berkembang pada lingkungan yang sesuai. Pada suatu lingkungan tidak hanya dihuni oleh satu jenis makhluk hidup saja, tetapi juga akan dihuni oleh jenis makhluk hidup lain yang sesuai. Akibatnya, pada suatu lingkungan akan terdapat berbagai makhluk hidup berlainan jenis yang hidup berdampingan secara damai. Mereka seolah-olah menyatu dengan lingkungan tersebut.
Pada lingkungan yang sesuai setiap makhluk hidup akan dibentuk oleh lingkungan. Sebaliknya, makhluk hidup yang terbentuk oleh lingkungan akan membentuk lingkungan tersebut. Jadi, antara makhluk hidup dengan lingkungannya akan terjadi interaksi yang dinamis.Perbedaan kondisi komponen abiotik (tidak hidup) pada suatu daerah

PLPG 2017

menyebabkan jenis makhluk hidup (biotik) yang dapat beradaptasi dengan lingkungan tersebut berbeda-beda. Akibatnya, permukaan bumi dengan variasi kondisi komponen abiotik yang tinggi akan menghasilkan keanekaragaman ekosistem. Ada ekosistem hutan hujan tropis, hutan gugur, padang rumput, padang lumut, gurun pasir, sawah, ladang, air tawar, air payau, laut, dan lain-lain.Akibatnya, permukaan bumi dengan variasi kondisi komponen abiotik yang tinggi akan menghasilkan keanekaragaman ekosistem (Gambar 4). Suatu perubahan yang terjadi pada komponen-komponen ekosistem ini akan berpengaruh terhadap keseimbangan (homeostatis) ekosistem tersebut.Sebagai suatu sistem, di dalam setiap ekosistem akan terjadi proses yang saling terkait. Misalnya, pengambilan makanan, perpindahan energi atau energetika, daur zat atau materi, dan produktivitas atau hasil keseluruhan ekosistem. Contoh keanekaragaman hayati tingkat ekosistem adalah pohon kelapa banyak tumbuh di daerah pantai, pohon aren tumbuh di pegunungan, sedangkan pohon palem dan pinang tumbuh dengan baik di daerah dataran rendah.



(a) (b)

(c) (d)

Gambar 5. Keanekaragaman ekosistem (a) padang rumput (b) padang tundra (c) sungai dan (d) gurun pasir

Komponen biotik dan abiotik di berbagai daerah bervariasi baik mengenai kualitas komponen tersebut maupun kuantitasnya. Hal inilah yang menyebabkan terbentuknya keanekaragaman ekosistem di muka bumi ini. Antar komponen ekosistem hidup

berdampingan tanpa saling mengganggu, dan apabila terjadi kepunahan atau gangguan terhadap salah satu anggotanya maka akan mengganggu kelangsungan hidup organisme lainnya. Suatu perubahan yang terjadi pada komponen-komponen ekosistem ini akan berpengaruh terhadap keseimbangan (homeostatis) ekosistem tersebut.Sebagai suatu sistem, di dalam setiap ekosistem akan terjadi proses yang saling terkait. Misalnya, pengambilan makanan, perpindahan energi atau energetika, daur zat atau materi, dan produktivitas atau hasil keseluruhan ekosistem. Contoh keanekaragaman hayati tingkat ekosistem adalah pohon kelapa banyak tumbuh di daerah pantai, pohon aren tumbuh di pegunungan, sedangkan pohon palem dan pinang tumbuh dengan baik di daerah dataran rendah.

Bahan diskusi:

Hewan langka adalah species hewan yang populasinya semakin sedikit dan memiliki resiko punah lebih tinggi. Di Indonesia maupun di dunia, daftar hewan langka terus meningkat dari tahun ke tahun. Keberlangsungan hidup berbagai satwa langka yang dilindungi di Indonesia terancam mengalami kepunahan akibat kerusakan lingkungan karena alam dan perbuatan manusia.Buatlah suatu pembahasan tentang jenis hewan langka tertentu kaitannya dengan nilai biodiversitas dari aspek biodiversitas gen, jenis dan ekosistem!

C. CONTOH KEANEKARAGAMAN HAYATI

Di dunia ini terdapat keanekaragaman hayati yang tidak terhingga banyaknya. Keanekaragaman hayati dikelompokkan menjadi 3 yaitu:

1. Keanekaragaman Hayati Tingkat Gen.

Faktor keturunan (gen) merupakan sumber keanekaragaman hayati.Gen mengandung satuan informasi genetik dan mengatur sifat-sifat keturunan tertentu yang diwariskan dari induk kepada keturunannya.

Contoh :

1. Keanekaragaman warna bunga mawar

UPG 2017

Mawar Merah Mawar Kuning Mawar Ungu

Gambar 6. Keanekaragaman warna bunga mawar.

2. Keanekaragaman buah mangga berdasarkan bentuk, rasa, dan warna daging serta kulitnya;
3. Buah durian beraneka ragam dalam ketebalan kulit, ketebalan daging buah, ukuran biji, dan rasanya.
4. Buah pisang beraneka ragam dalam ukuran, warna, bentuk dan tekstur serta rasa daging buahnya; (pisang raja uli, pisang raja molo, pisang raja jambe, pisang raja sereh.
5. Keanekaragaman sifat, warna bulu dan bentuk pial pada ayam.

2. Keanekaragaman Hayati Tingkat Jenis

Keanekaragaman jenis adalah adanya perbedaan yang bisa ditemukan pada kelompok atau komunitas pada berbagai spesies yang hidup di suatu habitat makhluk.

Contoh, di halaman kita terdapat pohon mangga, jeruk, rambutan, kelapa, bunga melati, bunga mawar, jahe, kunyit, burung, lebah, semut, kupu-kupu, dan cacing.

Keanekaragaman jenis yang lebih tinggi umumnya dapat ditemukan di suatu tempat yang jauh dari kehidupan manusia, semisal di hutan. Di hutan terdapat jenis hewan dan tumbuhan yang lebih banyak dibandingkan dengan di kebun atau di sawah.

Adapun beberapa jenis organisme yang memiliki ciri-ciri fisik yang hampir sama seperti tumbuhan kelompok palem yaitu pinang, aren, sawit dan kelapa yang memiliki daun seperti pita. Namun, tumbuh-tumbuhan tersebut merupakan spesies yang berbeda, kelapa memiliki nama spesies *Cocos nucifera*, pinang bernama *Areca catechu.*

3. Keanekaragaman Hayati Tingkat Ekosistem

Ekosistem bisa terbentuk disebabkan adanya berbagai kelompok spesies yang dapat menyesuaikan diri dengan lingkungannya, setelah itu saling mempengaruhi antar spesies

dengan spesies dan spesies dengan lingkungan abiotik tempat hidup, semisal suhu, air, udara, tanah, cahaya matahari, kelembapan dan mineral. Ekosistem berbeda dengan lainnya sesuai dengan spesies pembentuknya. Ekosistem terdapat beberapa macam yaitu ekosistem hutan, ekosistem rawa, ekosistem terumbu karang, ekosistem laut dalam, ekosistem padang lamu, ekosistem mangrove, ekosistem dana, eosistem pantai pasir dll. Kemudian adapun ekosistem buatan manusia yaitu agro ekosistem seperti sawah, kebun, dan ladang. Hanya saja agroekosistem memiliki tingkat keanekaragaman spesies yang lebih rendah dibandingkan dengan ekosistem alamiah, tetapi mempunyai tingkat keanekaragaman genetik yang lebih tinggi.

Bahan diskusi:

Jelaskan tentang contoh suatu keanekaragaman hayati di sawah kemudian dibahas faktor-faktor apa yang menyebabkan terbentuknya keanekaragaman tersebut.

D. EKOSISTEM

Istilah lain dari ekosistem adalah bioma. Walaupun kelihatannya bioma merupakan bagian dari ekosistem tetapi bioma dapat pula diartikan sebagai ekosistem. Bioma dapat diartikan sebagai suatu satuan komunitas pada suatu ekosistem sebagai hasil interaksi iklim regional dengan biota dan substratnya. Iklim dan substrat atau lahan menentukan jenis biota yang hidup di suatu wilayah. Contohnya : vegetasi padang rumput yang tumbuh pada wilayah dengan curah hujan terbatas. Di bumi ada bermacam-macam ekosistem, yaitu ekosistem **alami** dan **buatan.**

1. EKOSISTEM ALAMI

Ekosistem alami, adalah jenis ekosistem yang terjadi secara alami tanpa campur tangan manusia. Contoh dari ekosistem alami antara lain ekosistem sungai, danau, laut, gurun, padang lumut, padang rumput, dan lain-lain.

Secara garis besar ekosistem alami dibedakan menjadi ekosistem darat dan ekosistem perairan.

a. Ekosistem Darat

Ekosistem darat ialah ekosistem yang lingkungan fisiknya berupa daratan. Berdasarkan letak geografisnya (garis lintangnya), ekosistem darat dibedakan menjadi beberapa bioma, yaitu sebagai berikut.

1). Bioma gurun

Gambar 7. Gurun dan setengah gurun banyak ditemukan di Amerika Utara, Afrika Utara, Australia dan Asia Barat.

Lingkungan abiotik

a) Curah hujan sangat rendah, + 25 cm/tahun
b) Kecepatan penguapan air lebih cepat dari presipitasi
c) Kelembaban udara sangat rendah
d) Perbedaan suhu siang haridenganmalamharisangattinggi(siangdapat mencapai 45^0 C,
e) malam dapat turun sampai 0^0 C
f) Tanah sangat tandus karena tidak mampu menyimpan air

Lingkungan biotik:

a. Flora: tumbuhan yang tumbuh adalah tumbuhan yang dapat beradaptasi dengan daerah kering (tumbuhan serofit).
b. Fauna: hewan besar yang hidup di gurun umumnya yang mampu menyimpan air, misalnya unta, sedang untuk hewan-hewan kecil misalnya kadal, ular, tikus, semut, umumnya hanya aktif hidup pada pagi hari, pada siang hari yang terik mereka hidup pada lubang-lubang.

Beberapa bioma gurun terdapat di daerah tropik (sepanjang garis khatulistiwa) yang berbatasan dengan padang rumput. Di gurun dijumpai pula tumbuhan menahun berdaun seperti duri contohnya kaktus, atau tak berdaun dan memiliki akar panjang serta mempunyai jaringan untuk menyimpan air. Hewan yang hidup di gurun antara lain rodentia, ular, kadal, katak, dan kalajengking.

2). Bioma padang rumput

Gambar 8. Padang rumput membentang mulai dari daerah tropis sampai dengan daerah beriklim sedang, seperti Hongaria, Rusia Selatan, Asia Tengah, Amerika Selatan, Australia.

Lingkungan Abiotik:

a. Curah hujan antara 25 - 50 cm/tahun, di beberapa daerah padang rumput curah hujannya dapat mencapai 100 cm/tahun.
b. Curah hujan yang relatif rendah turun secara tidak teratur.
c. Turunnya hujan yang tidak teratur tersebut menyebabkan porositas dan drainase kurang baik sehingga tumbuh-tumbuhan sukar mengambil air.

Lingkungan biotik:

Flora: tumbuhan yang mampu beradaptasi dengan daerah dengan porositas dan drainase kurang baik adalah rumput, meskipun ada pula tumbuhan lain yang hidup selain rumput, tetapi karena mereka merupakan vegetasi yang dominan maka disebut padang rumput. Nama padang rumput bermacam-macam seperti stepa di Rusia Selatan, puzta di Hongaria, prairi di Amerika Utara dan pampa di Argentina.

Fauna: bison dan kuda liar (mustang) di Amerika, gajah dan jerapah di Afrika, domba dan kanguru diAustralia. Karnivora: singa, srigala, anjing liar, cheetah.

3). Bioma Hutan Hujan Tropik

Gambar 9. Hutan tropis memiliki keanekaragaman jenis tumbuhan dan hewan yang paling tinggi. Meliputi daerah aliran sungai Amazone-Orinaco, Amerika Tengah, sebagian besar daerah Asia Tenggara dan Papua Nugini, dan lembah Kongo di Afrika.

Lingkungan abiotik

a. Curah hujannya tinggi, merata sepanjang tahun, yaitu antara 200 - 225 cm/tahun.
b. Matahari bersinar sepanjang tahun.
c. Dari bulan satu ke bulan yang lain perubahan suhunya relatif kecil.
d. Di bawah kanopi atau tudung pohon, gelap sepanjang hari, sehingga tidak ada perubahan suhu antara siang dan malam hari.

Lingkungan biotik

Flora: pada bioma hutan tropis terdapat beratus-ratus spesies tumbuhan. Pohon-pohon utama dapat mencapai ketinggian 20 - 40 m, dengan cabang-cabang berdaun lebat sehingga membentuk suatu tudung atau kanopi.

Tumbuhan khas yang dijumpai adalah liana dan epifit. Liana adalah tumbuhan yang menjalar di permukaan hutan, contoh: rotan. Epifit adalah tumbuhan yang menempel pada batang-batang pohon, dan tidak merugikan pohon tersebut, contoh: Anggrek, paku Sarang Burung.

Fauna: di daerah tudung yang cukup sinar matahari, pada siang hari hidup hewan-hewan yang bersifat diurnal yaitu hewan yang aktif pada siang hari, di daerah bawah kanopi dan daerah dasar hidup hewan-hewan yang bersifat nokfurnal yaitu hewan yang aktif pada malam hari, misalnya: burung hantu, babi hutan,kucing hutan, macan tutul.

4). Bioma Hutan Gugur (*Deciduous Forest*)

Gambar 10. Ciri khas hutan gugur adalah tumbuhannya sewaktu musim dingin, daun–daunnya meranggas. Bioma ini dapat dijumpai di Amerika Serikat, Eropa Barat, Asia Timur dan Chili.

Lingkungan Abiotik

a. Curah hujan merata sepanjang tahun, 75 - 100 cm/tahun.
b. Mempunyai 4 musim: musim panas, musim dingin, musim gugur danmusim semi.
c. Keanekaragaman jenis tumbuhan lebih rendah daripada bioma hutantropis.

Musim panas pada bioma hutan gugur, energi radiasi matahari yang diterima cukup tinggi, demikian pula dengan presipitasi (curah hujan) dan kelembaban. Kondisi ini menyebabkan pohon-pohon tinggi tumbuh dengan baik, tetapi cahaya masih dapat menembus ke dasar, karena dedaunan tidak begitu lebat tumbuhnya. Konsumen yang ada di daerah ini adalah serangga, burung, bajing, dan racoon yaitu hewan sebangsa luwak/musang.

Pada saat menjelang musim dingin, radiasi sinar matahari mulai berkurang, subu mulai turun. Tumbuhan mulai sulit mendapatkan air sehingga daun menjadi merah, coklat akhirnya gugur, sehingga musim itu disebut musim gugur.Pada saat musim dingin, tumbuhan gundul dan tidak melakukan kegiatan fotosentesis. Beberapa jenis hewan melakukan hibernasi (tidur pada musim dingin). Menjelang musim panas, suhu naik, salju mencair, tumbuhan mulai berdaun kembali (bersemi) sehingga disebut musim semi.

5). Bioma Taiga

Biasanya taiga merupakan hutan yang tersusun atas satu spesies seperti konifer, pinus, dap sejenisnya. Semak dan tumbuhan basah sedikit sekali. Hewannya antara lain

moose, beruang hitam, ajag, dan burung-burung yang bermigrasi ke selatan pada musim gugur.

Gambar 11: Bioma Taiga

Taiga terdapat di belahan bumi sebelah utara dan di pegunungan daerah tropik. Ciri-cirinya adalah suhu di musim dingin rendah. Biasanya taiga merupakan hutan yang tersusun atas satu spesies seperti konifer, pinus, dan sejenisnya. Semak dan tumbuhan basah sedikit sekali, Hewannya antara lain moose, beruang hitam, ajag, dan burung-burung yang bermigrasi ke selatan pada musim gugur.

6). Bioma tundra

Gambar 12: Bioma Tundra

Tundra terdapat di belahan bumi sebelah utara di dalam lingkaran kutub utara dan terdapat di puncak-puncak gunung tinggi. Pertumbuhan tumbuhan di daerah ini hanya 60 hari. Contoh tumbuhan yang dominan adalah Sphagnum, lumut kerak, tumbuhan biji semusim, tumbuhan kayu yang pendek, dan rumput. Pada umumnya, tumbuhannya mampu beradaptasi dengan keadaan yang dingin.

Hewan yang hidup di daerah ini ada yang menetap dan ada yang datang pada musim panas, semuanya berdarah panas. Hewan yang menetap memiliki rambut atau bulu yang tebal, contohnya karibou, rusa kutub, beruang kutub, dan insekta terutama nyamuk dan lalat hitam.

2. Ekosistem Perairan

Ekosistem perairan dibedakan atas ekosistem air tawar dan ekosistem air Laut.

a. Ekosistem Air Tawar

Ciri-ciri ekosistem air tawar antara lain variasi suhu tidak menyolok, penetrasi cahaya kurang, dan terpengaruh oleh iklim dan cuaca. Macam tumbuhan yang terbanyak adalah jenis ganggang, sedangkan lainnya tumbuhan biji. Hampir semua filum hewan terdapat dalam air tawar. Organisme yang hidup di air tawar pada umumnya telah beradaptasi.

Tumbuhan bersel satu yang hidup di air tawar mempunyai dinding sel kuat misalnya beberapa alga biru dan alga hijau. Tumbuhan tingkat tinggi, seperti teratai *(Nymphaea gigantea),*mempunyai akar jangkar.

Hewan dan tumbuhan rendah yang hidup di habitat air, tekanan osmosisnya sama dengan tekanan osmosis lingkungan atau isotonis. Hewan tingkat tinggi yang hidup di ekosistem air tawar, misalnya ikan, mengatasi perbedaan tekanan osmosis dengan melakukan osmoregulasi untuk memelihara keseimbangan air dalam tubuhnya melalui sistem ekskresi, insang, clan pencernaan.

Ekosistem air tawar dapat dikelompokkan menjadi air tenang dan air mengalir. Yang termasuk ekosistem air tenang adalah danau dan rawa, sedangkan yang termasuk ekosistem air mengalir adalah sungai.

1) . Danau

Gambar 13. Ekosistem Danau

Danau merupakan suatu badan air yang menggenang dan luas. Di danau terdapat pembagian daerah berdasarkan penetrasi cahaya matahari. Daerah yang dapat ditembus cahaya matahari sehingga terjadi fotosintesis disebut daerah *fotik.* Daerah yang tidak tertembus cahaya matahari disebut daerah *afotik.* Di danau juga terdapat daerah perubahan suhu yang drastis, disebut*termoklin.* Termoklin memisahkan daerah yang hangat di atas dengan daerah dingin di dasar.

Komunitas tumbuhan dan hewan tersebar di danau sesuai dengan kedalaman dan jaraknya dari tepi. Berdasarkan hal tersebut danau dibagi menjadi 4 daerah sebagai berikut.

a) Daerah litoral

Daerah ini merupakan daerah dangkal. Cahaya matahari menembus dengan optimal. Air yang hangat berdekatan dengan tepi danau. Tumbuhannya merupakan tumbuhan air yang berakar dan daunnya ada yang mencuat ke atas permukaan air. Komunitas organisme sangat beragam termasuk jenis-jenis ganggang yang melekat (khususnya diatom), berbagai siput dan remis, serangga, crustacea, ikan, amfibi, reptilia air dan semi air seperti kura-kura dan ular, itik, angsa, dan mamalia yang sering mencari makan di danau.

b) Daerah limnetik: daerah ini merupakan daerah air bebas yang jauh dari tepi dan masih dapat ditembus sinar matahari. Daerah ini dihuni oleh berbagai fitoplankton, termasuk ganggang dan cyanobakteri. Ganggang berfotosintesis dan bereproduksi dengan kecepatan tinggi selama musim panas dan musim semi.

Zooplankton yang sebagian besar termasuk Rotifera dan udang-udangan kecil pemangsa fitoplankton. Zooplankton dimakan oleh ikan-ikan kecil. Ikan kecil dimangsa oleh ikan yang lebih besar, kemudian ikan besar dimangsa ular, kurakura, dan burung pemakan ikan.

c) **Daerah profundal**: daerah ini merupakan daerah yang dalam, yaitu daerah afotik danau. Mikroba dan organisme lain menggunakan oksigen untuk respirasi seluler setelah mendekomposisi detritus yang jatuh dari daerah limnetik. Daerah ini dihuni oleh cacing dan mikroba.

d) **Daerah bentik** : daerah ini merupakan daerah dasar danau tempat terdapatnya bentos dan sisa-sisa organisme mati.

Danau juga dapat dikelompokkan berdasarkan produksi materi organiknya, yaitu sebagai berikut.

a) Danau oligotrofik

Oligotrofik merupakan sebutan untuk danau yang dalam dan kekurangan makanan, karena fitoplankton di daerah limnetik tidak produktif. Ciri-cirinya, airnya jernih sekali, dihuni oleh sedikit organisme, dan di dasar air banyak terdapat oksigen sepanjang tahun.

b) Danau eutrofik

Eutrofik merupakan sebutan untuk danau yang dangkal dan kaya akan kandungan makanan, karena fitoplankton sangat produktif. Ciri-cirinya adalah airnya keruh, terdapat bermacam-macam organisme, dan oksigen terdapat di daerah profundal.

Danau oligotrofik dapat berkembang menjadi danau eutrofik akibat adanya materi-materi organik dan endapan yang masuk. Perubahan ini juga dapat dipercepat oleh aktivitas manusia, misalnya dari sisa-sisa pupuk buatan pertanian dan timbunan sampah kota yang memperkaya danau dengan sejumlah nitrogen dan fosfor. Akibatnya terjadi peledakan populasi ganggang atau *blooming,* sehingga terjadi produksi detritus yang berlebihan yang akhirnya menghabiskan suplai oksigen di danau tersebut. Peristiwa seperti ini disebut*"eutrofikasi".* Eutrofikasi membuat air tidak dapat digunakan lagi dan mengurangi nilai keindahan danau.

2). Sungai

Sungai adalah suatu badan air yang mengalir ke satu arah. Air sungai dingin dan jernih serta mengandung sedikit sedimen dan makanan. Aliran air dan gelombang secara konstan memberikan oksigen pada air. Suhu air bervariasi sesuai dengan ketinggian dan garis lintang.Komunitas yang berada di sungai berbeda dengan danau. Air sungai yang mengalir deras tidak mendukung keberadaan komunitas plankton untuk berdiam diri, karena akan terbawa arus. Sebagai gantinya terjadi fotosintesis dari ganggang yang melekat dan tumbuhan berakar, sehingga dapat mendukung rantai makanan.

Komposisi komunitas hewan juga berbeda antara sungai, anak sungai, dan hilir. Di anak sungai sering dijumpai ikan air tawar. Di hilir sering dijumpai ikan lele dan gurame. Beberapa sungai besar dihuni oleh berbagai kura-kura dan ular. Khusus sungai di daerah tropis, dihuni oleh buaya dan lumba-lumba.

Organisme sungai dapat bertahan tidak terbawa arus karena mengalami adaptasi evolusioner. Misalnya bertubuh pipih dorsoventral dan dapat melekat pada batu. Beberapa jenis serangga yang hidup di sisi-sisi hilir menghuni habitat kecil yang bebas dari pusaran air.

Ekosistem sungai banyak mengalami ganguan karena pembangunan waduk atau bendungan. Waduk dapat memutus jalan bagi sejumlah ikan yang biasa bergerak dari hilir ke hulu untuk bertelur. Akibatnya, sejumlah spesies ikan hilang dari aliran sungai tersebut. Contoh, didaerah tropis seperti Indonesia adalah ikan sidat. Ikan pelus hidup di dekat hulu sungai, tetapi bertelur di laut. Karena jalannya terputus, maka aktivitas perkembang biakannya terganggu. Di daerah subtropis, terdapat ikan salmon yang hidup di laut. Pada saat musim bertelur, ikan-ikan tersebut bergerak ke hulu untuk bertelur di sana. Setelah telur menetas, ikan salmon yang masih kecil hidup di sungai dan pada saat sudah besar kembali ke laut.

2. Ekosistem Air Laut

Ekosistem air laut dibedakan atas lautan, pantai, estuari, dan terumbu karang.

a. Ekosistem Laut

Gambar 14: Ekosistem laut

Habitat laut (oseanik) ditandai oleh salinitas (kadar garam) yang tinggi dengan ion Cl- mencapai 55% terutama di daerah laut tropik, karena suhunya tinggi dan penguapan besar. Di daerah tropik, suhu laut sekitar 25°C. Perbedaan suhu bagian atas dan bawah tinggi.

Batas antara lapisan air yang panas di bagian atas dengan air yang dingin di bagian bawah disebut daerah *termoklin.*

Di daerah dingin, suhu air laut merata sehingga air dapat bercampur, maka daerah permukaan laut tetap subur dan banyak plankton serta ikan. Gerakan air dari pantai ke tengah menyebabkan air bagian atas turun ke bawah dan sebaliknya, sehingga memungkinkan terbentuknya rantai makanan.

Habitat laut dapat dibedakan berdasarkan kedalamannya dan wilayah permukaan-nya secara horizontal.

Menurut kedalamannya, ekosistem air laut dapat dibedakan sebagai berikut.

1) ***Wilayah pasang (Litoral)***

Wilayah pasang merupakan bagian dari laut yang dasarnya kering ketika terjadi surut. Ikan tidak bisa hidup pada wilayah ini, tetapi beberapa jenis binatang dapat dijumpai pada wilayah ini.

2) ***Wilayah laut dangkal (Neritik)***

Sesuai dengan namanya, wilayah ini relatif dangkal sehingga masih dimungkinkan sinar matahari masuk sampai ke dasar laut. Indonesia memiliki wilayah laut dangkal yang cukup luas seperti landas kontinen sunda (Laut Jawa, Laut Natuna, Riau Kepulauan, Selat Malaka) dan landas kontinen sahul (Laut Arafuru). Wilayah-wilayah tersebut tentunya menyimpan kekayaan berupa flora dan fauna. Ciri-ciri wilayah ini adalah : paling dalam mencapai 150 meter.Sinar matahari masih tembus sampai ke dasar laut dan paling banyak dihuni oleh binatang dan tumbuhan laut.

3) ***Wilayah lautan dalam (Batial)***

Wilayah ini berada pada kedalaman antara 150-800 meter. Sinar matahari tidak mampu menembus sampai ke dasar laut dangkal. Dengan demikian, jumlah dan jenis binatang yang hidup pada wilayah ini lebih sedikit dibanding wilayah laut dangkal.

4) ***Wilayah lautan sangat dalam (Abisal)***

Wilayah ini berada pada kedalaman di atas 1800 meter. Dengan kedalaman tersebut, tumbuhan tidak mampu lagi bertahan karena tidak ada sinar matahari. Karena itu jumlah dan jenis hewan pun terbatas, kecuali hewan yang telah beradaptasi dengan lingkungan tersebut.

Menurut wilayah permukaannya secara horizontal, berturut-turut dari tepi laut, laut dibedakan sebagai berikut.

1) ***Epipelagik*** merupakan daerah antara permukaan dengan kedalaman sekitar 200 m.

2) ***Meso pelagik*** merupakan daerah dengan kedalaman 200-1000 m. Hewannya misalnya ikan hiu.

3) ***Batio pelagik*** merupakan daerah jereng benua dengan kedalaman 200-2.500 m. Hewan yang hidup di daerah ini misalnya gurita.

4) ***Abisal pelagik*** merupakan daerah dengan kedalaman mencapai 4.000 m; tidak terdapat tumbuhan tetapi hewan masih ada. Sinar matahari tidak mampu menembus daerah ini.

5) ***Hadal pelagik*** merupakan bagian laut terdalam (dasar). Kedalaman lebih dari 6.000 m. Di bagian ini biasanya terdapat lele laut dan ikan laut yang dapat mengeluarkan cahaya. Sebagai produser di tempat ini adalah bakteri yang bersimbiosis dengan karang tertentu.

Di laut, hewan dan tumbuhan tingkat rendah memiliki tekanan osmosis sel yang hampir sama dengan tekanan osmosis air laut.Hewan tingkat tinggi beradaptasi dengan cara banyak minum air, pengeluaran urin sedikit, clan pengeluaran air dengan cara osmosis melalui insang. Garam yang berlebihan diekskresikan melalui insang secara aktif.

3. Ekosistem Pantai

Ekosistem pantai letaknya berbatasan dengan ekosistem darat, laut, dan daerah pasang surut. Ekosistem pantai dipengaruhi oleh siklus harian pasang surut laut.

Organisme dominan yang hidup di pantai berbeda bila dilihat dari lokasinya. Ganggang, moluska, dan remis banyak dijumpai di bagian paling atas pantai yang hanya terendam saat pasang naik tinggi. Organisme tersebut menjadi makanan bagi kepiting dan burung pantai. Bagian tengah pantai banyak dijumpai ganggang, porifera, anemon laut, remis dan kerang, siput herbivora dan karnivora, kepiting, landak laut, bintang laut dan ikan-ikan kecil. Daerah tersebut terendam saat pasang tinggi dan pasang rendah. Sementara itu, beragam invertebrata dan ikan serta rumput laut banyak ditemui di daerah pantai terdalam yang terendam saat air pasang maupun surut.

4. Ekosistem Estuari

Gambar 15. Ekosistem Estuari

Estuari (muara) merupakan tempat bersatunya sungai dengan laut. Estuari sering dipagari oleh lempengan lumpur intertidal yang luas atau rawa garam. Salinitas air berubah secara bertahap mulai dari daerah air tawar ke laut. Salinitas ini juga dipengaruhi oleh siklus harian dengan pasang surut aimya.

Nutrien dari sungai memperkaya estuari. Komunitas tumbuhan yang hidup di estuari antara lain rumput rawa garam, ganggang, dan fitoplankton. Komunitas hewannya antara lain berbagai cacing, kerang, kepiting, dan ikan. Bahkan ada beberapa invertebrata laut dan ikan laut yang menjadikan estuari sebagai tempat kawin atau bermigrasi untuk menuju habitat air tawar. Estuari juga merupakan tempat mencari makan bagi vertebrata semi air, yaitu unggas air.

5. Terumbu Karang

Gambar 16. Ekosistem Terumbu Karang

Terumbu karang didominasi oleh karang (koral) yang merupakan kelompok Cnidaria yang mensekresikan kalsium karbonat. Rangka dari kalsium karbonat ini bermacam-macam bentuknya dan menyusun substrat tempat hidup karang lain dan ganggang.

Hewan-hewan yang hidup di karang memakan organisme mikroskopis dan sisa organik lain. Berbagai invertebrata, mikro organisme, dan ikan, hidup di antara karang dan

ganggang. Herbivora seperti siput, landak laut, ikan, menjadi mangsa bagi gurita, bintang laut, dan ikan karnivora. Terumbu karang juga menjadi habitat bagi banyak organisme, terumbu karang memiliki banyak fungsi lainnya. Kekuatan ombak menjadi berkurang dengan adanya terumbu karang, sehingga pantai relatif aman dari kerusakan.

Saat ini kerusakan terumbu karang terus terjadi, baik sebagai bahan bangunan maupun sebagai barang-barang hiasan. Pengambilan ikan hias juga cenderung berlebihan (*overfishing*) dan menggunakan bahan peledak, sehingga menghancurkan terumbu karang secara keseluruhan.

2. EKOSISTEM BUATAN

Ekosistem buatan adalah ekosistem yang diciptakan manusia untuk memenuhi kebutuhannya. Ekosistem buatan mendapatkan subsidi energi dari luar, tanaman atau hewan peliharaan didominasi pengaruh manusia, dan memiliki keanekaragaman rendah.

a. Bendungan

Suatu ekosistem buatan yang berupa bangunan penahan atau penimbun air untuk berbagai keperluan, misalnya irigasi, pembangkit listrik.

b. Hutan Tanaman Industri

Hutan yang sengaja ditanami dengan jenis tanaman industri. Jenis tanaman yang umum ditanam adalah pinus, mahoni, rasamala, dammar, dan jati seperti gambar di bawah.

c. Agroekosistem

Suatu ekosistem buatan berupa ekosistem pertanian, misalnya sawah irigasi, sawah tadah hujan, sawah surjan, sawah rawa, sawah pasang surut, perkebunan (teh, kopi kelapa sawit, dan karet), kolam tambak, ladang, dan pekarangan.

Bahan Diskusi:

Diskusikan dengan kelompok belajar membahas tentang bagaimana cara mengatasi ekosistem sawah dan ekosistem tanaman industri yang mengalami kerusakan karena tanah terkontaminasi limbah pabrik.

PLPG 2017

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017

MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN

BIOLOGI

BAB IV VIRUS

Dra. Ely Rudyatmi, M.Si.
Dra. Endah Peniati, M.Si.
Dr. Ning Setiati, M.Si.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

PLPG 2017

Kompetensi Inti :

Menguasi materi struktur, konsep dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu

Kompetensi Dasar :

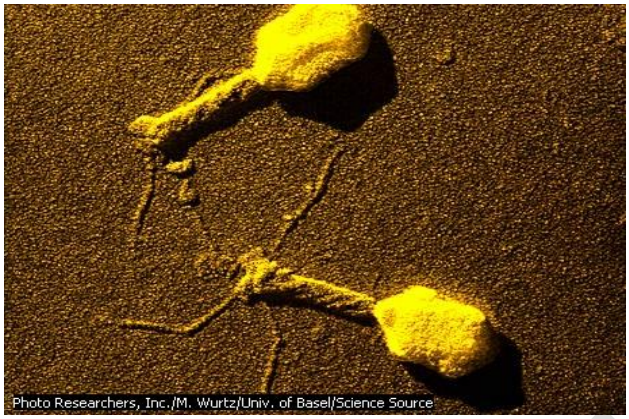
Memahami lingkup dan kedalaman biologi sekolah

A. CIRI-CIRI VIRUS

Virus termasuk organisme , karena dapat menunjukkan sifatnya sebagai makhluk hidup yakni dapat berkembang biak di dalam sel hidup. Virus bersifat parasit obligat , dan melakukan memperbanyak diri dengan menggunakan material/bahan dari sel hospesnya. Virus berukuran amat kecil, biasanya diukur dengan satuan nanometer. Virus hanya dapat diamati dengan mikroskop elektron, tak dapat diamati dengan mikroskop cahaya. Walaupun virus sama sekali tak dapat dilihat oleh mata telanjang namun akibat dan efeknya dapat dirasakan..

Partikel virus dinamakan virion, terdiri atas asam nukleat (DNA atau RNA) uyang diselubungi oleh protein, selubung protein tersebut dinamakan kapsid. Komponen kapsid dan asam nukleat disebut nukleokapsid, bisa berada dalam keadaan telanjang atau terbungkus oleh selubung membran. Adenovirus, virus mozaik tembakau dan virus kutil berbentuk nukleokapsid telanjang. Sedangkan untuk virus yang diselubungi membran dapat ditemui pada virus influenza dan virus herpes. Jenis-jenis partikel virus ada 4 (empat) bentuk yakni heliks telanjang, heliks berselubung, kubus telanjang dan kubung berselubung. Bagaimana dengan morfologi virus (Pelajari buku Mikrobiologi Umum, Schlegel & Schmidt, Terjemahan oleh T. Baskoro, hal 154). Kapsid terdiri atas sub bagian yaitu kapsomer. Kapsid pada umumnya berbentuk simetrik yakni simetrik heliks dan simetri kubus (Gambar 1).

PLPG 2017



Gambar 1 Bentuk partikel virus

Virus penyebab penyakit influenza mempunyai satu virion berselubung. Tipe virus dengan dua virion simetri kubus, diantaranya satu virion tanpa selubung terdapat pada virus polieder dan polimielitis dan untuk virus herpes termasuk virus dengan satu virion berselubung. **Virus mozaik tembakau** mempunyai satu virion tanpa selubung.Virus mozaik tembakau merupakan contoh untuk virion dengan simetri heliks. Virus ini dapat diperoleh dari getah perasan tumbuh-tumbuhan yang sakit TMV. Virus ini nampak sebagai batang kecil dengan penampang 18 nm, nukleokapsidnya berbentuk batang, terdiri dari lebih kurang 2.100 kapsomer. Kapsomer-kapsomer ini tersusun di atas garis sekrup (heliks) dan membentuk tabung berongga. Setiap kapsomer terdiri atas satu rantai polipeptida dengan rangkaian 158 asam amino yang urutannya diketahui. Dalam dinding berongga ini disiapkan RNA diantara kapsomer dan heliks RNA mengikuti garis sekrup (Carilah informasi bagaimana bentuk partikel virus TMV di internet). **Virus influenza**, partikel virus ini berpenampang 110 nm.Nukleokapsidnya dibungkus oleh sebuah selubung, yang merupakan bagian dari membran sel hospes, dari selinilah muncul partikel virus. Perbanyakan virus ini terjadi di dalam sel-sel hospes. Pembebasan virion terjadi menyerupai kuntum-kuntum, memenag telah diketahui bahwa selubung partikel virus terdiri dari membran hospes yang mememng dapat dimodifikasi oleh protein yang ditentukan oleh virus. Terdapat banayk jenis virus influenza, jaringan mana yang akan diinfeksi, tergantung dari spesifitas hospes virus yang bersangkutan dan sifat-sifat reseptornya. Mengapa demikian dan bagaimana mekanismenya ? **Virus polieder tanpa selubung,** bentuk polieder yang banyak dijumpai adalah ekosaeder atau disebut berbidang 20, yakni benda yang dibatasi oleh 20 segitiga sama sisi, dengan 12 sudut. Kapsid virus ekosaeder terdiri dari dua jenis kapsomer. Pada sudut-sudutnya terdapat

PLPG 2017

segi lima, penton yang terdiri atas 5 monomer protein, bidang-bidangnya dan sisi-sisinya oleh segi enam hekson-hekson yang terdiri atas enam protomer. Susunan kapsid yang terdiri dari kapsomer mengikuti hukum kristalografi. Kebanyakan virus terbentuk menurut prinsip ekosaeder, misalnya virus poliomelitis, virus mulut teracak sapi, adenovirus dan virus tumor SV 40. (Coba sdr cari partikel virus demikian dari internet dan terangkan apa gambar partikel virus yang sdr dapatkan dengan mengikuti hukum kristalografi ? **Virus polieder berselubung**, berbentuk ekosaeder yang berselubung dapat ditemui pada virus penyebab Varicella, virus herpes zoster dan virus yang menjadi penyebab vesikel pada kulit. Kapsid ekosaeder virus herpes terdiri atas 162 kapsomer, yang jelas pasti membran selubung tersebut berasal dari bagian dalam membran inti sel dari sel hospes.Kapsidnya kemudian diselubungi oleh membran inti bagian dalam dan dibebaskan dengan cara membentuk kuntum dan dituntun keluar oleh sistem retikulum endoplasma. Cacar air adalah penyakit ringan pada anak-anak. Virus Varicella menginfeksi saluran napas bagian atas dan menyebar melalui darah dan akhirnya virus diam di dalam kulit dan menimbulkan gelembung-gelembung kecil dan datar. Herpes zoster timbul pada penderita yang kebal parsial dan tumbuh karena terjadi reaktivasi dari virus Varicella, dengan demikian maka kedua penyakit ini disebabkan oleh virus yang sama. **Virus penyakit cacar**, virus ini merupakan virus terbesar duiantara virus yang patogen untuk hewan. Susunannya berbeda dari keempat virus yang telah dibicarakan diatas. Virus ini mengandung DNA, protein dan sejumlah lipida, sehingga dapat disebut sebagai virion yang kompleks. Partikel-partikel virus penyakit cacara adalah Variola dan cacar sapi adalah Vaccinia. Partikel virus amat tahan terhadap kekeringan sehingga mempunyai daya tular yang tinggi, sementara yang dapat terserang cacar dan cacar air hanya manusia dan kera dan anak sapi, kelinci dan biri-biri. Kedua virus Variola dan Vaccinia memiliki antigen yang sama. Untuk mencegah penyakit cacar, manusia divaksinasi dengan virus Vaccinia yang diperoleh dari anak sapi, yang menimbulkan gejala penyakit yang sangat ringan pada manusia. Vaksinasi aktif ini menginduksi antibodi dalam serum dan memberi imunitas terhadap penyakit cacar sebenarnya. Virus dapat menyerang bakteri yang dikenal dengan bakteriofag

Virus bakteri (bakteriofag) adalah virus yang menginfeksi bakteri. Bakterifag dapat diisolasi dari bakteri yang terinfeksi . Virus hanya memperbanyak diri dalam sel-sel yang

PLPG 2017

sedang tumbuh. Dengan menggunakan sentrifus dan atau filtrasi, bakteri yang tertinggal dapat dipisahkan dan banyaknya fag dapat dihitung dalam supernatan. Dengan menggunakan metode dan medium yang cocok, bakteriofag dapat diperbanyak dalam medium padat atau didalam suspensi bakteri. Selanjutnya bakteri dapat dipisahkan dengan sentrifugasi, bakteri yang tersisa dapat dibunuh dengan khlorofom. Akhirnya kan diperoleh supernatan yang berisi fag, yang biasanya mengandung 10^{10} sampai 10^{13} fag tiap sel. Morfologi bakteriofag, wujud bakteriofag terutama dicontohkan pada fag-fag seri-T dari *Escherichia coli* disebut se4bagai kolifag. Kolifag T2 terdiri dari satu kepala poliedrik yang panjangnya 100 nm dengan ekor yang sama panjangnya sehingga disebut sebagai virus majemuk. Kepalanya terdiri dari kapsomer yang mengelilingi DNAnya. Didalamnya terdapat DNA dan protein dalam jumlah yang sama. Berbagai bentuk bakteriofag meliputi bentuk benang misalnya kolifag fd, kepala heksagonal dengan ekor bersarung kontraktil yakni pada kolifag T2,T4 dan T6, kepala dengan ekor panjang fleksibel (Gambar 1), terdapat pada kolifag T1 dan T5 dan kolifag tidak kontraktil dan kepala dengan ekor pendek misalnya kolifag T3 dan T7. Sedangkan bentuk geometri kepala fag dapat okataeder dan atau eikosaeder. Carilah berbagai bentuk bakterifag dan geometri kepala fag yang sdr dapatkan dari internet !

Multiplikasi fag virulen : siklus litik Perbanyak diri virus alam sel-sel hospes merupakan peristiwa yang kompleks. Tahap demi tahap dari proses sintesis, mulai dari terinfeksinya sel-sel hospes sampai pembebasan partikel-partikel virus telah tersingkapkan secara luas pada bakteriofag seri T (T2, T4 dan T6) baik segi biokimia maupun dari segi genetik dan morfologi. Penelitian untuk mencapai hal ini terbantu pertama, adanya DNA fag yang mengandung basa 5-hidroksimetil-sitosin sebagai ganti sitosin sehingga sintesisnya gampang diikuti karena terbentuk basa ini; yang kedua, karena dapat dihasilkannya mutan-mutan dengan blokade merupakan salah sebuah langkah multiplikasi atau hanya dapat terus berlangsung kalau disertai kondisi tertentu. Mutan-mutan inilah yang memungkinkan dapat diamati para peneliti untuk mengetahui cara berlangsung perkembangan fag dalam sel hospes dan juga urutan waktu bagian-bagian fag disintesis dan disusun. Seperti halnya virus yang lain, bakteriofag juga tak dapat bergerak. Kalau suspensi bakteriofag bebas dicampur dengan suspensi bakteri,

PLPG 2017

maka akan terjadi sentuhan/singgungan yang berakibat teradsorpsinya ke dalam bakteri. Selanjutnya sel-sel hospes akan lisis dan dibebaskannya bakteriofag baru ke dalam medium suspensi. **Adsorpsi**, tidak seiap fag dapat diadsorpsi oleh setiap bakteri. Hubungan spesifik hospes bakteriofag didasari oleh kespesifikan adsorpsinya. Hal ini dapa dikembalikan kepada adanya reseptor pada dinding sel, untuk beberapa fag terkandung dalam liporotein dan untk fag yang lain terkandung dalam lapisan polisakarida. Tidak adanya bahan reseptor ini menjadi penyebab resistensinya bakteri terhadap fag. Kalau terdapat fagdalam jumlah berlebihan, dapat terjadi adsorpso berkali-kali dengan 200-300 fag. Perkembangan fag di dalam sel, sesudah terjadi adsorpsi akan diikuti dengan penyuntikan DNA ke dalam sel. Pada fag T2 peristiwa injeksi ini terdiri dari : penambatan lempeng ujung, kontraksi sarung dan selanjutnya terjadi penusukan pasak berongga ke dalam sel bakteri. Pada tahap ini asam nukleat masuk ke dalam sel sedangkan selubung proteinnya tetap berada di luar, yang dibuktikan dengan penandaan asam nukleat dengan ^{32}P dan selubung proteinnya dengan ^{35}S. Sarung protein fag dapat digunting dari sel tanpa mempengaruhi multiplikasi fag . Sepanjang tahap perkembangan fag di dalam sel ini disebut masa laten. Pada *E. coli* rata-rata berlangsung 25 menit, pada sel-sel yang dipecah secara alami, tidak dapat ditemukan fag DNA. Fag yang tersuntik ke dalam sel, segera menimbulkan perubahan-perubahan besar pada metabolisme sel yang terinfeksi.

Perkembangan fag temperenter : siklus lisogenik Fag-fag terbentuk secara teratur melisis bakteri-bakteri yang telah terinfeksi sehingga disebut *virus virulen*. Namun banyak fag yang menginfeksi bakteri hospesnya tanpa memperbanyak diri dan tanpa menyebabkan lisis sel, fag demikian bersifat temperen (moderat) dan nampaknya memperbanyak diri sesuai dengan bakteri hospes. Namun kdang-kadang pada satu diantara 102 sampai 105 bakteri “lisogen” seperti ini terjadi perbanyakan diri fag secara spontan dan terjadi lisis sel Kalau bakteri lisogen dicampur dengan bakteri bakteri dari genus bakteri lain maka dan menghasilkan fag infektif maka fag tersebut disebut *virulen.* Fag-fag ini akan menginfeksi bakteri-bakteri yang peka yang ada disekitarnya dan menghasilkan daerah bening di dalam bidang pertumbuhan bakteri yang rapat. Bakteri lisogen mempunyai kemampuan untuk memproduksi fag tanpa memperlihatkan sifat ini baik secara morfologi maupun secara serologi. Coba carilah mekanisme siklus kehidupan fag temperen dan kaitkan dengan sifat multiplikasi fag virulen pada siklus litik !

PLPG 2017

B. PERAN VIRUS DALAM KEHIDUPAN

Pada umumnya banyak orang telah mengetahui bahwa virus hanya akan merugikan manusia. Banyak diantara kita tidak mengetahui mengenai peranan virus yang dapat menguntungkan.

Peranan virus yang merugikan

Efek merugikan virus adalah adanya berbagai macam penyakit yang dapat ditemukan baik pada manusia, hewan dan tumbuhan. Pada tumbuhan virus dapat merusak tanaman yang nampak pada organ daun, akar dan buah. Pada hewan virus dapat menyebabkan berbagai penyakit, seperti flu burung, tetelo pada ternak unggas dan lain-lain. Pada manusia virus dapat menyebabkan penyakit herpes, flu, hepatitis, kanker dan lain-lain.

Peranan virus yang menguntungkan bagi manusia

1. Membuat Vaksin

Patogen di dalam vaksin yang sudah dilemahkan membuatnya tidak berbahaya lagi ketika menyerang manusia. Pemberian vaksin ke dalam tubuh manusia, akan membuat tubuh kita menghasilkan antibodi terhadap patogen yang kemungkinan akan menyerang tubuh. Sehingga ketika bakteri tersebut benar-benar muncul dan hendak menyerang, tubuh sudah memiliki benteng berupa kekebalan terhadap patogen itu. Beberapa contoh vaksin itu antara lain :

a. Vaksin MMR (Measles, Mumps, Rubella) berfungsi sebagai pencegah penyakit cacar air, gondongan, campak jerman;
b. OPV (Oral Polio Vaccine) berfungsi sebagai pencegah sakit polio;
c. HZV (Varicella Zoster Vaccine) berfungsi mencegah penyakit cacar air;
d. HBV (Hepatitis B Vaccine) berfungsi sebagai pencegah sakit kuning.

2. Pembuatan Pelawan Racun (Anti toksin)

Upaya menggabungkan DNA virus dengan DNA lain yang menguntungkan, akan mempengaruhi bakteri yang nantinya akan diinfeksi. Dalam hal ini DNA virus akan digabungkan dengan DNA manusia yang mengawasi sintetis pelawan racun. Selanjutnya, DNA itu oleh virus lisogenik disambungkan ke sel bakteri sehingga bakteri tersebut akan mengandung gen penghasil zat pelawan racun (anti toksin). Bakteri yang mengandung

PLPG 2017

anti toksin akan membelah diri dan menghasilkan bakteri-bakteri lainnya sehingga memiliki sifat dan gen yang sama (anti toksin).

3. Pelemahan Bakteri

DNA dari virus lisogenik yang kemudian memasuki bakteri patogen, membuat bakteri itu jadi tak berbahaya jika masuk kedalam organ tubuh manusia.

4. Pemanfaatan virus dalan dunia kedokteran

Virus dapat dimanfaatkan untuk membuat peta kromosom yang penting dalam dunia kedokteran yang dapat membantu kedokteran dalam menjalankan tugasnya menganalisa dan membuat terobosan terbaru dalam bidang kedokteran

PLPG 2017

Latihan Soal Bab IV Uraian

1. Dalam kehidupan sehari-hari virus dapat merugikan dan menguntungkan manusia. Jelaskan secara singkat bagaimana hal tersebut terjadi dan berikan masing-masing dua contohnya.

PLPG 2017

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017

MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN

BIOLOGI

BAB V PROTISTA MONERA DAN ALGA

PLPG 2017

Dra. Ely Rudyatmi, M.Si.
Dra. Endah Peniati, M.Si.
Dr. Ning Setiati, M.Si.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

Kompetensi Inti Guru (KI)

Menguasi materi struktur, konsep dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu

Kompetensi Guru Mata pelajaran (KD)

Memahami lingkup dan kedalaman biologi sekolah

A. PROTISTA

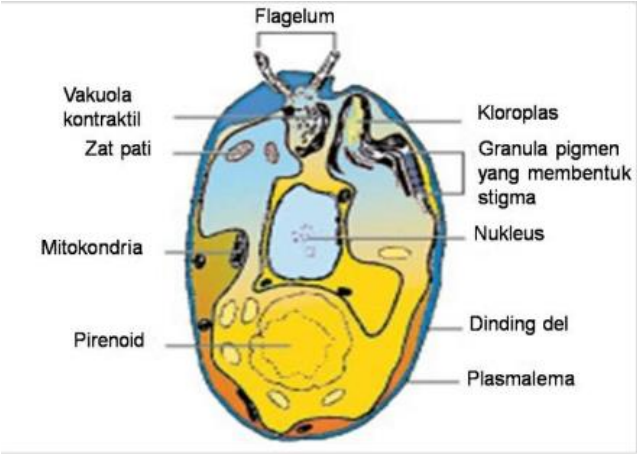
Menurut klasifikasi yang dikemukan oleh Whittaker dikelompokan makhluk hidup dibagi adalam 5 (lima) kingdom, yaitu Animalia, Plantae, Fungi, Protista dan Monera. Pada era mikroskop sederhana yang ditemukan oleh Robert Hooke dan Antonie van Leeuwenhoek Protista dibagi dua yakni Protista tingkat tinggi meliputi organisme uniselulair yang bersifat eukariotik (eu = sejati : kariotik = inti) artinya organisme yang mempunyai inti sejati yakni inti sel dengan diselubungi membran inti, misalnya kelompok Protozoa dan Protista tingkat rendah yakni organisme uniselluair yang bersifat prokariotik (Pro =primitif : karion = inti) dikemukan tahun 1866, oleh Ernst Haeckel mengusulkan tiga kingdom meliputi Protista, untuk "organisme netral" yang menjembatani antara tumbuhan dan hewan dan protista sendiri bukan tumbuhan dan bukan juga hewan. Ketiga *kingdom* menurut Haeckel adalah: *Kingdom* Animalia, *Kingdom* Plantae dan *Kingdom* Protista. Protista kebanyakan uniselulair dan beberapa ada yang bersifat multisellulair. Sampai saat ini Protista masih dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu protista yang mirip tumbuhan dicirikan mampu melakukan fotosisntesis, protista mirip hewan dengan ciri utama bersifat *motil* yaitu mampu bergerak aktif, protista yang mirip tumbuhan mampu berfotosintesis dan protista mirip jamur dicirikan pada siklus hidup pendek atau mempunyai fase muda seperti amoeba dengan reproduksi seperti jamur.

Ada dua organisme mirip jamur yakni jamur lendir atau *slime mold* dan *Myxomycotina.*

1. Jamur lendir (slime mold)

Ciri utama jamur lendir adalah massa sel yang terpisah dengan membran sel, sifatnya haploid dan tidak bersifat sonositik. Sifat lainnya yang mirip jamur adalah habitat hidupnya pada tanah yang lembab dan air tawar, dedaunan lembab dan batang

kayu lapuk, bersifat heterotrof. Jamur lendir hubungan filogenetik yang dekat dengan amoeba. Hal ini ditunjukkan dengan gerakan yang dilakukan dengan kaki semu yang dipunyainya. Kaki semu ini digunakan untuk mengambil makanan berupa jazat renik misalnya bakteri lainnya. Struktur jamur lendir seperti pada Gambar 1, terlihat jelas nukleus, sebagai ciri organisme eukariotik dan flagellum yang merupakan ciri mirip amoeba yakni dapat bergerak aktif.



Gambar 1. Struktur jamur lendir
(Sumber : https://www.google.co.id)

2. Myxomycotina

Struktur vegetatifnya protista ini seperti plasmodium dicirikan dengan masa sitoplasma dengan inti banyak dan tidak ada batas dinding sel yang kuat, dapat bergerak secara amoeboid dan melakukan pencernaan sederhana dari partikel bahan organik yang telah membusuk di dalam sel tubuhnya. Bila kondisi lingkungan baik maka plasmodium akan melanjutkan perkembangbiakan vegetatif dengan ditandai selnya bertambah dan terjadi pembelahan inti sel secara terus – menerus. Pada Myxomycota ada fenomena yang disebut "fruiting bodies" (Gambar 2), merupakan badan buah yang terbentuk karena lingkungan yang mendukung dan selanjutnya badan buah berkembang menghasilkan spora yang dapat memisahkan diri dari induknya. Spora yang terlepas dari badan buah akan membentuk gamet amoeboid yang memiliki flagel. Setelah itu setiap pasangan gamet mereka akan bergabung dan menjadi sebuah zigot yang memiliki flagel. Setelah itu zigot ini akan kehilangan flagelnya sehingga ia menjadi plasmodium lagi. Inti plasmodium akan bersifat diploid dan proses miosis akan terjadi jika akan terbentuk spora,

Gambar 2. Fruiting body pada Plasmodium.
(Sumber : http://www.google.co.id)

Protista mirip tumbuhan dicirikan dengan organisme yang belum mempunyai deferensiasi jaringan artinya tidak dapat dibedakan antara akar, batang dan daun, tubuhnya berupa talus biasanya dimasukkan dalam *thalophyta*. Protista mirip tumbuhan dikenal juga sebagai alga / ganggang dengan ciri khusus yakni struktur tubuhnya berbentuk benang/pita , ada yang berkoloni dan ada yang yang uniselular. Beberapa jenis ganggang ada yang bersifat *motil* namun ada pula yang tidak memiliki alat gerak. Ganggang mendapat makanannya dari fotosintesis karena memiliki klorofil. Habitat ganggang ada di daerah berair, ditemui menempel pada batu – batu (epilitik), lumpur, tanah dan pasir (epipalik), kadang ditemui pula menempel pada hewan (epizoik), beberapa bisa didapatkan menempel pada tumbuhan (epifitik).

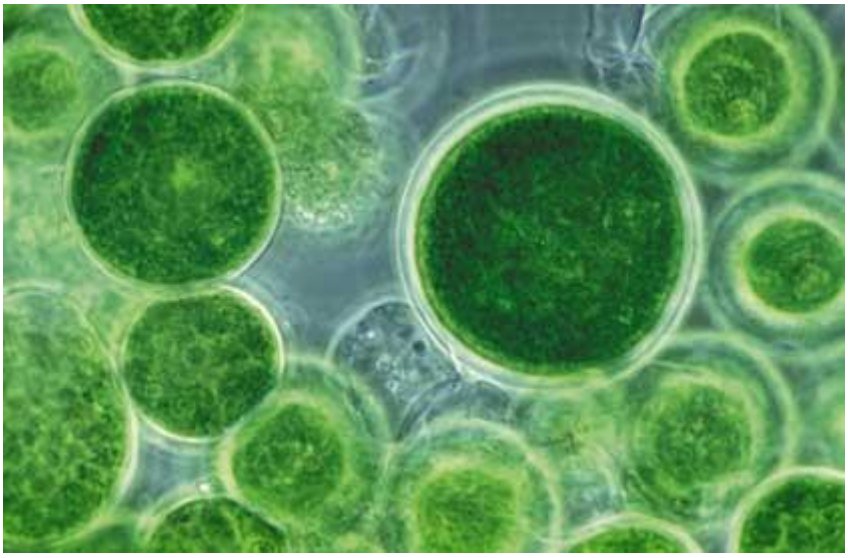
Kelompok protista mirip daun padadasarnya dapat melakukan reproduksi seperti halnya ganggang, yakni dengan 3 cara yaitu pembelahan sel, fragmentasi, pembentukan zoospora dan reproduksi seksual

Gamet yang dapat ditemui pada ganggang adalah isogami dan oogami, dimana isogami adalah menggambarkan gamet jantan dan gamet betina memiliki ukuran yang sama, dan oogami adalah istilah untuk gamet jantan dan gamet betina memiliki ukuran

berbeda di mana betina mempunyai ukuran lebih besar, tidak bergerak dan gamet jantan berukuran lebih kecil dan dapat bergerak.

Pengelompokan ganggang berdasarkan warna pigmennya yaitu : ganggang hijau, , ganggang coklat, ganggang merah dan ganggang keemasan.

Beberapa ganggang penting antara lain Chlorella , gangang ini bersifat uniselluler, tubuhnya berbentuk seperti bola, bentuk khloroplas seperti mangkuk, dapat hidup di air tawar dan laut, reproduksi secara vegetatif dan dengan suhu ideal 25°C.



Gambar 3. Chlorella
(Sumber : www.google.co.id)

Ganggang penting lainnya Spirogyra, Ulfa, diatomae dan Navicula (ganggang keemasan) , merupakan ganggang yang dapat membentuk endapan bermanfaat untuk bahan pembuatan cat, pernis dan lainnya

Protista mirip hewan dikenal dengan Protozoa. Ciri utamanya adalah uniselulair, eukariotik, bentuk beragam, berukuran sangat kecil kurang dari 10 mikron beberapa ada yang berukuran besar sampai 6 mm. Hidup soliter da atau berkoloni. Sifat protozoa adalah parasit, dan saprofit. Struktur sel Protista terdiri atas membran plasma, sitoplasma, nukleus, mitokondria. Berdasarkan alat gerak yang dipunyai Protozoa dikelompokkan menjadi *Rhizopoda, Ciliata, Flagellata dan Sporozoa.*

B. MONERA

Monera mencakup semua organisme prokariota seperti bakteri, cyanobacteria, Mycoplasma dll. Monera adalah organisme uniseluler yang memiliki cara yang berbeda untuk mendapatkan nutrisi.

Mereka mungkin aerobik atau anaerobik. Memiliki dinding sel dan terbuat dari peptidoglikan. Bahan inti tidak terorganisir. Memiliki DNA. Flagela mungkin atau mungkin tidak hadir. Tidak ada metode seksual reproduksi yang hadir. Organel utama seperti mitokondria, lisosom, plastida tidak ada.

Contoh monera yang menguntungkan dan merugikan manusia

Monera mempunyai peran yang menguntungkan antara lain :

a) Lactobacilus bulgaris untukpembuatan keju.

b) *Escherichia coli* membusukan makanan didalam usus

c) *Rhizobium leguminosarum* mampu mengikat nitrogen (N2) dari udara sehingga menyuburkan tanah.

d) Nitrosomonas dan nitrosococcus mengubah amonia menjadi nitrit

e) Nitrobacter mengubah nitrit menjadi nitrat.

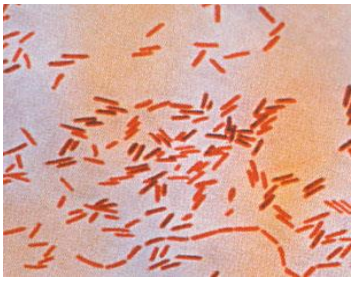
Selain menguntungkan monera juga ada yang merugikan yaitu :

a) Clestridium tetani menyebabkan penyakit tetanus

b) Treponema pallidum menyebabkan penyakit sipilis

Salmonella typhi menyebabkan penyakit tifus.

Gambar 4. Lactobacilus



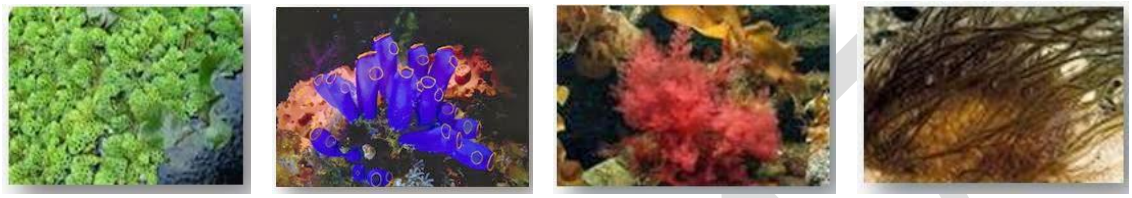
Gambar 5.Salmonella typhi

PIPG 2017

C. ALGA

Di bawah ini dibahas secara khusus tentang Alga

Alga adalah organisme fotosintetik sederhana, yang termasuk kedalam kingdom Protista. Berdasarkan terjadinya pigmen dan cadangan makanan, alga diklasifikasikan ke dalam jenis yang berbeda, yaitu alga biru-hijau (Blue Green Algae), alga hijau (Green Algae), alga merah (Red Algae), dan alga coklat (Brown Algae) seperti disajikan pada Gambar 1.



Gambar 6. Alga hijau, biru, merah dan coklat
(Mulydi,T http://sitisalmah27.blogspot.co.id/2014/03/makalah.html)

Protista bersifat fotoautotrof dapat membuat makanannya sendiri dengan cara fotositentis. Ganggang/Alga memiliki kloroplas dengan mengandung klorofil atau plastida yang berisi pigmen fotosintetik lainnya. Ganggang (Alga) dapat dengan mudah ditemukan di air tawar maupun air laut. Ada yang hidup dengan menempel di suatu tempat atau melayang-layang di air.

Ganggang menimbulkan air sawah, air kolam, air danaum, atau akuarium tampak berwarna hijau. Namun, masyarakat menyangka bahwa ganggang adalah lumut. Padahal ganggang berbeda dengan lumut. Lumut tidak terendam di air, sedangkan ganggang hidup dalam air. Jika di pegang, lumut akan terasa seperti beludru dan lebih kering, sedangkan ganggang akan terasa basah, licin atau berlendir. Di laut, ganggang mudah ditemukan, dan biasanya terdampar di pantai, berbentuk menyerupai tumbuhan yang berwarna-warni (hijau, kuning, merah atau cokelat). Biasanya orang awam menyebutnya dengan rumput laut.

Ciri-Ciri Ganggang (Alga)

Ganggang (alga) memiliki karakteristik/ciri-ciri umum antara lain sebagai berikut...

- Organisme eukariotik
- Bersifat fotoautotrof (berfotosintetis)

PLPG 2017

- Mempunyai klorofil dan pigmen fotosintetik lainnya,
- Mempunyai pirenoid
- Menyimpan cadangan makanan
- Bersifat uniseluler/multiseluler
- Memiliki dinding sel/tidak
- Soliter/berkoloni
- Bergerak/tidak bergerak
- Bereproduksi secara aseksual yaitu membelah diri/fragmentasi/spora vegetatif, dan seksual yaitu konjugasi/singami/anisogami.
- Metagenesis atau tidak
- Hidup dengan bebas atau bersimbiosis dengan jamur membentuk lichen
- Tubuh Ganggang (Alga) tidak dapat dibedakan antara akar, batang, dan daun. Tubuh berupa talus, sehingga termasuk dalam golongan thalophyta
- Habitat di perairan baik di air tawar maupun di air laut, tempat lembab. Menempel di bebatuan (epilitik), tanah/lumpur/pasir (epipalik), menempel pada tumbuhan sebagai (epifik), dan menempel tubuh hewan (epizoik)

1. Alga Biru-Hijau (Blue Green Algae)

Alga biru-hijau (Blue Green Algae), juga disebut sebagai cyanobacteria, adalah bentuk paling sederhana dari alga. Contoh Alga hijau biru adalah Nostoc dan Calothrix. Seperti namanya, mereka berwarna biru-hijau, mulai dari organisasi bersel tunggal dengan membentuk kolonial.

Alga biru-hijau mengandung klorofil ‘a’, ‘b’, dan phycobilins. Mereka prokariotik dalam organisasi seluler yang menyerupai bakteri. Alga biru-hijau dianggap perantara antara bakteri dan tanaman. Oleh karena itu, nama cyanobacteria diberikan untuk spesies tersebut. Karena mereka tidak memiliki organel khusus, mereka berfotosintesis langsung melalui sitoplasma.

Beberapa spesies ganggang biru-hijau dapat dimanfaatkan sebagai sumber makanan alternatif, misalnya Spirulina sp. Beberapa spesies ganggang biru-hijau yang bersimbiosis

PLPG 2017

dapat menambat (fiksasi) nitrogen bebas , sehingga menambah kesuburan tanah, misalnya : Anabaena azollae

2. Alga Hijau (Green Algae)

Alga hijau termasuk ke dalam filum Chlorophyta, dan mereka mengandung klorofil 'a', 'b', karotenoid, dan xanthophylls. Cadangan makanan utama mereka adalah pati. Beberapa contoh dari jenis alga ini adalah Ulva, Codium, dan Caulerpa.

Sampai sekarang, sekitar 7000 spesies alga hijau telah diidentifikasi. Mereka dapat berupa uniseluler atau multiseluler. Kebanyakan dari mereka adalah alga air tawar, sementara hanya beberapa spesies yang ditemukan di air laut.

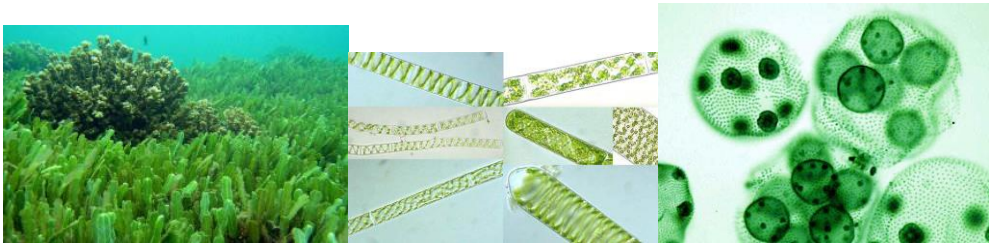
Kandungan klorofil yang tinggi dalam alga hijau berfungsi sebagai alat detoksifikasi yang dapat membuang logam berat (seperti: merkuri, kadmium, timah, dsb) dan pestisida dari dalam tubuh. Aksi pembersihan alga hijau pada sistem pencernaan dan sistem pembuangan membantu darah tetap bersih. Darah yang bersih dapat memastikan bahwa sampah hasil metabolisme akan terbuang dari jaringan secara efisien.

Chlorella, uniseluler, sel berbentuk seperti bola-bola kecil, kloroplas berbentuk seperti mangkok, dan hidup di air tawar. Dinding sel Chlorella terbentuk dari selulosa dan tidak berflagela. Reproduksi terjadi secara vegetatif dengan membelah diri dan membentuk spora. Chlorella dapat berkembang biak dengan cepat dan memiliki nilai ekonomi yang tinggi sehingga dibudidayakan untuk diolah menjadi makanan suplemen dan kosmetik. Chlorella dikenal sebagai PST (protein sel tunggal) dan mengandung 45% protein, 20% lemak, 20% karbohidrat, dan 10% vitamin (riboflavin, vitamin B12, karoten).

Spirogyra, hidup di air tawar (misalnya kolam), berbentuk benang bersekat, dan berlendir. Kloroplas Spirogyra berbentuk spiral. Reproduksi vegetatif dengan fragmentasi, dan generatif dengan konjugasi yang menghasilkan zigospora.

Volvox, koloni berbentuk bola yang tersusun dari sekitar 500 sel dengan dua flagela dan terangkai oleh benang sitoplasma. Volvox memiliki alat kelamin (anteridium dan oogoniurn) dan sel-sel yang membesar, yang terletak di bagian permukaan koloni. Fertilisasi ovum oleh spermatozoid menghasilkan zigot yang akan tumbuh dan membentuk koloni anak.

PLPG 2017



Chlorela Spirogyra Volvox

Gambar 7. Chlorela, Spirogyra, dan Volvox
(http://www.sridianti.com/ciri-ciri-chlorophyta-alga-hijau.html)

3. Alga Merah (Red Algae)

Alga merah termasuk Rhodophyta, dan mereka mengandung klorofil 'a', 'd', karotenoid, xanthophylls, dan phycobilins. Cadangan makanan mereka adalah pati floridean. Contoh alga merah adalah Chondrus dan spesies Gelidiella. Mayoritas dari varietas spesiesini hidup di air laut. Lebih dari 6500 spesies alga merah telah diidentifikasi, dan sekitar 200 spesies hidup di air tawar.

Pigmen merah yang disebut phycobilin membantu dalam pengambilan cahaya di kedalaman laut. Oleh karena itu, beberapa anggota jenis ini ditemukan pada kedalaman seperti di dasar laut, di mana tidak ada organisme fotosintetik lain dapat beradaptasi.

Manfaat alga merah antara lain sebagai bahan makanan dan kosmetik.misalnya eucheuma spinosum , selain itu juga dipakai untuk mengeraskan atau memadatkan media pertumbuhan bakteri.

4. Alga Coklat (Brown Algae)

Alga coklat termasuk kelas Paeophyceae, dan mereka mengandung klorofil 'a', 'c', dan pigmen fucoxanthin. Karena klorofil berwarna hijau dan pigmen coklat yang disebut fucoxanthin, anggota yang termasuk dalam kelas ini memperlihatkan warna coklat-kehijauan yang khas.

Cadangan makanan mereka adalah polimer karbohidrat kompleks yang disebut laminarin. Laminaria dan Macrocystis adalah contoh alga coklat. Mirip dengan alga merah, sebagian besar kelompok-kelompok alga ini hidup di air laut. Alga coklat adalah yang paling kompleks, dimana beberapa spesies yang berada pada kedalaman tertentu di laut.

PLPG 2017

Para kelps raksasa ditemukan di dasar laut adalah alga coklat spesies dari urutan Laminarales. Kelps adalah satu-satunya jenis alga coklat yang menunjukkan diferensiasi jaringan.

Alga coklat banyak digunakan dalam industri makanan atau farmasi, algin atau asam alginate dari ganggang coklat digunakan dalam pembentukan eskrim, pembentukan pil, salep, pembersih gigi, lotion dan krim, selain itu alga coklat dapat dimanfaatkan karena kandungan nitrogen dan kaliumnya cukup tinggi, sedangkan kandungan fosfornya rendah. Spesies alga sangat sensitif terhadap perubahan kondisi lingkungan. Oleh karena itu, mereka digunakan sebagai indikator biologis untuk menentukan modifikasi lingkungan. Sebagai contoh, alga air tawar sederhana seperti Euglena dan Chlorella digunakan untuk menunjukkan tingkat pencemaran air

PLPG 2017

Latihan Soal Bab V Uraian

1. Jelaskan bagaimana reproduksi *Lactobacilus bulgaris* dan bagaimana peranannya terhadap kehidupan manusia?

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017

MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN

BIOLOGI

BAB VI SEL EUKARIOT

Dra. Ely Rudyatmi, M.Si.
Dra. Endah Peniati, M.Si.
Dr. Ning Setiati, M.Si.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

PLPG 2017

Kompetensi Inti Guru (KI)

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu

Kompetensi Guru Mata pelajaran (KD)

Memahami lingkup dan kedalaman biologi sekolah

A. PENGERTIAN SEL

Sel merupakan kumpulan materi paling sederhana yang dapat hidup dan merupakan unit penyusun semua makhluk hidup. Sel mampu melakukan semua aktivitas kehidupan dan sebagian besar reaksi kimia untuk mempertahankan kehidupan berlangsung di dalam sel. Makhluk hidup dapat tersusun atas hanya satu sel dan ada yang banyak sel. Makhluk hidup yang tersusun atas sel tunggal (organisme uniseluler), misalnya bakteri dan amoeba. Makhluk hidup lainnya terdiri dari banyak tipe sel terspesialisasi dengan fungsinya masing-masing (organismen multiseluler) termasuk tumbuhan, hewan dan manusia. Tubuh manusia, misalnya, tersusun atas lebih dari 10^{13} sel. Semua tubuh organisme uni seluler dan multiseluler berasal dari hasil pembelahan satu sel. Contohnya, tubuh bakteri berasal dari pembelahan sel bakteri induknya, sementara tubuh ayam berasal dari pembelahan sel zigot hasil pembuahan/peleburan antara sel telur gamet betina) dan sel sperma (gamet jantan).

Sel-sel pada organisme multiseluler tidak akan bertahan lama jika masing-masing berdiri sendiri. Sel yang memiliki asal, struktur dan fungsi sama dikelompokkan menjadi jaringan. Kelompok jaringan yang melakukan beberapa fungsi tertentu disebut dengan organ. Tubuh organisme dapat tersusun atas beberapa organ dan sistem organ.

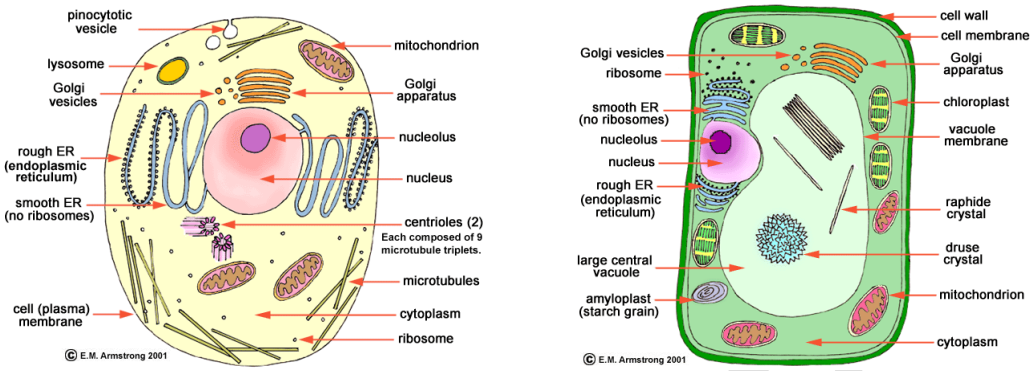
Berikut ini akan ditunjukkan perbedaan antara sel tumbuhan dan hewan yang merupakan golongan sel eukariot, yaitu sel yang mempunyai membran inti (sel yang mempunyai sistem endomembran).

B. PERBEDAAN STRUKTUR SEL TUMBUHAN DAN SEL HEWAN

Secara umum dapat dikatakan bahwa perbedaan utama dari sel hewan dan sel tumbuhan adalah dari ukuran dan bentuknya. Meskipun memiliki perbedaan, ada juga

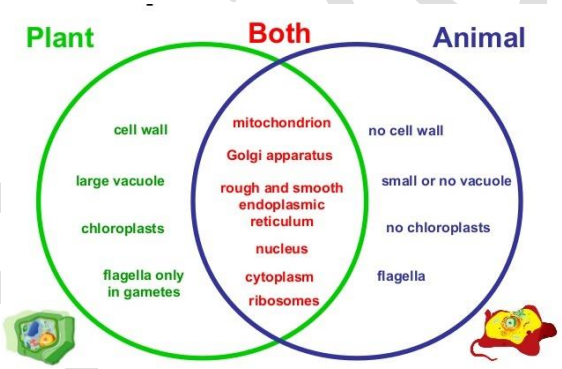
PLPG 2017

persamaan antara sel hewan dengan sel tumbuhan. Hal ini bisa kita lihat dengan membandingkan ilustrasi sel hewan dan sel tumbuhan (Gambar 1).



Gambar 1. Ilustrasi sel hewan dan sel tumbuhan secara umum
(Sumber: http://waynesword.palomar.edu/lmexer1a.htm)

Berdasarkan Gambar 1 di atas terlihat ada organel yang dimiliki bersama oleh sel tumbuhan dan sel hewan, namun ada juga yang hanya dimiliki oleh sel tumbuhan atau sel hewan saja. Dengan demikian dapat dibuat ilustrasi berikutnya seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Persamaan dan perbedaan sel hewan dan sel tumbuhan
(Sumber: https://wikis.engrade.com/plantvsanimalcells)

Tabel 1. Perbedaan dan persamaan sel hewan dengan sel tumbuhan

Gambaran	Sel Hewan	Sel Tumbuhan
Ukuran	Umumnya berukuran kecil	Berukuran lebih besar daripada sel hewan
Bentuk	Bulat atau bervariasi	Persegi
Dinding sel	Tidak ada, sehingga bentuknya bervariasi	Ada
Plastida	Umumnya tidak ada, kecuali pada Protozoa tertentu	Ada plastid

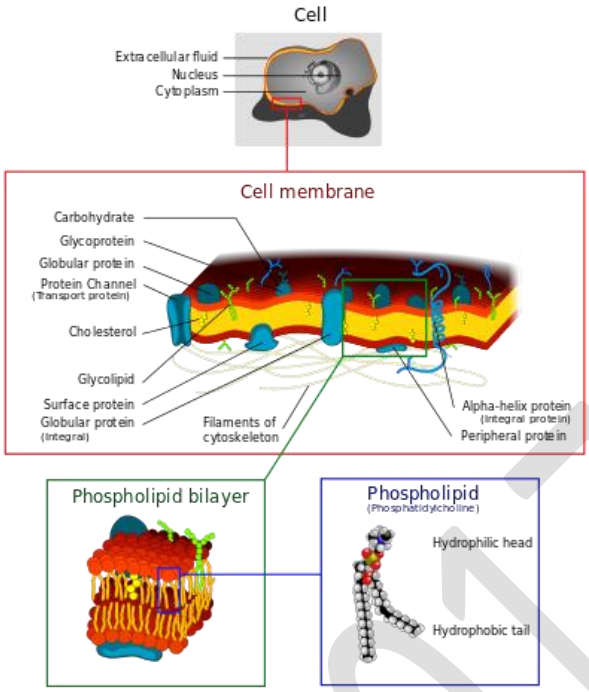
Gambaran	Sel Hewan	Sel Tumbuhan
Vakuola	Banyak dan kecil, tersebar di seluruh sitoplasma, menyimpan air, besi, dan limbah sel	Memiliki satu vakuola sentral. Menyimpan air dan menjaga turgiditas sel
Kompleks Golgi	Tunggal, sangat kompleks, berada di sekitar nukleus	Banyak, lebih sederhana daripada sel hewan, dalam bentuk diktiosom
Sentrosom	Ada	Tidak memiliki sentrosom dan sentriola, diganti oleh *microtubule organizing center*
Lisosom	Ada, berfungsi untuk	Tidak ada

(Sumber: http://www.plantcell.us/)

C. SISTEM MEMBRAN PADA SEL EUKARIOT

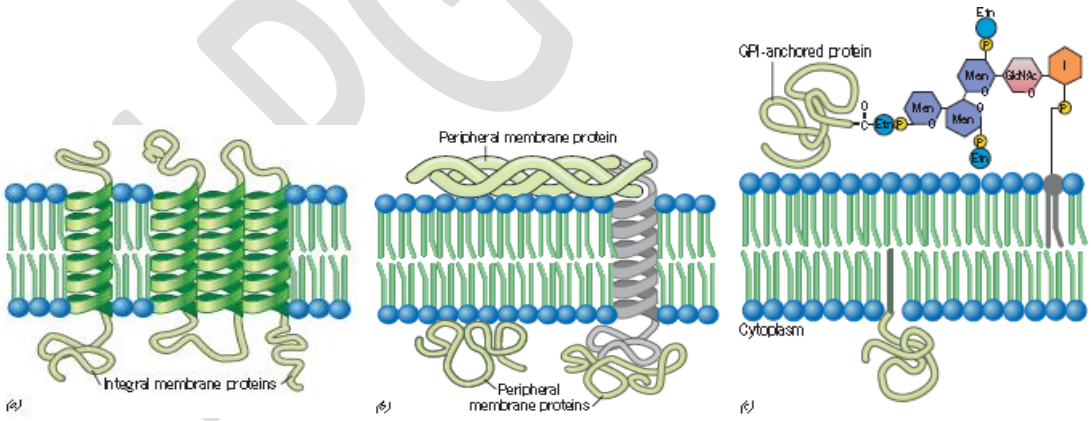
Membran sel (dikenal juga sebagai membran plasma atau membran sitoplasma) merupakan membran biologis yang memisahkan bagian dalam suatu sel dari lingkungan luarnya. Membran sel bersifat selektif permeabel terhadap ion-ion dan molekul-molekul organik serta mengontrol pergerakan senyawa masuk dan keluar sel. Fungsi dasar membran membran sel adalah melindungi sel dari lingkungannya. Membran sel terdiri dari dwi lapis fosfolipid dengan protein yang menempel atau tertanam (Gambar 1 dan Gambar 2). Membran sel terlibat dalam berbagai proses seluler misal adhesi sel, konduktivitas ion, dan pensinyalan sel, serta berperan sebagai permukaan perlekatan berbagai struktur ekstraseluler, misalnya dinding sel, glikokaliks, dan sitoskeleton intraseluler. Di dalam sel eukariotik, membran nukleus, retikulum endoplasma, badan Golgi, mitokondria, dan organel lain yang diselaputi membran berperan menjaga perbedaan karakteristik kandungan setiap organel dengan sitosol. Gradien ion lintas membran diatur oleh aktivitas protein membran yang terpesialisasi, dapat digunakan untuk mensintesis ATP, untuk mengarahkan bahan terlarut melintasi membran, atau menghasilkan dan meneruskan sinyal-sinyal listrik.

PPG 2017

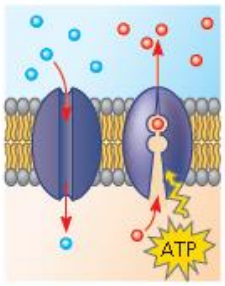


Gambar 3. Ilustrasi fosfolipida, fosfolipid dwi lapis, dan membran sel (Sumber: https://en.wikipedia.org/wiki/Cell_membrane)

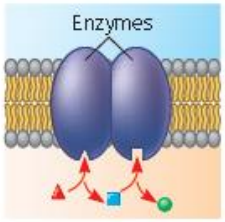
Berdasarkan posisi protein pada membran sel, diklasifikasi menjadi tiga kelas, yaitu protein peripheral, protein integral, dan protein yang terikat pada lipid (Gambar 2).



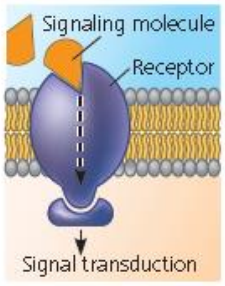
Gambar 4. Tiga kelas protein membran. (a) protein integral, memiliki satu atau lebih heliks transmembran. (b) protein periferal, terikat secara non kovalen pada kepala polar gugus dwi lapis lipida dan/atau pada protein membran integral. (c) protein terikat lipida, terikat secara kovalen pada gugus lipida yang berada di dalam membran. Lipidaanya bisa fosfatidilkolin, asam lemak, atau gugus prenil (hidrokarbon berantai panjang tersusun dari lima unit iosprenoid). (Sumber: Karp, dkk. 2010)



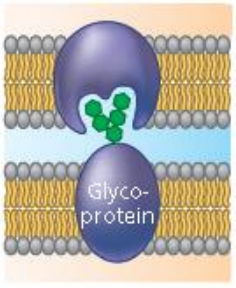
a. Transpor. *Kiri:* Suatu protein yang terentang lintas membran dapat memberikan kanal hidrofilik yang selektif untuk suatu bahan terlarut. *Kanan:* protein-protein transpor yang lain mengantarkan bolak-balik suatu senyawa dari satu sisi ke sisi lain dengan mengubah bentuk. Beberapa protein tersebut menghidrolisis ATP sebagai sumber energi untuk memompa senyawa secara aktif melintasi membran



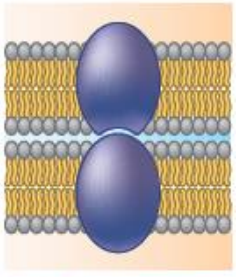
b. Aktivitas enzimatik. Suatu protein yang berada dalam membran mungkin berupa enzim dengan situs aktif yang terekspos pada senyawa-senyawa yang berada dalam larutan. Pada beberapa kasus, sejumlah enzim pada suatu membran diorganisasi sebagai suatu kelompok yang melakukan tahapan berurutan suatu jalur metabolik.



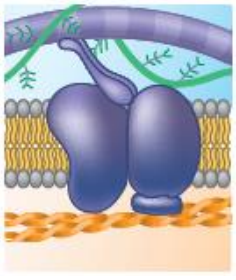
c. Transduksi sinyal. Suatu protein membran (reseptor) memiliki situs pengikatan terhadap suatu bentuk spesifik yang cocok dengan pembawa pesan tertentu, misalnya hormon. Molekul pembawa pesan eksternal (molekul pensinyalan) dapat menyebabkan perubahan pada protein, memungkinkannya untuk meneruskan pesan ke dalam sel, biasanya dengan mengikat protein sitoplasmik.



d. **Pengenalan sel-sel.** Beberapa glikoprotein berperan sebagai penanda identifikasi yang secara khusus dikenali oleh protein membran dari sel lain. Tipe pengikatan sel-sel ini biasanya berumur pendek (sementara) dibandingkan yang ada pada gambar (e).



e. **Perlekatan antar sel**. Protein-protein membran dari sel-sel yang berdekatan dapat saling mengait dengan berbagai jenis sambungan, misalnya sambungan celah (*gap junction*) atau sambungan rapat (*tight junction*). Tipe pengikatan ini jauh lebih lama dibandingkan yang ada pada (d).



f. Perlekatan pada sitoskeleton dan matriks ekstraseluler **(*extracellumer matrix*, ECM).** Mikrofilamen atau elemen-elemen sitoskeleton lain dapat terikat pada proein membran secara nonkovalen, sehingga membantu menjaga bentuk sel dan menstabilkan lokasi protein membran tertentu. Protein-protein yang dapat mengikat molekul ECM dapat mengkordinasi perubahan

Gambar 5. Berbagai fungsi protein yang terikat pada membran sel
(Sumber : Campbell, dkk. 2014)

D. SISTEM TRANSPOR MELINTASI MEMBRAN

Proses transpor sangat penting bagi semua makhluk hidup karena sel-sel harus memasukkan molekul hara ke dalam sel dan mengirimkan hasil samping dan senyawa toksik ke luar sel. Selain itu elektrolit anorganik harus bisa dimasukkan dan dikeluarkan melintasi membran organel. Semua sel harus menjaga gradien konsentrasi berbagai metabolit lintas membran plasma dan lintas membran organel intraseluler. Sel selalu menjaga energi potensial dalam bentuk gradien konsentrasi.

Pada umumnya, molekul atau ion yang ditranspor bersifat larut air sehingga bergerak melintasi membran yang hidrofobik dan lipida yang impermeabel dengan laju yang sesuai kebutuhan metabolis dan fisiologis dari sel. Selain itu sel juga mengembangkan berbagai sistem transpor, yaitu protein transpor spesifik: kanal, pembawa, dan pompa. Setiap jenis protein transpor hanya mentranspor molekul tertentu, sedangkan lainnya menggabungkan reaksi enzimatik. Peristiwa transpor bergantung pada interaksi protein-protein transpor dengan pelarut air dan lipida. Sifat dinamik dan asimetrik membran dan komponennya berperan penting dalam sistem transpor tersebut.

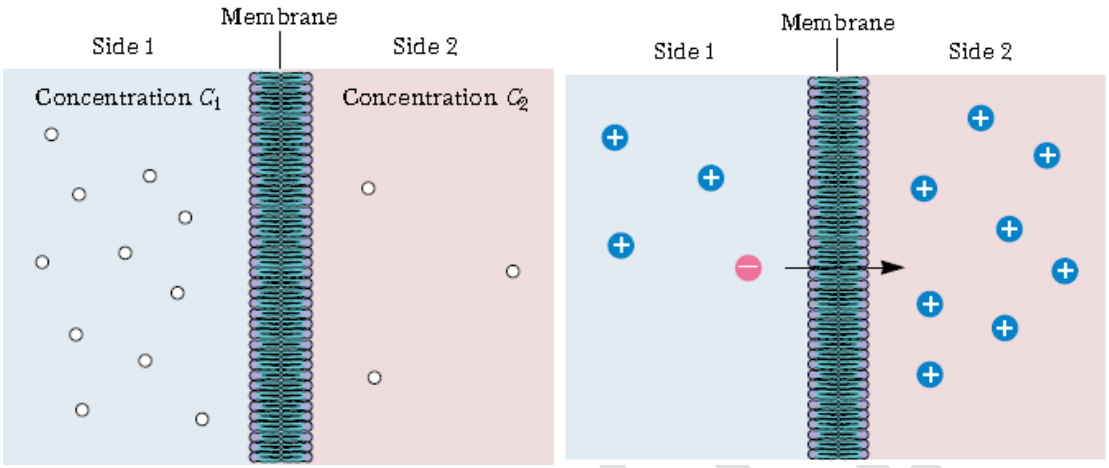
Secara umum ada tiga tipe proses transpor membran: *difusi pasif, difusi dipermudah,* dan *transpor aktif.*

1. Difusi Pasif

Difusi merupakan pergerakan partikel suatu senyawa melintasi membran sehingga tersebar merata sesuai ruang yang tersedia. Karena pergerakan acak, maka penyebarannya bisa dua arah. **Difusi pasif** merupakan proses transpor paling sederhana. Dalam difusi pasif, ion, molekul, senyawa yang ditranspor bergerak melintasi membran tanpa bantuan sistem/molekul transpor spesifik apapun. Untuk molekul yang tidak bermuatan, difusi pasif merupakan proses entropi, dengan arah pergerakan molekul melintasi membran dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi lebih rendah sampai konsentrasi dari senyawa pada kedua sisi membran sama. Untuk molekul yang tidak bermuatan, energi bebasnya berbeda antara sisi 1 dan sisi 2 suatu membran (Gambar 6). Perbedaan konsenrasi (C2-C1) dinamai **gradien konsentrasi**, yang juga menunjukkan perbedaan potensial elektrokimia. Untuk materi bermuatan, pergerakan molekul melintasi membran bergantung pada potensial elektrokimia. Difusi pasif suatu materi

PLPG 2017

bermuatan melintasi membran bergantung pada konsentrasi dan juga muatan partikel, serta perbedaan potensial listrik



Gambar 6. Perbedaan difusi pasif materi tidak bermuatan dan bermuatan. A. Difusi pasif suatu materi tidak bermuatan melintasi membran hanya bergantung pada konsentrasi (C1 dan C2) pada kedua sisi membran. B. Difusi pasif suatu materi bermuatan melintasi membran bergantung pada konsentrasi dan juga muatan partikel, serta perbedaan potensial listrik. (Sumber: Garret & Grisham, 2012)

2. Difusi Difasilitasi

Transpor sejumlah senyawa melintasi membran lipida dwilapis sederhana melalui difusi pasif jauh lebih lambat untuk kelangsungan proses kehidupan. Di sisi lain, laju transpor untuk sejumlah ion dan molekul kecil melintasi membran biologis jauh lebih besar daripada difusi pasif saja. Perbedaan ini disebabkan protein spesifik pada membran yang mempermudah transpor dari materi yang melintasi membran. Protein serupa yang mampu mempengaruhi difusi difasilitasi dari berbagai larutan ada pada membran. Protein semacam ini memiliki dua gambaran umum: (a) mempermudah pergerakan larutan hanya pada arah yang menguntungkan secara termodinamika ($\Delta G<0$), dan (b) menunjukkan afinitas dan spesifitas terukur untuk transpor larutan. Kanal memberikan pori membran yang memungkinkan ion-ion dapat mengalir sangat cepat menuruni gradien konsentrasi secara termodinamika. Aksi kanal-kanal ini menggambarkan transpor *passive* dalam bentuk *difusi yang difasilitasi.*

3. Sistem Transpor Aktif

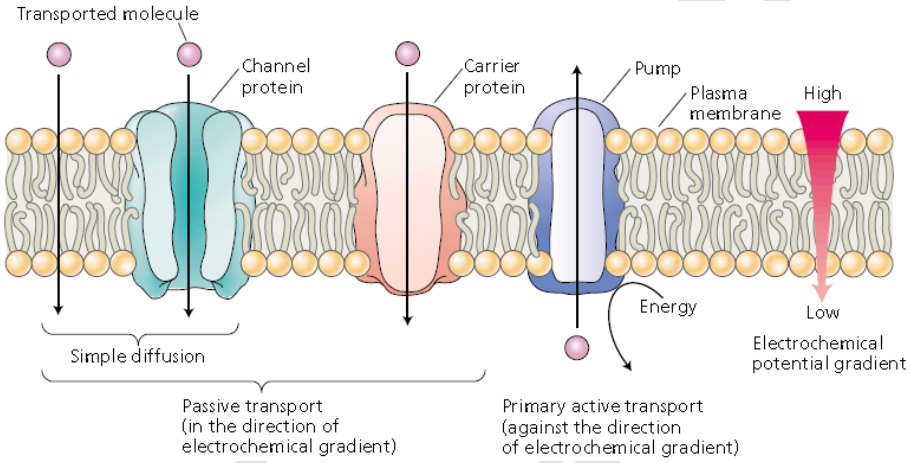
Sistem difusi pasif dan difasilitasi relatif sederhana dalam pengertian bahwa materi yang ditranspor mengalir menuruni, yaitu dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah. Pada kasus-kasus lain, materi yang ditranspor bergerak dari konsentrasi rendah ke konsentrasi tinggi sehingga memerlukan energi. Masukkan energi paling umum adalah hidrolisis ATP, reaksi hidrolisis ini dipasangkan dengan erat pada kejadian transpor. Sumber-sumber energi lainnya juga mengarahkan proses transpor aktif, termasuk energi cahaya dan energi yang tersimpan dalam gradien ion (perbedaan konsentrasi dari suatu ion (terlarut) melintas membran (Gambar 7).

Lipida dwilapis dari membran biologis secara intrinsik impermeabel terhadap ion dan molekul polar, padahal ion-ion dan molekul–molekul tersebut harus mampu melintasi membran agar sel berfungsi normal. Permeabilitas diberikan melalui tiga kelas protein membran, yaitu *protein pompa, pembawa,* dan *kanal.* Pompa menggunakan sumber energi misalnya hidrolisis ATP atau absorpsi cahaya untuk mengarahkan transpor ion atau molekul melawan gradien secara termodinamika. Aksi pompa merupakan contoh transport aktif. Protein pembawa memperantarai transpor ion dan molekul kecil melintasi membran tanpa menggunakan ATP.

Pompa merupakan energi pentransduksi karena mengubah satu bentuk energi bebas ke energi bebas yang lain. Ada dua tipe pompa yang diarahkan *ATP,* yaitu *tipe-P ATPase* dan *transporter ATP-binding cassette* (ABC), yang mengalami perubahan konformasi pada pengikatan ATP dan hidrolisis yang menyebabkan ion diikat dan ditranspor melintasi membran. Energi bebas hidrolisis ATP digunakan untuk mengarahkan pergerakan ion melawan gradien konsentrasi, suatu proses yang merujuk pada *transpor aktif primer* (*primary active transport*). Sebaliknya pembawa memanfaatkan gradien suatu ion untuk mengarahkan transpor ion lain melawan gradien konsentrasinya. Contoh dari proses ini yang disebut *transpor aktif sekunder* (*secondary active transport*), adalah transporter laktosa pada *E. coli*, yang bertanggungjawab terhadap pengambilan gula laktosa dari lingkungan bakteri. Banyak transporter pada kelas ini terdapat pada membran sel. Ekspresi transporter-transporter tersebut menentukan metabolit mana yang dapat diambil dari lingkungan. Dengan demikian penyesuaian tingkat ekspresi transporter merupakan alasan utama pengontrolan metabolisme.

PLPG 2017

Pompa-pompa dapat menghasilkan gradien terus menerus dari ion-ion tertentu melintasi membran. Kanal ion spesifik memungkinkan ion-ion tersebut untuk mengalir dengan cepat melintasi membran menuruni gradien konsentrasi. Kanal-kanal tersebut merupakan molekul yang menarik dalam biokimia karena kemampuannya untuk memungkinkan sejumlah ion untuk mengalir secara bebas melintasi membran sementara itu juga mampu menghalangi aliran ion lain yang jenisnya mirip. Pembukaan atau penutupan kanal-kanal tersebut dikontrol oleh adanya ligan-ligan tertentu atau voltase membran tertentu.



Gambar 7. Tiga kelas protein transpor membran: kanal, pembawa, dan pompa. Kanal dan pembawa dapat memperantarai transpor pasif terlarut melintasi membran (dengan difusi sederhana atau difusi difasilitasi), menuruni gradien potensila elektrokimia terlarut. Kanal-kanal protein berperan sebagai pori membran, dan spesifitasnya ditentukan terutama oleh sifat biofisik kanal. Protein pembawa mengikat molekul yang ditranspor pada satu sisi membran dan melepaskannya pada sisi lainnya. Transpor aktif primer dilakukan dengan pompa dan menggunakan energi secara langsung, biasanya dari hidrolisis ATP, untuk memompa bahan terlarut melawan gradien potensial elektrokimianya. (Sumber: Taiz, dkk. 2014).

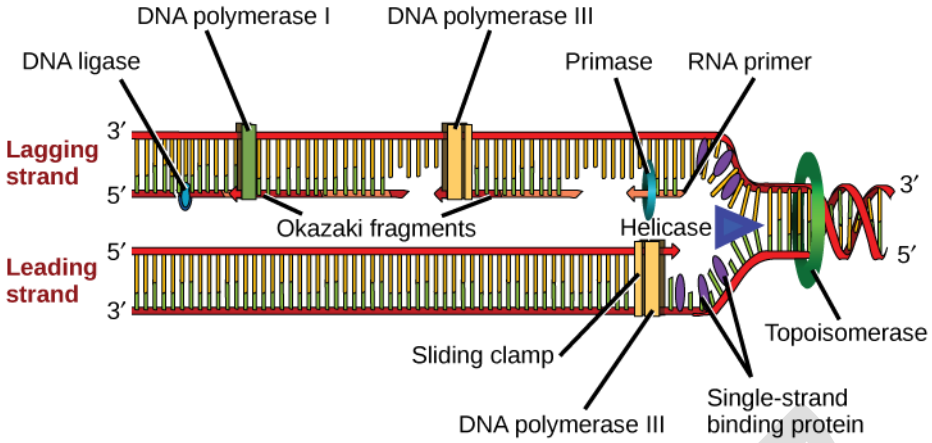
E. SINTESIS DNA

Sel mampu memperbanyak diri dengan cara melakukan pembelahan diri. Namun sebelum melakukan pembelahan diri, sel menggandakan DNA-nya terlebih dahulu. Replikasi atau penggandaan DNA terjadi selama fase S (sintesis) pada mitosis. Ada sejumlah enzim dan/atau protein yang terlibat dalam replikasi, di antaranya helikase, topoisomerase, protein pengikat rantai tunggal (*single strand binding protein*, SSBP),

primase, DNA polimerase, ligase, dsb. Selain protein, dibutuhkan bahan penyusun utama DNA yaitu deoksiribonukleosida trifosfat (dNTP), yang terdiri dari dATP (deoksiadenosin trifosfat), dGTP (deoksiguanosin trifosfat), dCTP (deoksisitidin trifosfat), dan dTTP (deoksitimidin trifosfat).

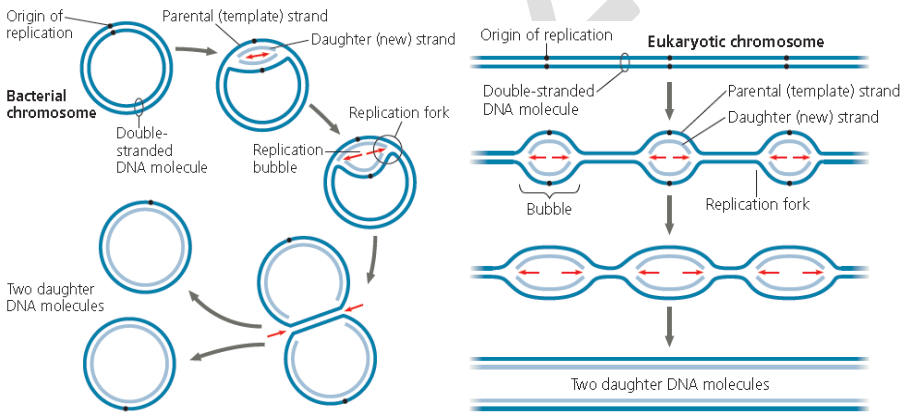
Replikasi DNA pada bakteri dimulai pada titik yang disebut dengan *origin of replication* (*Ori*). Jumlah titik *ori* pada bakteri hanya satu, sedangkan eukariota memiliki *ori* yang jumlahnya jauh lebih banyak karena ukuran genomnya yang memang jauh lebih besar. Tahap awal proses replikasi adalah pengendoran lilitan DNA yang dilakukan oleh enzim topoisomerase, yang diikuti dengan pemutusan ikatan hidrogen antar pasangan basa nitrogen pada rantai ganda DNA oleh enzim helikase sehingga terbentuk rantai tunggal. Masing-masing rantai tunggal akan berfungsi sebagai cetakan (*template*) sehingga akan terbentuk dua rantai DNA yang identik. Selanjutnya protein pengikat pita tunggal akan menempel pada masing-masing pita tunggal untuk mencegah terjadi perpasangan kembali. Protein ini juga menjaga stabilitas pita tunggal agar tidak mudah terurai atau patah. Dua pita tunggal yang terbentuk berfungsi sebagai cetakan (*template*) dalam replikasi DNA. Pita cetakan I memiliki ujung 3’ dan pita cetakan II memiliki ujung 5’. Setelah itu DNA polimerase III akan bekerja dengan menggunakan pita berujung 3’ sebagai titik awal replikasi, sehingga proses replikasi berjalan dari 5’-3’. Proses replikasi ini berjalan kontinyu dan menghasilkan pita yang disebut dengan pita kontinyu (*leading strand*). Sementara itu pada pita cetakan dengan ujung 5’, proses replikasi berjalan secara diskontinyu karena memerlukan bantuan enzim primase untuk mencetak RNA primer. Hal ini disebabkan DNA polimerase hanya mampu melakukan polimerisasi dengan arah 5’-3’. Dengan adanya RNA primer, maka tersedia ujung 3’-OH tempat melakukan penyambungan nukleotida berikutnya oleh DNA polimerase III. Setelah terjadi polimerisasi, maka diikuti penggantian RNA primer dengan dNTP yang dilakukan oleh enzim DNA polimerase I. Proses replikasi ini menyebabkan munculnya fragmen-fragmen DNA yang disebut fragmen Okazaki. Pita yang dihasilkan dengan model seperti ini dinamakan pita lambat (*lagging strand*). Nukleotida pengganti yang ditambahkan oleh DNA polimerase I belum tersambung dengan polinukleotida sebelumnya yang disintesis oleh DNA polimerase, sehingga diperlukan bantuan enzim ligase untuk menyambungkan. Gambaran utuh proses replikasi dapat dilihat pada Gambar 8.

PLPG 2017



Gambar 8. Proses replikasi DNA secara semikonservatif
(Sumber: https://cnx.org/contents/NEk9ll-3@5/DNA-Replication-in-Prokaryotes)

Pada dasarnya tidak ada perbedaan yang mendasar tentang replikasi pada prokariota dan eukariota. Karena ukuran genom eukariota jauh lebih besar, maka pada eukariota titik awal replikasi (*origin of relication, ori*) memiliki jumlah yang jauh lebih banyak sehingga proses replikasi bisa berjalan dengan cepat. Sebaliknya, prokariota hanya memiliki satu titik *ori* karena memiliki ukuran genom yang jauh lebih kecil (Gambar 9).

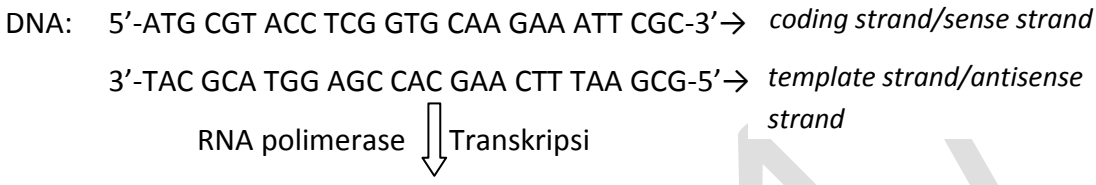


Gambar 9. Replikasi pada prokariota dan eukariota
(Sumber: Campbell, dkk. 2014)

F. TRANSKRIPSI RNA

Transkripsi adalah proses penyalinan informasi genetik yang ada pada DNA, kedalam bentuk RNA oleh enzim RNA polimerase. Proses transkripsi pada prokariota terjadi di sitoplasma karena materi genetiknya belum diselaputi oleh membran nukleus, sedangkan pada eukariota transkripsi terjadi di dalam nukleus karena materi genetiknya dipisahkan dalam ruang yang disebut dengan nukleus.

Pada saat transkripsi salah satu pita ganda DNA akan berfungsi sebagai cetakan, yaitu pita 3'-5' (disebut dengan DNA *template*), sedangkan pita 5'-3' yang tidak berfungsi sebagai cetakan disebut dengan pita *sense* (DNA *coding*) karena pita DNA inilah yang mengkode. RNA polimerase bekerja dengan memutuskan ikatan hidrogen DNA dan membaca pita cetakan dengan cara menambahkan satu demi satu nukleotida tri fosfat (NTP) mulai dari ujung 5' sehingga polimerisasi terjadi dengan arah 5'-3' (Gambar 10).



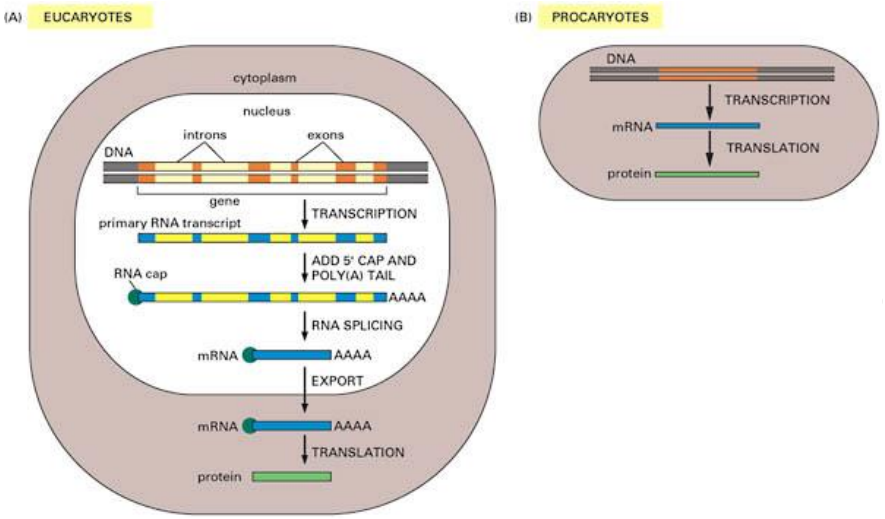
Gambar 10. Skema proses transkripsi dengan bantuan enzim RNA polimerase

Enzim RNA polimerase melakukan proses transkripsi mulai dari promoter sampai ke bagian terminator suatu gen. Enzim ini akan mengenali promoter karena ada sekuens (urutan nukleotida) tertentu yang menjadi isyarat untuk menempel atau memulai dan mengkakhiri transkripsi. Pada prokariota, promoternya kurang lebih berukuran 40 pasangan nukleotida (pasangan basa, pb), yang memiliki tiga titik penting, yaitu kotak -35, kotak -10, dan titik awal transkripsi (+1). Notasi negatif (-) menunjukkan bahwa posisinya berada ke arah hulu, berjarak berapa pasangan basa dari titik awal transkripsi. Kotak -35 memiliki sekuens DNA 5'TGTTGACA3' yang merupakan sekuens pengenalan untuk RNA polimerase, sedangkan kotak -10 memiliki sekuens 5'TATAAT-3 (disebut kotak Pribnow) merupakan penanda mulai bekerjanya RNA polimerase menguraikan pita ganda DNA.

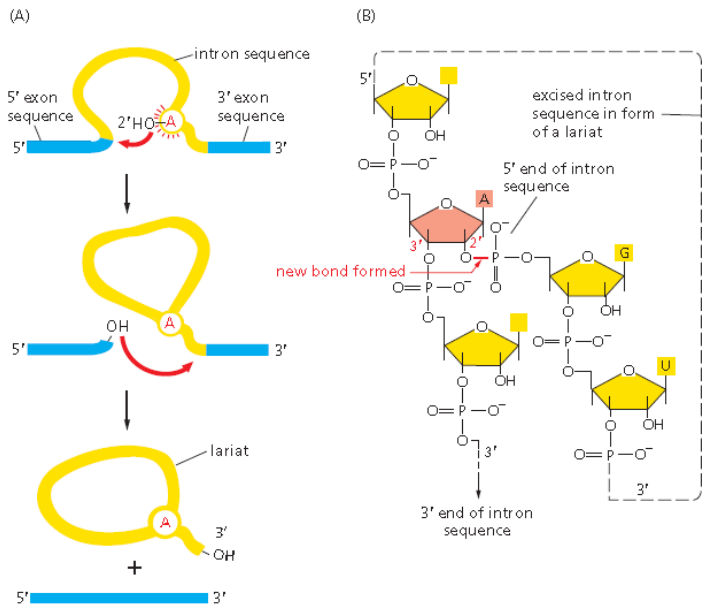
Pada prokariota, proses transkripsi terjadi hampir bersamaan dengan proses translasi karena transkrip RNA langsung ditranslasi oleh ribosom. Hal ini disebabkan materi genetiknya berada pada satu ruang dengan perangkat sintesis protein. Pada eukariota, transkrip RNA mengalami pemrosesan terlebih dahulu di dalam nukleus sebelum dikirim ke sitoplasma untuk diterjemahkan (Gambar 11). Pemrosesan transkrip awal RNA (pre-mRNA) terdiri dari tiga tahap yaitu, *capping* (pemberian tudung pada ujung 5'), *tailing* (pemberian ekor poli-A pada ujung 3'), dan *splicing* (pembuangan intron). Tujuan pemberian tudung dan ekor adalah untuk menstabilkan RNA ketika dikirim ke

PLPG 2017

sitoplasma. *Splicing* dilakukan karena gen-gen pada eukariota pada umumnya terdiri dari exon (daerah pengkode) dan intron (daerah yang tidak mengkode). Posisi intron diapit oleh dua exon yang berdekatan dan dibuang dengan cara membentuk *loop* (lengkungan) sehingga dua exon menjadi berdekatan (Gambar 12). Dengan cara ini akhirnya semua intron akan dibuang dan pre-mRNA menjadi mRNA yang matang (terdiri dari kumpulan exon) siap dikirim ke sitoplasma untuk ditranslasi.



Gambar 11. Perbedaan transkripsi dan translasi pada eukariota dan prokariota (Sumber: Albert, dkk. 2015)



Gambar 12. Proses splicing pada pemrosesan pre-RNA menjadi mRNA (Sumber: Alberts, dkk. 2015)

G. TRANSLASI PROTEIN

Translasi merupakan proses lanjutan dari transkripsi, yang dilakukan dengan cara menterjemahkan kodon-kodon pada mRNA menjadi urutan asam-asam amino (polipeptida/protein). Kodon pada mRNA akan diterjemahkan dalam ribosom dengan bantuan tRNA yang sudah diaktivasi sehingga membawa asam-asam amino sesuai kodon. Proses translasi terbagi dalam tiga tahap, yaitu inisiasi, elongasi, dan terminasi.

Inisiasi

Proses inisiasi translasi diawali dengan pembentukan aminoasil-tRNA. Pertama, gugus karboksil pada asam amino direaksikan dengan ATP dengan bantuan enzim aminoasil-tRNA sintetase dibantu ion Mg^{2+}, sehingga membentuk aminoasil adenilat dengan membebaskan satu molekul pirofosfat (PPi). Setiap aminoasil-tRNA sintetase hanya mengenali satu macam asam amino yang akan diaktivasi, sehingga bersifat khas. Jadi ada metionin-tRNA sintetase, glutamin-tRNA sintetase, dsb. Selanjutnya aminoasil adenilat berikatan dengan tRNA membentuk kompleks aminoasil-tRNA (aa-tRNA). Asam amino ini diikat pada gugus adenin yang terdapat pada ujung 3'-AAC pada tRNA dengan membebaskan adenosin monofosfat (AMP) dan aminoasil sintetase. Proses pengaktifan asam amino diringkas pada Gambar 13.

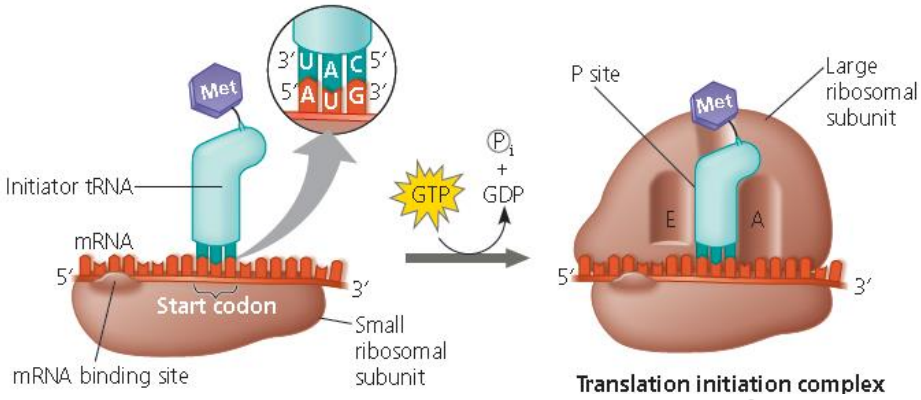
$$\text{aa} + \text{ATP} \xrightarrow{\text{aminoasil-tRNA sintetase}} \text{aa-AMP} + \text{PPi}$$

$$\text{aa-AMP} + \text{tRNA} \xrightarrow{\text{aminoasil-tRNA sintetase}} \text{aa-tRNA} + \text{AMP}$$

Gambar 13. Reaksi pembentukan aminoasil-tRNA

Tahap selanjutnya adalah penggabungan tRNA inisiator (membawa asam amino metionin), mRNA, dan sub unit kecil ribosom, diikuti bergabungnya sub unit besar ribosom yang selanjutnya disebut dengan kompleks inisiasi translasi (Gambar 14). Sub unit besar memiliki tiga situs, berturut-turut situs A (aminoasil), situs P (peptidil), dan situs E (exit). Pada tahap awal, tRNA inisiator yang membawa asam amino metionin langsung masuk ke sisi P, dengan keadaan semacam ini kompleks inisiasi translasi siap untuk melakukan penterjemahan kodon berikutnya pada mRNA.

PLPG 2017

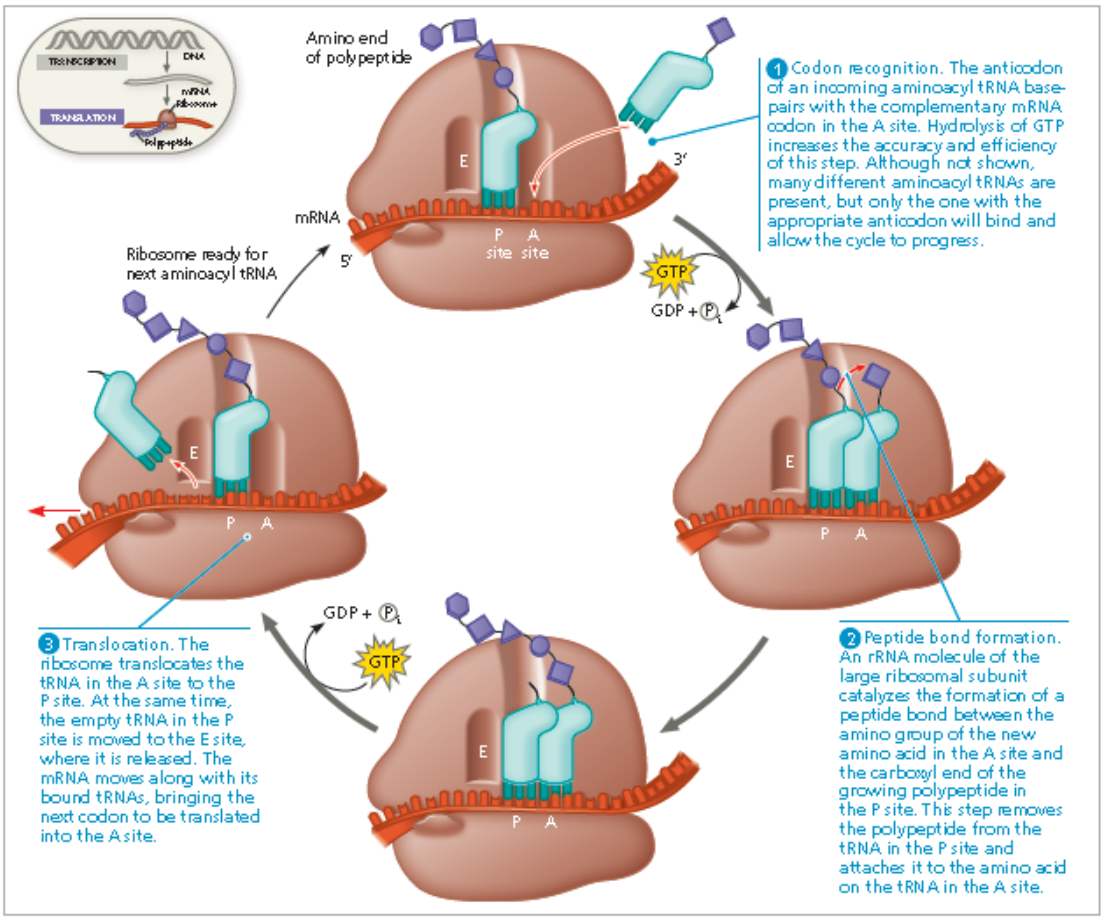


Gambar 14. Pembentukan kompleks inisiasi translasi
(Sumber: Campbell, dkk. 2014)

Elongasi

Elongasi adalah proses pemanjangan rantai polipeptida hasil penterjemahan kodon-kodon pada mRNA. Tahap pertama elongasi adalah pengenalan kodon. Antikodon dari aminoasil tRNA berpasangan dengan kodon komplemennya pada mRNA di situs A. Hidrolisis guanosin trifosfat (GTP) meningkatkan akurasi dan efisiensi tahap ini. Meskipun ada banyak aminoasil tRNA di sitoplasma, namun hanya satu yang bisa masuk ke situs A karena tergantung kodon mRNA yang ada. Tahap kedua adalah pengenalan kodon, yaitu suatu molekul rRNA dari subunit besar ribosom mengkatalisis pembentukan ikatan peptida antara gugus amino dari asam amino yang ada pada situs A dengan ujung karboksil dari polipeptida yang sedang tumbuh di situs P. Kemudian polipeptida pada tRNA di situs P dilepaskan dan digabungkan dengan asam amino pada tRNA di situs A. Tahap ketiga adalah translokasi, yaitu ribosom memindahkan tRNA pada situs A ke situs P. Pada saat yang sama tRNA pada situs P yang sudah tidak membawa asam amino bergerak ke situs E dan dilepaskan dari ribosom. Proses pergeseran mRNA dan pembacaannya oleh tRNA ini terjadi berulang sampai semua kodon terbaca. Proses elongasi diringkas pada Gambar 15.

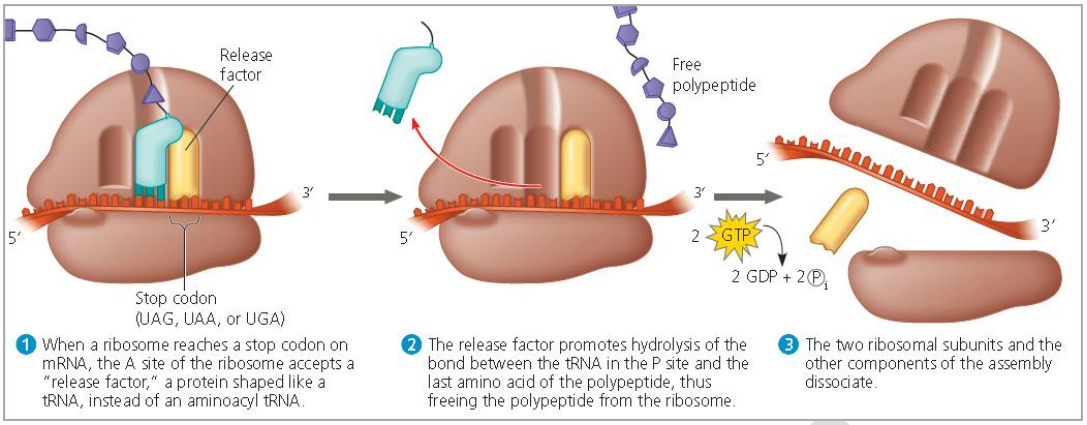
PPG 2017



Gambar 15. Proses elongasi saat translasi (Sumber: Campbell, dkk. 2014)

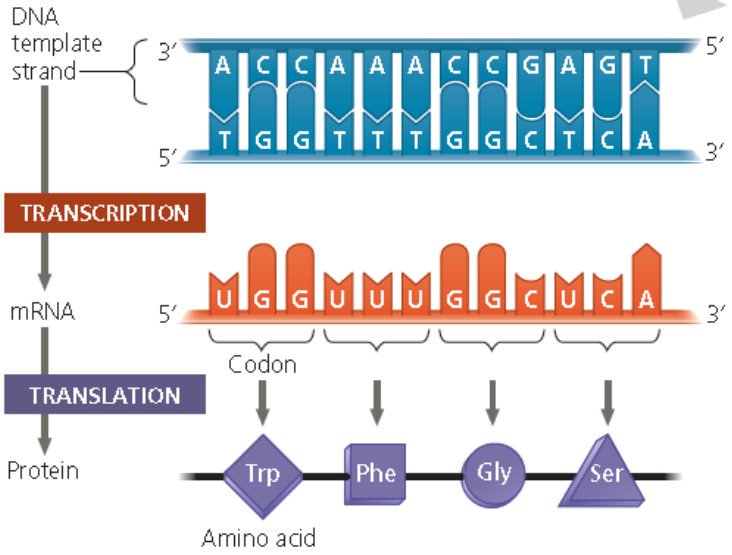
Terminasi

Tahap terakhir dari translasi adalah terminasi, yaitu diakhirinya proses penterjemahan kodon karena adanya kodon stop, yaitu UAA, UAG, dan UGA. Ketika ribosom menemukan suatu kodon stop pada mRNA, maka situs A akan menerima suatu faktor penglepas, bukan lagi aminoasil tRNA. Faktor penglepas menyebabkan penambahan molekul air ke rantai polipeptida, bukan lagi asam amino. Reaksi ini memutuskan (menghidrolisis) ikatan polipeptida dan tRNA di situs P sehingga polipeptida dilepaskan dari ribosom. Dengan bantuan GTP, terjadi hidrolisis sehingga kedua subunit ribosom dan komponen lainnya mengalami disosiasi (Gambar 16). Polipeptida (protein) yang dihasilkan akan menjadi struktur primer protein.



Gambar 16. Tahap terminasi proses translasi (Sumber: Campbell, dkk. 2014)

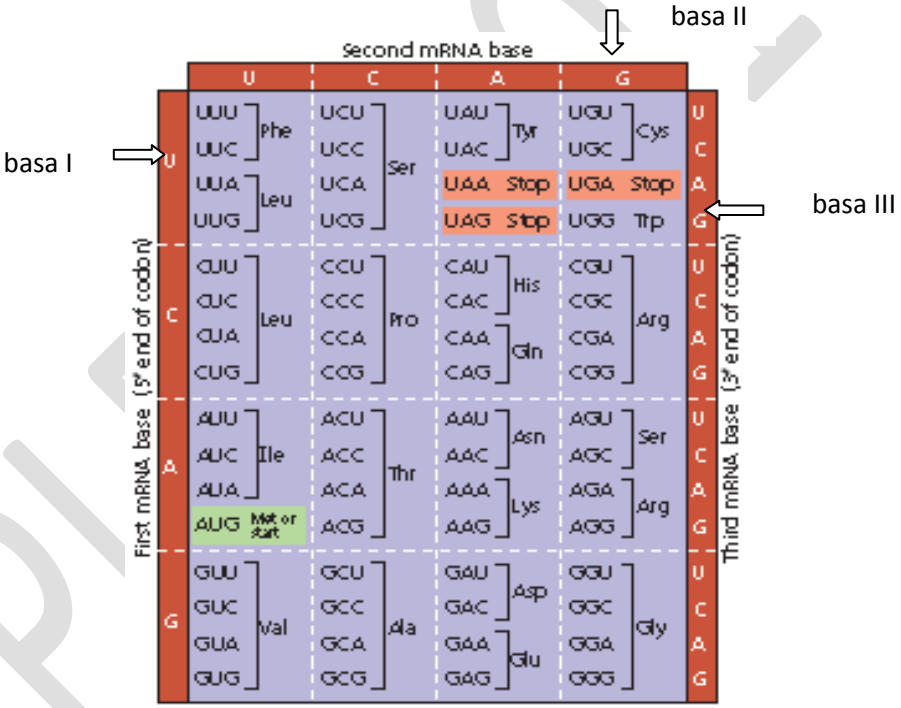
Keterangan di atas menjadi lebih jelas bahwa ekspresi gen dilakukan melalui dua tahapan yaitu, transkripsi dan translasi. Bagaimanakah cara tRNA membaca kodon yang ada mRNA? Secara umum prosesnya dapat diilustrasikan pada Gambar 17.



Gambar 17. Proses transkrips dan translasi suatu sekuens pengkode (Sumber: Campbell, dkk. 2014)

Pada Gambar 10 ditunjukkan bahwa ada fragmen DNA pita ganda dengan sekuens DNA cetakan 3'-ACCAAACCGAGT-5'. Karena RNA polimerase hanya mampu melakukan polimerisasi dari ujung 5'-3', maka mRNA yang dicetak adalah komplemen dari DNA cetakan, yaitu 5'-UGGUUUGGCUCA-3'. Perhatikan bahwa sekuens mRNA mirip dengan DNA bukan cetakan (*non template*), namun tidak ada timin (T) karena sudah digantikan oleh urasil (U). Dengan demikian dapat dikatakan bahwa mRNA yang dicetak merupakan komplemen dari DNA cetakan dengan mengubah basa timin (T) menjadi urasil (U).

Berdasarkan sekuens mRNA hasil transkripsi, selanjutnya kita gunakan tabel kodon (Gambar 18) untuk menterjemahkan kodon-kodon pada mRNA. Dari 64 kodon yang ada 61 kodon mengkode asam amino (termasuk AUG, metionin), sedangkan tiga kodon menjadi kodon STOP (UAA, UAG, UGA). Karena kerangka baca pada kodon berbentuk triplet (dibaca per tiga nukelotida), maka akan ada basa pertama, ke-2, danke-3 dari tiap-tiap triplet. Sebagai contoh jika triplet (kodon) pertama adalah 5'-UGG-3', maka basa pertama adalah U, basa ke-2 adalah G, dan basa ke-3 adalah G. Selanjutnya kita lihat tabel kodon untuk menentukan di mana posisi basa pertama U, basa ke-2 G, dan basa ke-3 G. Dari tabel kodon kita bisa melihat bahwa kodon UGG ternyata mengkode trp (asam amino triptofan). Demikian seterusnya proses pembacaan kodon akan dilakukan, sehingga menghasilkan polipeptida dengan urutan trp (triptofan)-phe (fenilalanin)-gly (glisin)-ser (serin).

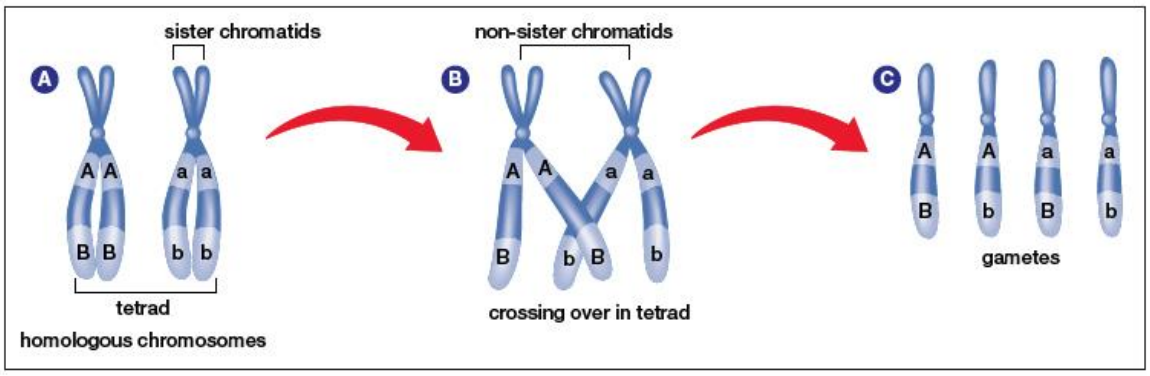


Gambar 18. Kode genetik untuk membaca kodon pada mRNA
(Sumber: Campbell, dkk. 2014)

H. REKOMBINASI DNA

Gen menempati lokus tertentu dalam kromosom. Karena jumlah gen jauh lebih banyak daripada kromosom, maka konsekwensinya adalah dalam sebuah kromosom akan membawa banyak gen. Adanya sejumlah gen yang berada pada kromosom yang sama ini disebut dengan pautan (*linkage*). Alel-alel dari gen-gen yang terpaut bisa saling

dipertukarkan dalam proses meiosis, sehingga terjadi rekombinasi DNA/gen. Kejadian rekombinasi bisa terjadi secara alami melalui proses meiosis antara kromosom homolog atau secara buatan dengan membuat DNA rekombinan. Pada saat profase, pasangan kromosom homolog membentuk tetrad (kromosom dengan empat lengan) yang memungkinkan terjadinya pindah silang antar kromatid. Proses ini akan meningkatkan kombinasi dengan terbentuknya kombinasi gen baru, yang sebelumnya tidak ada (Gambar 19). Pada Gambar 19 tampak bahwa pada awalnya hanya ada dua kemungkinan gamet yaitu AB dan ab, dengan adanya pertukaran antar kromatid dihasilkan gamet tipe parental (AB dan ab) serta gamet tipe rekombinan (Ab dan aB).



Gambar 19**.** Rekombinasi kromosom homolog menghasilkan kombinasi baru
(Sumber: https://tpsbiology11student.wikispaces.com/file/view/CrossingOver.jpg)

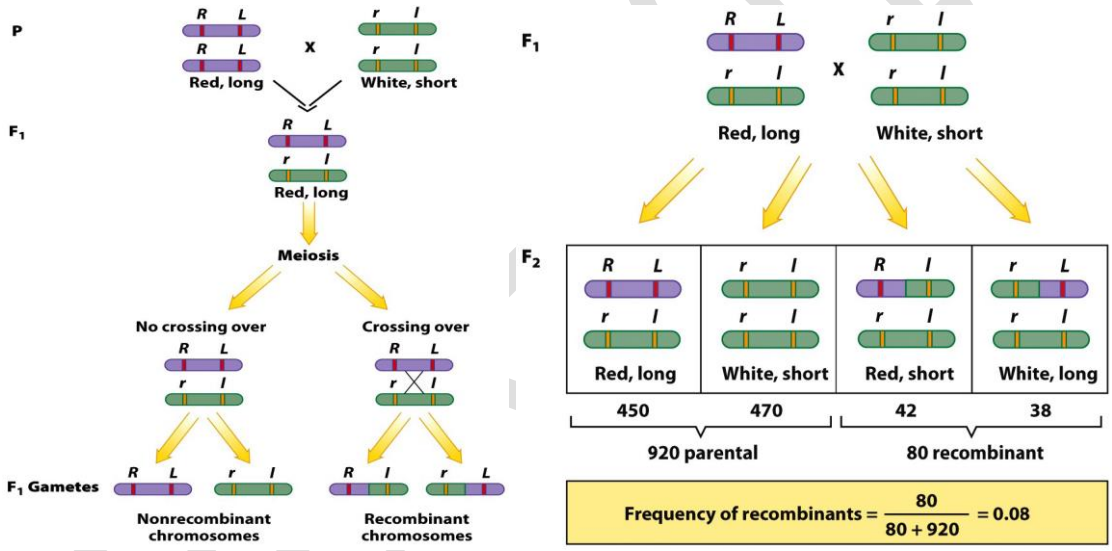
Dengan adanya pindah silang, dapat diperkirakan jarak relatif suatu gen dengan gen yang lain, berdasarkan hasil perhitungan keturunan yang berfenotip tertentu. Perhatikan Gambar 20 untuk melihat bagaimana efek proses rekombinasi pada keturunan dan penentuan jarak peta relatif gen. Pada Gambar 2a, individu RL/RL (bunga merah, panjang) dikawinkan dengan individu rl/rl (bunga putih, pendek). Perhatikan tanda RL/RL menunjukkan bahwa gen terpaut atau berada pada kromosom homolog. Individu F1 tentunya bergenotip RL/rl (bunga merah, panjang). Ketika tanaman F1 mengalami meiosis maka akan terjadi dua kemungkinan yaitu terjadi pindah silang dan tidak terjadi pindah silang. Jika tidak terjadi pindah silang, maka akan dihasilkan dua macam gamet tipe parental yaitu RL dan rl. Namun jika terjadi pindah silang, maka akan dihasilkan empat macam gamet, yaitu dua macam gamet tipe parental (RL dan rl) serta dua macam gamet tipe rekombinan (Rl dan rL).

Jika F1 diuji silang dengan tanaman berbunga putih, pendek (Gambar 2a), maka akan didapatkan keturunan tanaman:

berbunga merah, panjang = 450
berbunga putih, pendek = 470
} Kombinasi parental

berbunga merah, pendek = 42
berbunga putih, panjang = 38
}

Berdasarkan data ini, dilakukan perhitungan jumlah tanaman rekombinan yaitu berbunga merah, pendek (42) dan berbunga putih, panjang (38). Jadi jumlah tanaman rekombinan adalah 80, sedangkan jumlah total keturunan adalah 1000. Dengan demikian dapat dihitung persentase rekombinan = 80/1000 x 100% = 8% yang setara dengan jarak 8 unit peta atau unit Morgan. Nilai ini menunjukkan jarak antara gen R dan L.



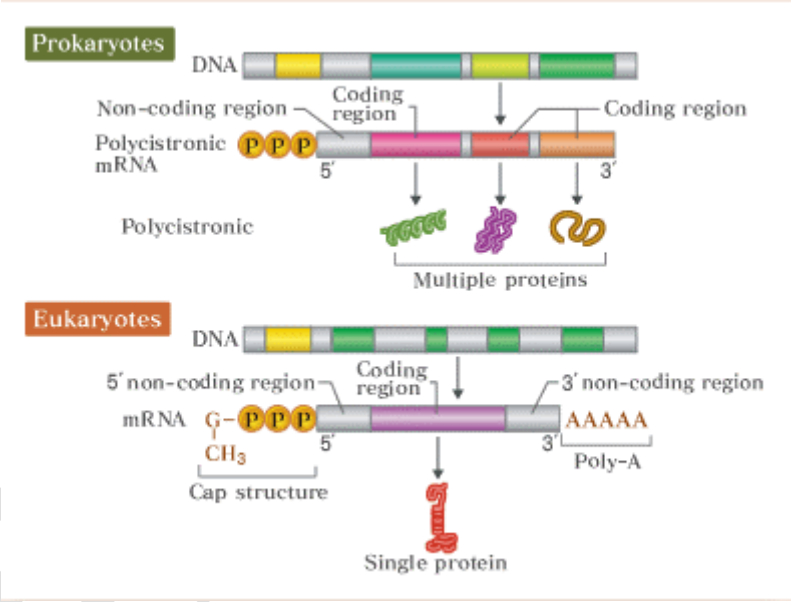
a Gambar 20. Pautan gen dapat digun **b** untuk menentukan jarak gen
(Sumber: http://nfs.unipv.it/nfs/minf/dispense/geneticaumana)

I. KARAKTERISTIK GEN

Gen adalah suatu sekuens DNA yang ditranskripsi menjadi unit tunggal dan mengkode seperangkat rantai polipeptida yang hampir sama (isoform protein). Gen yang tersusun dari DNA, berperan sebagai instruksi untuk membuat molekul yang dinamai protein. Pada manusia, gen bervariasi ukurannya mulai dari ratusan nukleotida sampai lebih dari 2 juta nukleotida. *Human Project Genome* memperkirakan manusia memiliki

20.000 sampai 25.000 gen. Setiap gen pada manusia memiliki dua salinan (*copy*), satu diwariskan oleh ayah dan satu diwariskan oleh ibu. Kedua salinan gen tersebut bisa identik tetapi juga bisa berbeda, sehingga ada tiga kemungkinan bentuk perpasangannya: homozigot dominan (missal AA), heterozigot (Aa), dan homozigot resesif (aa). Karena gen menempati lokus tertentu pada setiap kromosom, maka pewarisan gen juga mengikuti bergantung bagaimana kromosom diwariskan oleh induk pada keturunan ketika terjadi fertilisasi. Sebagian besar gen sama pada semua orang, tetapi sejumlah kecil (<1% dari total) agak berbeda. Bentuk alternatif suatu gendisebut alel. Alel merupakan gen yang sama namun memiliki sedikit perbedaan sekuens nukleotida. Perbedaan yang kecil ini menyebabkan setiap orang memiliki bentuk fisik yang unik.

Struktur Gen pada Prokaryota dan Eukaryota disajikan pada Gambar 21.



Gambar 21. Perbedaan struktur gen pada prokaryota vs eukaryote
(Sumber: http://csls-text.c.u-tokyo.ac.jp/active/04_02.html)

Secara molekuler, struktur gen prokaryota lebih efisien karena dengan satu promoter mampu mengekspresikan sejumlah gen secara berturutan, sedangkan struktur gen eukaryota relatif kurang efisien karena satu promoter hanya mampu mengekspresikan satu gen. Selain itu DNA prokaryota lebih padat informasi karena hampir seluruhnya membawa informasi genetik, sebaliknya pada eukaryota dari transkrip primer yang dibuat masih terdapat bagian intron yang harus dibuang agar antar ekson bisa digabungkan (Gambar 21).

Jumlah gen pada berbagai organisme

Jumlah gen pada berbagai tingkatan tidak selalu menunjukkan tingkatan sesuai dengan ukuran genom. Misalnya pada *C. elegans* yang memiliki ukuran genom 130 Mb, ternyata memiliki 21.000 gen, sedangkan pada manusia dengan ukuran genom 3200 Mb, ternyata hanya memiliki sekitar 30.000 gen, sebaliknya *Arabidopsis thaliana* yang berukuran genom sebesar 220 Mb memiliki 29.000 gen.

Tabel 1. Ukuran genom dan jumlah gen pada berbagai organisme

Organism	Genome size* (nucleotide pairs)	Approximate number of genes
Escherichia coli (bacterium)	4.6×10^6	4300
Saccharomyces cerevisiae (yeast)	13×10^6	6600
Caenorhabditis elegans (roundworm)	130×10^6	21,000
Arabidopsis thaliana (plant)	220×10^6	29,000
Drosophila melanogaster (fruit fly)	200×10^6	15,000
Danio rerio (zebrafish)	1400×10^6	32,000
Mus musculus (mouse)	2900×10^6	30,000
Homo sapiens (human)	3200×10^6	30,000

(Sumber: Alberts, dkk 2015)

Latihan Soal Bab 6 Uraian

1. Apa persamaan dan perbedaan sel hewan dengan sel tumbuhan?. Lengkapi jawaban Saudara dengan gambar yang representatif kedua sel tersebut.

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017

MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN

BIOLOGI

BAB VII REPRODUKSI SEL

Dra. Ely Rudyatmi, M.Si.
Dra. Endah Peniati, M.Si.
Dr. Ning Setiati, M.Si.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

PLPG 2017

Kompetensi Inti Guru (KI)

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu

Kompetensi Guru Mata pelajaran (KD)

Memahami lingkup dan kedalaman biologi sekolah

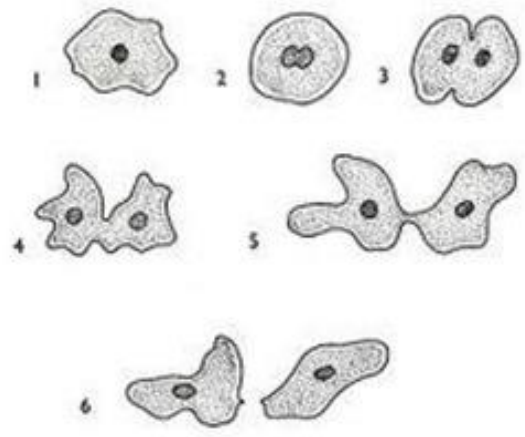
PIPG 2017

Pada dasarnya reproduksi sel bertujuan untuk menambah jumlah dan jenis sel, atau membentuk sel-sel lain dengan tujuan tertentu. Reproduksi sel dilakukan dengan mengadakan pembelahan pada sel yang sudah ada. Ada tiga cara pembelahan , yaitu amitosis, mitosis, dan meiosis.

A. PEMBELAHAN AMITOSIS

Pembelahan amitosis merupakan pembelahan sel yang *didahului oleh* pembentukan benang spindel. Jadi pembelahan amitosis adalah pembelahan sel secara langsung atau disebut juga dengan pembelahan sederhana. Inti membelah menjadi dua bagian, langsung didistribusikan pada sel anak diikuti dengan pembelahan sitoplasma dan membran sel. Pembelahan secara langsung ini, biasanya terjadi pada makhluk hidup bersel satu (uniseluler) atau pada prokariota (Amoeba, Paramecium, Alga biru dll). sifat sel anaknya identik dengan sel induknya.

Contoh pembelahan ini terjadi pada bakteri, *Amoeba*, *Paramecium*, atau alga biru.



Gambar Pembelahan amitosis

B. PEMBELAHAN MITOSIS

Pembelahan mitosis merupakan pembelahan sel yang tidak langsung, yaitu melalui tahapan profase, metafase, anafase, dan telofase (PMAT).

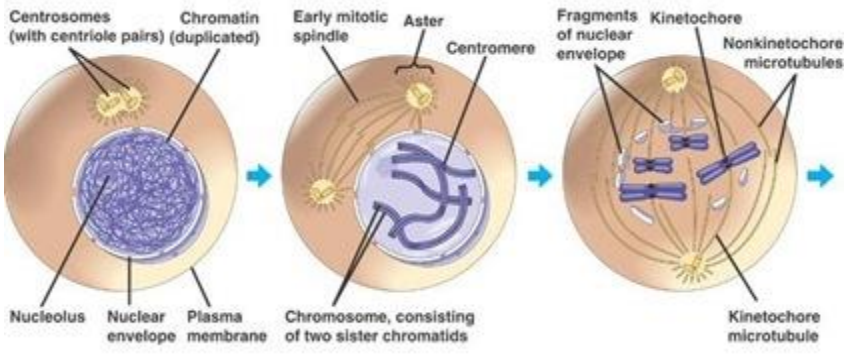
Ciri-ciri pembelahan yaitu: terjadi pada pembelahan sel tubuh (somatis), bertujuan untuk pertumbuhan dan regenerasi, menghasilkan dua sel anak yang identik dengan sel induk semula (diploid menjadi diploid/haploid menjadi haploid), berlangsung dalam satu kali PMAT

Tahap-Tahap Pembelahan Mitosis

1. **Profase** :

Tahap ini berlangsung paling lama dan paling banyak memerlukan energi. Pada tahap ini terjadi peristiwa sebagai berikut:

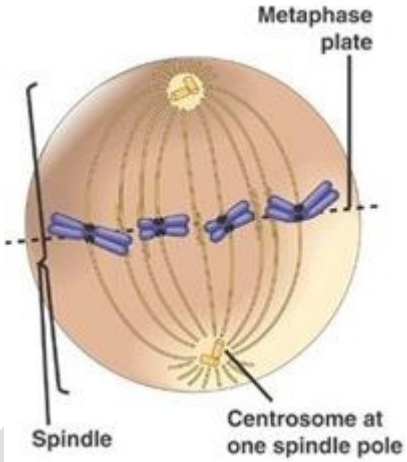
a. benang kromatin menjadi kromosom,
b. kromosom mengganda menjadi dua kromatid tetapi masih melekat dalam satu sentromer
c. membran inti dan nukleolus lenyap
d. sentrosom memisah menjadi dua sentriole dan menuju ke arah dua kutub berlawanan,
e. di antara kedua sentriol terbentuk benang spindel



PG 2017

2. **Metafase** : Pada fase ini kromosom tampak paling jelas terlihat. memerlukan energi terkecil dan waktu yang paling singkat.

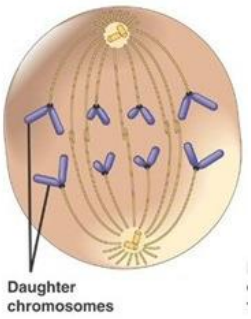
a. kromosom berjajar pada bidang ekuator;
b. sentromer kromosom berikatan dengan kinetokor yang berhubungan dengan benang spindel.



3. **Anafase** :

Pada tahap ini terjadi peristiwa sebagai berikut:

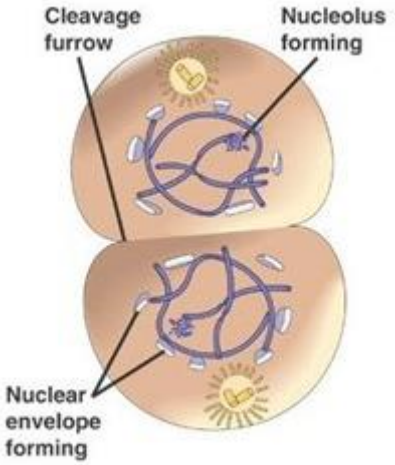
a. sentromer membelah,
b. benang spindel menarik kromosom menuju kutub sel yang berlawanan.



4. **Telofase** :

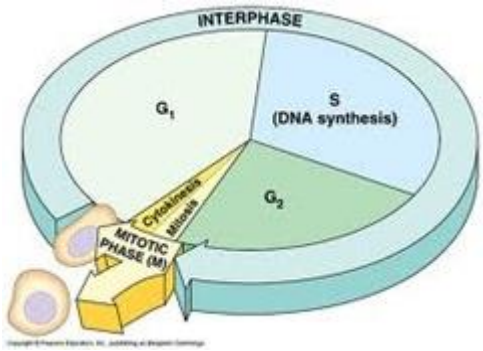
Pada tahap ini terjadi peristiwa sebagai berikut:

a. Kromosom berubah menjadi benang kromatin
b. Membran inti dan nukleolus terbentuk kembali
c. Terjadi sitokinesis (pembagian sitoplasma) sehingga dihasilkan dua sel yang identik dengan sel semula



Siklus Sel

Di antara mitosis pertama dan mitosis berikutnya terdapat interfase. Saat interfase sel tidak membelah tetapi aktif melakukan metabolisme untuk pertumbuhan dan pembentukan energi untuk pembelahan mitosis berikutnya. Interfase tidak termasuk dalam tahap PMAT dan dibedakan dalam tiga tahap, yaitu:



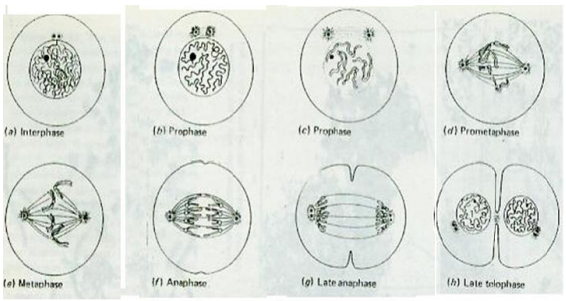
a. G1 (gap 1) : merupakan akhir mitosis dan awal sintesis (presintesis), pada fase ini sel mulai tumbuh membesar
b. S (sintesis) : terjadi duplikasi organel dan sintesis DNA, pada tahap ini sel aktif melakukan metabolisme, tumbuh, dan berkembang
c. G2 (gap2) : merupakan akhir fase sintesis (postsintesis) dan awal dari mitosis berikutnya

Tahapan pembelahan di atas berulang terjadi sampai tujuan pembelahan selesai. Setelah selesai melakukan pembelahan mitosis, sel akan memasuki tahapan interfase, dilanjutkan mitosis lagi, dan seterusnya.

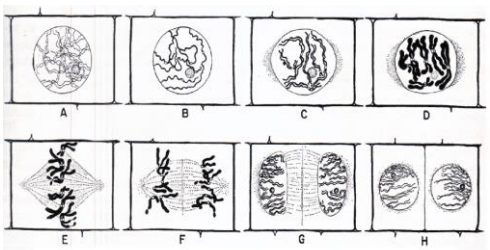
Cantoh kasus yang melibatkan terjadinya pembelahan mitosis adalah peristiwa penyembuhan luka (regenerasi), sel akan berhenti membelah manakala luka telah sembuh. Itulah salah satu kehebatan sel. Tahu kapan harus membelah, dan tahu kapan harus berhenti. Sel yang tahu diri untuk berhenti dari pembelahan akan masuk ke fase G0 atau fase stationer. Pada tahap ini sel tidak akan melakukan pembelahan. Jika terjadi luka, sel segera memasuki fase G1 untuk melakukan pembelahan.

Pada kasus tertentu sel tumor atau kanker pertumbuhan sel tidak terkontrol, harusnya masuk G0 tetapi tetap masuk ke G1.

Perhatikan perbedaan mendasar pada mitosis sel hewan dan tumbuhan di bawah ini.



Gambar Mitosis pada sel hewan



Gambar Pembelahan Mitosis pada Tumbuhan
(Sinnot & Willson. 1955)

PPG 2017

Pada pembelahan mitosis tumbuhan tidak dijumpai adanya sentrosom, tahapan pembelahan inti sama dengan yang terjadi pada sel hewan. Pembelahan sitoplasma tidak sama dengan sel hewan yang dimulai dengan terjadinya pelekukan membran sel di daerah ekuatorial, tetapi dimulai dengan terbentuknya fragmoplas pada daerah ekuatorial yang merupakan inisial dinding sel yang akan memisahkan kedua sel anak.

C. PEMBELAHAN MEIOSIS

Pembelahan meiosis merupakan pembelahan sel yang terjadi dalam dua tahap yang berurutan. Ciri-ciri pembelahan ini setiap sel kromosom dibagi menjadi dua, sehingga dikenal dengan pembelahan reduksi. Sel anak hasil pembelahan mempunyai jumlah kromosom setengah dari kromosom sel induknya. Pembelahan terjadi dua kali secara berturut-turut tanpa dselingi dengan interfase (fase intirahat). Terjadi pada alat reproduksi/gametogonium pada saat gametogenesisi (pembentukan gamet).

Tujuan dari Pembelahan Meiosis

a. Mereduksi kromosom (mengurangi jumlah kromosom)
b. Membentuk gonad/ gametogenesis
c. untuk mempertahankan jumlah kromosom zigot setiap individu sama dengan individu kedua induknya

Ciri-ciri Pembelahan Meiosis

a. Berlangsung pada organ genetalia (organ reproduksi)
b. Menghasilkan empat sel anakan
c. Terjadi dua kali pembelahan yaitu, Meiosis I dan Meiosis II
d. Tidak diselingi dengan interfase (fase istirahat)
e. Sel anak mempunyai separuh jumlah kromosom dari jumlah kromosom induknya (reduksi)
f. Sel anak tidak memiliki kemampuan untuk membelah lagi

PLPG 2017

Tahapa-tahap Pembelahan Meiosis

Meiosis I

Meiosis I terbagi empat (Profase I – Metafase I – Anafase I – Telofase I)

1) Profase I

Profase I dibagi menjadi beberapa tahap, diantaranya :

- **Leptonema adalah** benang-benang kromati menebal menjadi kromosom
- **Zigonema adalah** tiap kromosom homolog bergandengan, dan tiap pasang kromosom homolog disebut dengan bivalen
- **Pakinema adalah** tiapa bagian dari kromosom homolog mengganda, tetapi masih dalah ikatan 1 sentromer sehingga membentuk tetrad
- **Diplonema adalah** kromatid dari tiap belahan kromosom memendek dan membesar, serta tampak saling menjauhi tetapi tetap terikat bersama oleh kiasmata (terjadinya pindah silang (crossing over)).
- **Diakinesis adalah** kromatid masih melanjutkan gerakan untuk salaing menjauhi dan kiasmata mulai bergerak kearah ujung-ujung kromosom, kemudian sentrososm membentuk 2 sentriol yang masing-masing membentuk benang spindle atau benang gelondong pembelahan. Satu sentriol bergerak kearah kutub yang berlawanan sendangkan yang satunya llagi tetap pada posisi semula. Nukleoplasma (membran inti) dan nukleolus (anak inti) menghilang.

2) Metafase I

Setiap tedrad, berada pada bidang metaphase atau dataran metaphase

3) Anafase I

Tiap-tiap tetrad memisahkan diri dari pasangannya, kemudian bergerak kearah kutub yang berlawanan. Sentromer belum membelah.

4) Telofase I

Tiap-tiap tetrad makin mendekatai kutub, membran inti dan nukleoplasma muncul kembali, terbentuknya bidang pembelahan pada bagia tengah sel, kromatid meregang dan membentuk benang-benang kromatin, serta terbentuknya dua sel anak yang jumlah kromosonya sama dengan jumlah kromosom induknya.

PLPG 2017

Meiosis II

1. Profase II

Sentrosom membentuk 2 sentriol yang letaknya berlawanan ktub, yang dihubungkan oleh benang spindle.

Nukleoplasma dan nukleus hilang

Kromatin berubah kromosom yang dijerat oleh benang spindle atau benang gelendong

2. Metafase II

a. Kromosom berada pada bidang equator
b. Kromatid bergandengan (berkelompok) dua-dua
c. Sentromer belum membelah

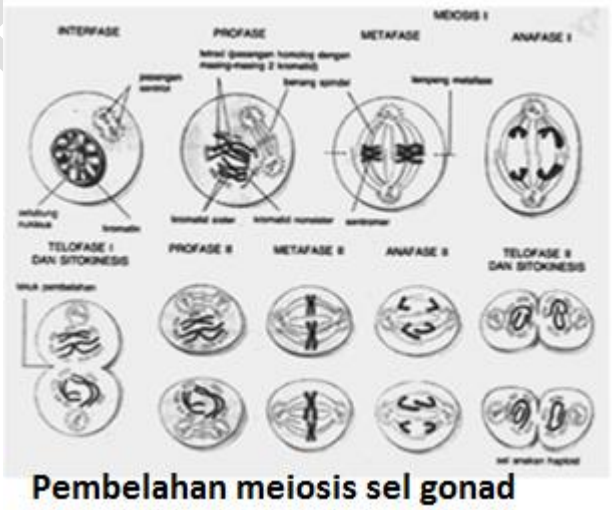
3. Anafase II

· Tiap-tiap tetrad memisahkan diri dari pasangannya, kemudian bergerak kearah kutub yang berlawanan.

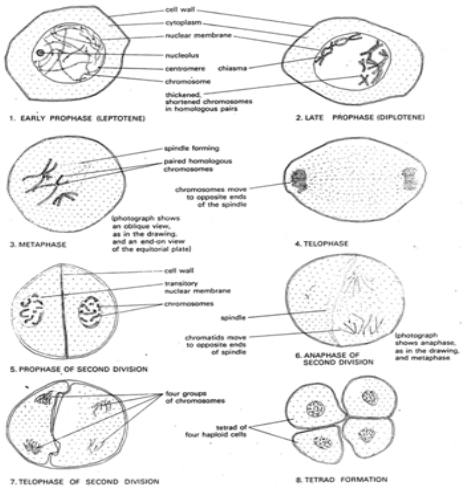
4. Telofase II

a. Kromatid berkumpul pada kutub pembelahan, kemudian berubah menjadi kromatin
b. **Nukleoplasma** dan nukleus terbentuk lagi
c. Pada akhir pembelahan meiosis II, terbentuk empat sel yang masing-masing sel mengandung separuh dari kromosom induknya.

Sekarang coba perhatikan Gambar di bawah ini



Pembelahan meiosis sel gonad



Gambar Pembelahan meiosis pada Anthera

Gambar Pembelahan meiosis pada sel hewan dan sel tumbuhan

PPG 2017

(Bracegirdle B and P.H.Miles 1971)

Perbedaan antara pembelahan Mitosis dengan Mieosis :

No.	Kriteria Perbedaan	Mitosis	Meiosis
1.	Lokasi pembelahan	Sel-sel tubuh	Pada alat kelamin (Sel miko dan megasporosit) /pembentukan sel kelamin
2.	Jumlah tahapan	Satu kali	Dua kali
3.	Jumlah sel anak	Satu sel induk menghasilkan dua sel anak	Satu sel induk menghasilkan 4 sel anak
4.	Jumlah kromosom anak	Diploid (2n) (Pembelahan equasi)	Haploid (n) (pembelahan reduksi)
5.	Pindah silang	Tidak terjadi	Terjadi pada profase I
6.	Komponen genetik	Sama dengan induk	Berbeda dengan induk
7.	Tujuan	Pertumbuhan dan regenerasi sel	Reduksi kromosom yaitu pembentukan gamet

PLPG 2017

Latihan Soal Bab VII Uraian

1. Jelaskan secara singkat perbedaan pembelahan mitosis pada tumbuhan dan hewan!.
2. Pembelahan meiosis juga disebut dengan pembelahan reduksi, Jelaskan apa maksudnya dan bagaimana prosesnya?

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017

MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN

BIOLOGI

BAB VIII

STRUKTUR DAN FUNGSI JARINGAN TUMBUHAN

Dra. Ely Rudyatmi, M.Si.
Dra. Endah Peniati, M.Si.
Dr. Ning Setiati, M.Si.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

PLPG 2017

Kompetensi Inti

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu

Kompetensi Dasar

Memahami lingkup dan kedalaman biologi sekolah

Jaringan tumbuhan adalah sekelompok sel yang memiliki struktur dan fungsi sama. Berdasarkan sifatnya, jaringan tumbuhan dibedakan menjadi dua jenis, yaitu jaringan meristem dan jaringan dewasa. **Jaringan meristem** adalah jaringan yang sel –sel penyusunnya masih bersifat embrional dan aktif membelah. **Jaringan dewasa** adalah jaringan yang sel-sel penyusunnya telah mengalami diferensiasi dan spesialisasi sesuai fungsinya.

A. Jaringan Meristem

Jaringan meristem adalah jaringan yang sel-selnya bersifat embrional dan mempunyai kemampuan untuk membelah/memperbanyak.

Berdasarkan asalnya jaringan meristem dibedakan menjadi 2 macam, yaitu meristem primer (meristem yang berasal dari sel-sel embrio) dan meristem sekunder meristem yang berasal dari sel-sel yang sudah dewasa yang berubah kembali menjadi bersifat embrional

Berdasarkan letaknya jaringan meristem dibedakan menjadi 3 macam, yaitu meristem ujung (ujung akar dan ujung batang); meristem lateral kambium dan kambium gabus; dan Interkalar pada nodus tumbuhan monokotil.

Fungsi meristem ujung dan interkalar untuk pertumbuhan memanjang. Fungsi kambium untuk pertumbuhan kearah lateral/menambah diameter batang/akar (Gambar 2).

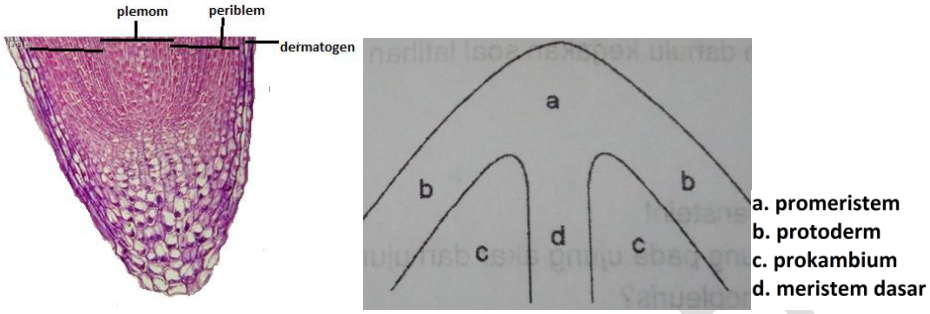
Hanstein membedakan meristem ujung akar menjadi 3 daerah histogen, yaitu dermatogen, periblem dan plerom (Gambar 1A).

Habertlandt membedakan meristem ujung batang menjadi 4 daerah histogen, yaitu Promeristem, Protoderm, Prokambium, dan Meristem dasar (Gambar 1B).

Fungsi jaringan meristem adalah untuk melakukan pembelahan sel serta menumbuhkan akar dan batang. Terdapat dua jenis jaringan meristem yaitu meristem primer (berada di

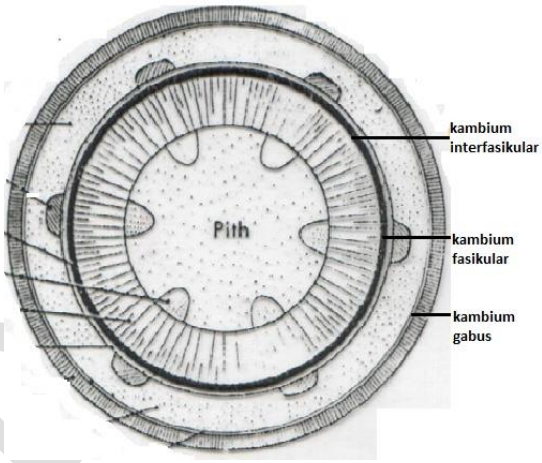
PLPG 2017

ujung akar dan batang) dan meristem sekunder (terdapat pada jaringan yang sudah mengalami diferensiasi misalnya kambium).



A B

Gambar 1. meristem primer (A. ujung akar dan B. ujung batang)
(Sumarsono, dkk, 2003)



Gambar 2. Meristem sekunder (kambium faskular dan kambium gabus)
(Foster A.S. and E.M. Gifford. 1974)

B. Jaringan Dewasa/permanen

Jaringan dewasa dibedakan menjadi 5 macam, yaitu: Jaringan dasar (parenkim); jaringan pelindung (epidermis); penguat (kolenkim dan sklerenkim); pengangkut (xilem dan floem), dan sekretori.

1. Jaringan Parenkim/dasar

Jaringan parenkim adalah jaringan tumbuhan yang terdapat di hampir semua bagian tumbuhan di bawah jaringan epidermis sehingga jaringan ini juga disebut jaringan dasar. Akar, batang, daun, dan buah tersusun sebagian besar atas jaringan parenkim.

Sel penyusunnya bersifat hidup, ukuran relatif besar, berdindng tipis, lentur, bentuknya bervariasi umumnya berbentuk segi enam, memiliki banyak vakuola, memiliki ruang antar sel, masih mampu berdiferensiasi menjadi meristem untuk membelah diri dan membentuk sel/jaringan khusus lainnya. Berasal dari meristem (protoderm, dan meristem dasar, periblem dan plerom serta kambium). Berdasarkan bentuknya dapat dibedakan menjadi parenkim palisade, spons, aktinenkim lipatan (Gambar 3).

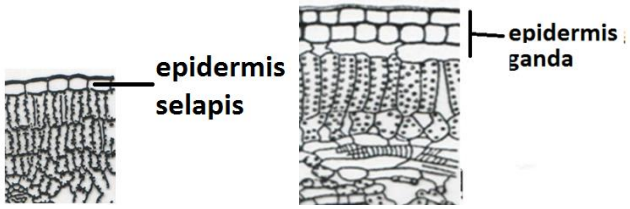
Fungsi jaringan parenkim bermacam-macam sesuai pengelompokannya seperti penyusun tubuh, melakukan fotosintesis, menyumpan cadangan makanan, menyimpan air, sebagai alat transportasi, penyimpan udara (aerenkim), dan menutup luka pada tumbuhan.

Palisade Spons lipatan Aerenkim

Gambar 3. Macam jaringan parenkim
(Foster A.S. and E.M. Gifford. 1974)

2. Jaringan Pelindung (Epidermis)

Jaringan epidermis adalah jaringan yang melapisi bagian paling luar semua organ tumbuhan. Jaringan ini terdiri dari selapis/beberapa lapis sel yang tersusun sangat rapat, bersifat hidup, bentuk, ukuran & susunan sel bervariasi, tanpa ras, plasma melekat pd dd sel, vakuola besar di tengah, plastida berupa leukoplas kecuali pada tanaman air berkloroplas, dinding luar tebal (dilapisi kutin, lilin/garam dlm bentuk kristal), dilengkapi dengan berbagai berbagai derivat yang berupa rambut, stomata, ataupun sel khusus lainnya.



Gambar 4. Struktur PL. Epidermis daun
(Foster A.S. and E.M. Gifford. 1974)

PLPG 2017

Fungsi jaringan epidermis adalah untuk melindungi tumbuhan dari pengaruh dari luar serta membantu "pernapasan".

3. Jaringan Penguat

Jaringan penguat terdiri dari dua macam, yaitu kolenkim dan sklerenkim

a. Jaringan kolenkim

Tersusun oleh sel-sel yang mengandung sitoplasma. Dinding sel mengalami penebalan dengan selulosa, hemiselulosa, dan pektin; bersifat elastis, dapat berkembang menyesuaikan pertumbuhan memanjang organ. Kadang-kadang terdapat secara berkelompokpada rigi tangkai daun atau membentuk lingkaran tertutup pada batang. Berdasarkan bentuk penebalan dindingnya, kolenkim dibedakan menjadi 3 tipe, Yaitu:

1) **Kolenkim sudut (angular**), penebalan dinding pada sudut-sudut , sel tidak teratur, tanpa ruang antar sel (Contohnya pada tangkai daun dan batang *Datura* sp.
2) **Kolenkim lempeng (lamelar**), penebalan dinding pada sudut tangensial, susunan sel teratur menurut deretan tengensial, tidak terdapat ruang antar sel (Contoh pada batang *Sambucus javanica*).
3) **Kolenkim tubuler (lacunar)**, penebalan dinding pada daerah-daerah yang berbatasan dengan ruang antar sel, Bentuk sel tidak teratur banyak ruang antar sel (Contohnya pada Compositae).

b. Jaringan sklerenkim

Tersusun oleh sel-sel berdinding tebal dan keras tersusun oleh lignin, sel yang sudah dewasa umumnya mati. Berdasarkan bentuk selnya dibedakan menjadi sklereida dan serabut sklenenkim.

1). Sklereida

Disebut **sel batu**, dindingnya keras, dijumpai sebagai sel tunggal diantara jaringan parenkim , berkelompok, atau bersama-sama dengan xilem dan floem. Berdasarkan bentuknya dibedakan menjadi beberapa tipe, yaitu:

a) **Brakhisklereida**, bentuk seperti parenkim, contohnya pada endokarpium (tempurung) *Cocos nicifera* (kelapa).

PLPG 2017

b) **Makrosklereida**, bentuk silindris memanjang, contohnya pada kulit buah *Phaseolus vulgaris* dan *Pisum sativum.*

c) **Trikoslereida,** bentuk bercabang-cabang, berujung runcing seperti trikoma, terdapat pada daun Olea sp.

d) **Astrosklereida,** bentuk bercabang-cabang seperti bintang, contohnya pada daun *Camellia* sp dan *Nymphaea* sp

e) **Orteosklereida,** bentuk memanjang dengan ujung membulat seperti tulang

2). Serabut sklerenkim

Bentuk sel memanjang, ujung runcing dan lumen sempit. Terdapat pada akar, batang, daun dan buah, terdapat sendiri-sendiri berkelompok, melekat pada berbagai macam jaringan. Dapat dijumpai sebagai berkas diantara xilem dan floem atau sebagai sarung berkar pengangkut.

4. Jaringan Pengangkut

Jaringan pengangkut tumbuhan ada dua macam, yaitu xilem dan floem.

a. Xilem

Merupakan jaringan komplek yang terdiri dari beberapa macam sel, yaitu trakea, trakeid, serabut sklerenkim, dan parenkim. **Fungsi xilem** adalah untuk mengangkut air dan mineral dari akar ke daun untuk selanjutnya dilakukan fotosintesis serta berfungsi untuk menyokong tubuh tumbuhan.

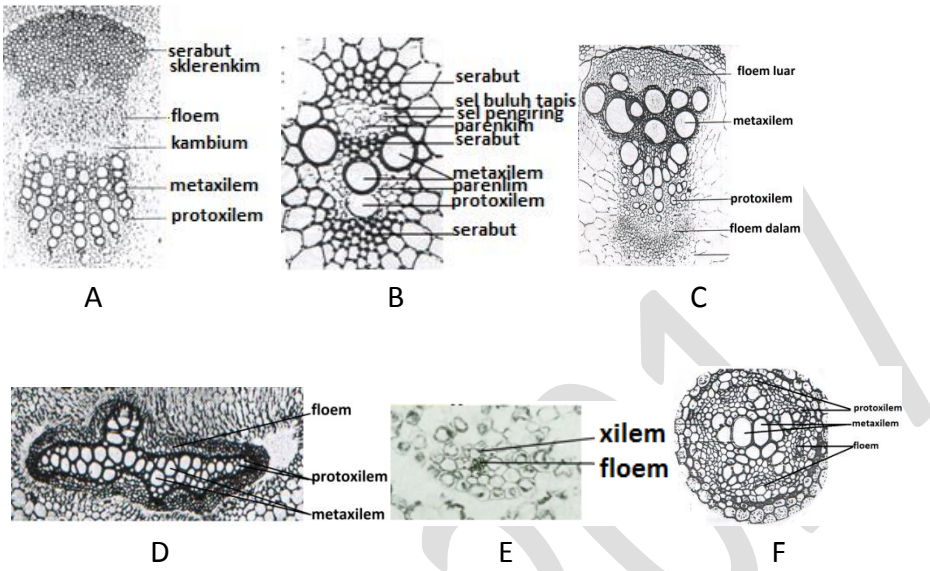
b. Floem

Merupakan jaringan komplek yang tersusun atas sel-sel hidup dan mati, yaitu sel buluh tapis, sel pengiring, parenkim, dan serabut. Floem atau pembuluh tapis adalah jaringan pengangkut yang berfungsi mengedarkan hasil fotosintesis ke seluruh bagian tumbuhan. **Fungsi floem** untuk mengedarkan hasil fotosintesis berupa karbohidrat ke seluruh bagian tumbuhan.

PLPG 2017

c. Tipe berkas pengangkut

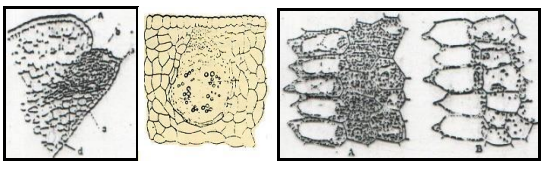
Berkas pengangkut dibedakan menjadi Kolateral (Kolateral terbuka dan kolateral tertutup), bikolateral, konsentris (konsentris amfikribral dan amfivasal), dan radial seperti ditunjukkan pada Gambar 5. .



Gambar 5. Tipe berkas pengangkut (A) kolateral terbuka, (B) kolateral tertutup, (C) bikolateral, (D) konsentris amphikribral, dan (E) konsentris amphivasal, (F) radial (Bracegirdle B and P.H.Miles 1971Clegg,C.J. and G. Cox. 1994)

5. Jaringan Sekretori

Jaringan sekretori dibedakan menjadi tiga macam, yaitu rekresi, sekresi dan ekskresi. Digolongkan **rekresi** jika bahan yang disekresikan belum masuk dalam proses metabolisme (contohnya Hidatoda dan kelenjar garam). Digolongkan **sekresi** jika bahan yang disekresikan masih ikut berperan dalam proses metabolisme (contohnya ruang kelenjar, sel kelenjar, dan saluran kelenjar). Digolongkan **ekskresi** jika bahan yang dieksresikan merupakan hasil akhir dari proses metabolisme (contohnya kelenjar madu, osmofora.



Gambar 6. Struktur jaringan sekretori (A) Hidatoda, (B) kelenjar minyak, dan (C) osmofora (Mulyani,E.S 2004)

Latihan soal Bab VIII Uraian

1. Jelaskan perbedaan tipe berkas pengangkut kolateral terbuka, kolateral tertutup, bikolateral, konsentris amphikribral, konsentris amphivasal, dan radial.? Sertakan gambar masing-masing tipe tersebut.
2. Apa perbedaan Jaringan hidatoda dengan ruang kelenjar?

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017

MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN

BIOLOGI

BAB IX

STRUKTUR DAN FUNGSI ORGAN TUMBUHAN

Dra. Ely Rudyatmi, M.Si.
Dra. Endah Peniati, M.Si.
Dr. Ning Setiati, M.Si.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

PLPG 2017

Kompetensi Inti Guru (KI)

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu

Kompetensi Guru Mata pelajaran (KD)

Memahami lingkup dan kedalaman biologi sekolah

STRUKTUR DAN FUNGSI ORGAN TUMBUHAN

Organ pokok pada tumbuhan ada tiga, yaitu akar, batang, dan daun. Bunga merupakan organ reproduksi tumbuhan yang pada dasarnya merupakan modifikasi dari daun yang tumbuh dan berkembang pada fase reproduksi generatif.

A. AKAR

Struktur akar tersusun oleh tiga jaringan utama, yaitu epidermis, korteks dan pengangkut.

1. Epidermis

   Tersusun oleh sel-sel yang memiliki dinding tipis dan susunan yang rapat tanpa adanya rongga antar sel. Pada epidermis akar yang masih muda terdapat rambut akar (derivat epidermis). Asal rambut akar sama dengan sel epidermis akar (derematogen). Sel khusus yang membentuk rambut akar disebut trikoblas.

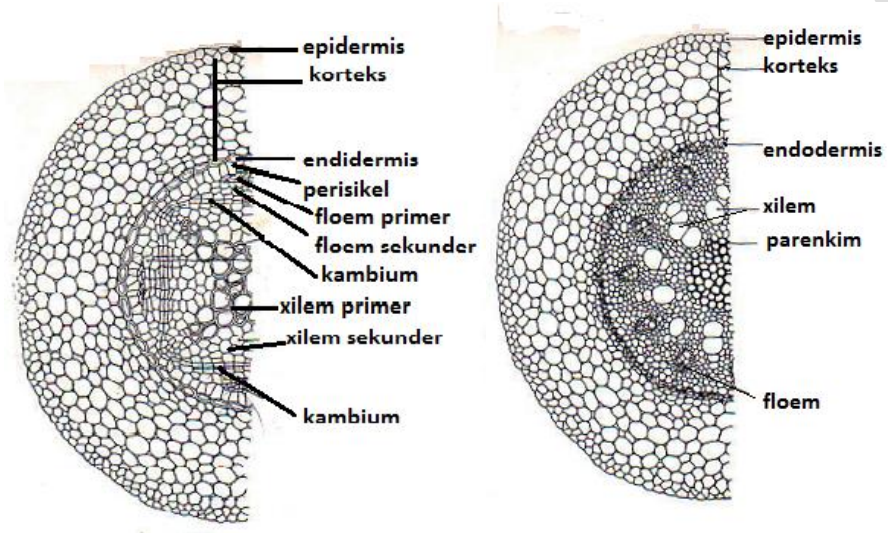
2. Korteks

   Tersusun oleh jaringan parenkim yang tersusun teratur secara radial, mengandung tepung, ada ruang antarsel, sering ditemukan adanya deretan kolenkim atau sklerenkim. Sel hipodermisnya ada yang berdiferensiasi menjadi eksodermis dengan dinding bersuberin. Korteks bagian dalam mengalami diferensiasi menjadi **endodermis**. Susun sel endodermis sangat rapat memiliki penebalan lignin dan suberin sehingga tidak mudah ditembus oleh air. Penebalan tersebut membentuk semacam pita, yang dinamakan pita Kaspari. Air memasuki silinder pusat melalui sitoplasma sel endodermis sehingga pergerakan air dan mineral lebih mudah diatur. Di belakang lapisan endodermis, terdapat lapisan sel yang disebut **perisikel**. Pada akar dikotil, perisikel berperan dalam pembentukan cabang akar.

PLPG 2017

3. Pengangkut

Jaringan pengangkut/pembuluh terdiri atas xilem dan floem berada di bagian dalam setelah perisikel. Xilem dan floem pada tumbuhan dikotil tersusun radial. Pada tumbuhan dikotil di antara xilem dan floem terdapat kambium vasikuler yang bersifat meristematik. Kambium tumbuh ke arah luar membentuk floem sekunder, sedangkan ke arah dalam membentuk xilem sekunder. Akibat pertumbuhan tersebut, akar akan tumbuh membesar dan melebar di dalam tanah. Permukaan luar akar yang dewasa menebal menggantikan fungsi epidermis dalam melindungi jaringan di bawahnya. Pada akar monokotil di antara jaringan xilem dan floem tidak ada kambiumnya.



Gambar 1 PL. Akar dikotil dan monokotil
(Bracegirdle B and P.H.Miles 1971 dan Clegg,C.J. and G. Cox. 1994.)

Fungsi Akar

Fungsi akar sangat bervariasi tergantung jenis tanamannya. Fungsi utamanya adalah untuk menyerap sari makanan dari dalam tanah seperti air dan unsur hara serta memperkokoh/menegakkan batang tanaman. Pada beberapa tanaman tertentu, akar berfungsi sebagai alat pernafasan, tempat menyimpan cadangan makanan dalam bentuk umbi, dan ada pula yang berfungsialat untuk berkembang biak.

Jenis akar ada dua macam yaitu akar dikotil (tunggang) dan akar monokotil(serabut).

Gambar 2. Ilustrasi struktur akar tanaman

B. BATANG

Struktur batang tumbuhan sangat bervariasi, pada umumnya tersusun atas jaringan epidermis, korteks, stele dan empulur.

1. Epidermis

   Terdidi dari satu lapis sel, dilapisi kutikula, memiliki susunan yang rapat tanpa adanya rongga antar sel. Pada batang muda sering dijumpai adanya stoma dan trikoma.Memiliki lapaisan yang tebal yang berfungsi melindungi lapisan-lapisan yang berada di dalamnya.

2. Korteks

   Tersusun oleh jaringan parenkim. Pada batang tertentu sering ditemukan adanya deretan kolenkim atau sklerenkim. Ada pula yang mengandung tepung atau zat yang lainnya dalam bentuk kelenjar.

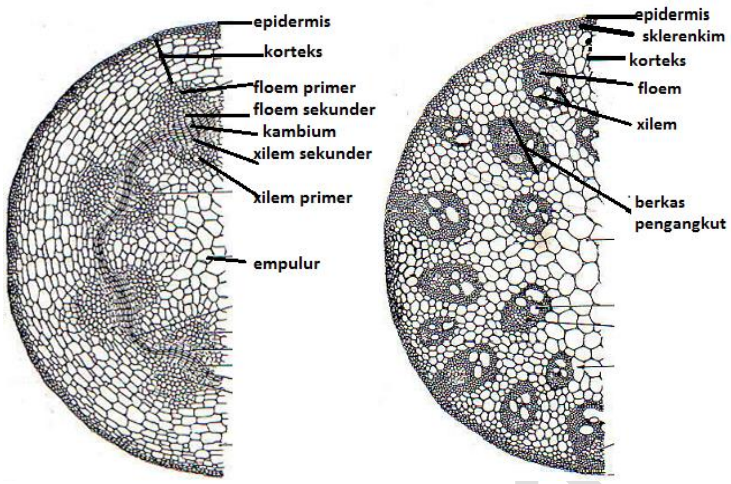
3. stele atau silinder pusat

   Susunan stele batang ada yang protostele, siphonostele (eustele, solenostele dan diktiostele), dan ataktostele yang khas pada monokotil.

   Berkar pengangkut pada batang bervariasi ada yang kolateral terbuka, kolateral tertutup, bikolateral, konsentris amfikribral, konsentris amfivasal

PLPG 2017

4. empulur merupakan jaringan dasar yang berada di dalam stele batang



Gambar 3 Struktur P L. Batang dikotil dan monokotil
(Clegg,C.J. and G. Cox. 1994.)

Fungsi batang pada tumbuhan

Fungsi utama batang sebagai tempat tumbuhnya daun, cabang serta bunga; menyalurkan zat makanan dari akar ke daun dan sebaliknya menyalurkan hasil pengolahan zat makanan dari daun ke seluruh bagian tubuh tumbuhan.Pada beberapa jenis tanaman batang berfungsi sebagai alat perkembangbiakan vegetatif, tempat menyimpan cadangan makanan, dan ada yang berfungsi sebagai alat pernafasan

C. DAUN

Struktur daun tersusun atas tiga bagian , yaitu episermis, mesofil dan jaringan pengangkut.

1. Epidermis

Epidermis daun biasanya tersusun atas satu/beberapa lapisan sel, tidak mengandung plastida kecuali pada sel penutup dan tumbuhan hidrifit. dinding terluar tertutupi oleh lapisan kutikula yang mempunyai fungsi mencegah proses penguapan. Beberapa derivat epidermis dapat berupa stomata, trikomata, sel silika, sel gabur dan sistolit. Bentuk dan susunan epidermis daun dan stomata sangat bervariasi sesuai golongannya. Letak stomata daun ada yang di helaian bagian atas, bawah atau di kedua permukaan helaiannya.

PLPG 2017

2. Mesofil

Mesofil daun terutama tersusun oleh jaringan parenkim. Pada daun dikotil mesofil naun umumnya dapat dibedakan menjadi dua macam , yaitu jaringan palisade yang berbentuk seperti tabung tersusun seperti pagar sehingga dikenal dengan jaringan pagar, dan jaringan bunga karang atau spons parenkim yeng bentuknya bercabang-cabang tidak teratur dengan banyak ruang antar sel di antaranya. Pada tumbuhan rumput-rumputan dan monokotil umumnya mesofil tersusun oleh sel-sel bunga karang atau sel lipatan yang bentuk dan ukurannya hampir sama. Mengandung banyak kloroplas untuk proses fotosintesis.

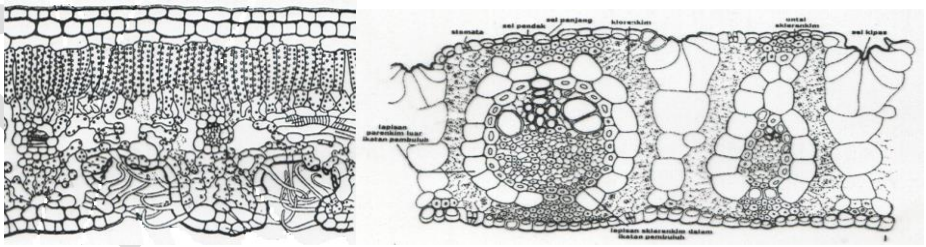
Pada mesofil daun sering dijumpai idioblas yang berupa sel kelenjar, jaringan kelenjar (sekretori), trikoslereida dan lainnya.

3. Jaringan pengangkut

Jaringan pengangkut pada helaian daun terutama tersusun sebagai Ibu dan tulang-tulang daun yang merupakan lanjutan dari berkas pengangkut pada batang dan tangkai daun. Tipe berkas pengangkut sesuai dengan tipe berkas batang.

Fungsi daun pada tanaman :

Fungsi utama daun sebagai tempat berlangsungnya proses fotosintesis; pada beberapa jenis tanaman berfungsi sebagai alat perkembangan vegetatif, tempat evaporasi atau penguapan, alat pernafasan



Gambar 4 Struktur daun dikotil dan monokotil
(Esau,

D. BUNGA

Bunga sebagai hasil perubahan struktural dan fisiologis dari ujung vegetatif menjadi ujung reproduktif. Bagian bagian bunga dianggap sebagai modifikasi dari daun. Bagian bunga umumnya tersusun atas : kelopak, mahkota, benang sari dan putik.

1. Kelopak/sepala, secara keseluruhan disebut kalik.

   Struktur sepala seperti daun tetapi lebih sederhana. Biasanya mempunyai warna hijau. mempunyai fungsi untuk membungkus dan melindungi kuncup bunga.
2. Mahkota/petala, secara keseluruhan disebut corola

   Struktur petala seperti daun tetapi lebih sederhana. Umumnya mempunyai warna cerah dan indah yang berfungsi untuk menarik serangga agar datang dan membantu proses penyerbukan.
3. Androecium merupakan alat kelamin jantan, terdiri atas stamen (benang sari) yang tersusun oleh bagian filamen (tangkai sari) dan anthera (kepala sari)
4. Gynaecium merupakan alat kelamin betina, tersusun oleh karpela (daun buah) yang membantuk ovarium (bakal bual), stilus (tangkai putik) dan stigma (kepala putik). Di dalam ovarium terdapat ovulum (bakal biji) yang melekat pada ovarium melalui funikulus(plasenta).

Fungsi bunga

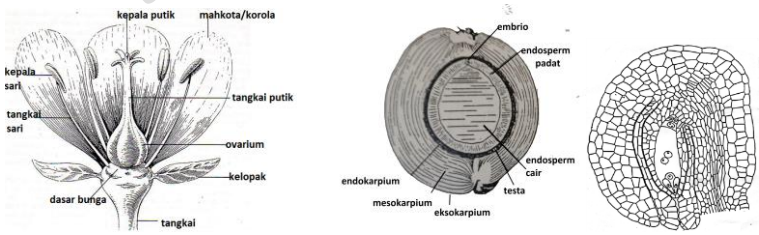
Sebagai alat reproduksi generatif tanaman.

E. BUAH

Secara umum buah terdiri dari kulit buah, daging dan biji. Kulit buah dan daging buah berbatasan langsung dengan biji disebut **perikarp**. Perikarp dibagi menjadi tiga, yaitu eksokarp, mesokarp dan endokarp. Struktur bagian-bagian buah sangat bervariasi.

F.BIJI

Struktur biji tersusun oleh kulit biji, embrio dan endosperm. Struktur masing-masing kulit biji bagian sangat bervariasi, ada yang kulit bijinya tipis dan lunak, tetapi ada yang tebal dan sangat keras. Embrio merupakan calon individu baru yang semua bagiannya masih bersifat embrional.



A B c

Gambar 5 (A) struktur bunga dikotil , (B) penampang membujur buah kelapa dan (C) penampang melintang biji Lilium (Foster A.S. and E.M. Gifford. 1974)

PLPG 2017

Latihan Soal Bab IX Uraian

1. Jelaskan dengan menggunakan tabel dan gambar perbedaan struktur akar, batang dan daun antara tumbuhan dikotil dengan monokotil!.

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017

MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN

BIOLOGI

BAB X REPRODUKSI PADA TUMBUHAN

Dra. Ely Rudyatmi, M.Si.
Dra. Endah Peniati, M.Si.
Dr. Ning Setiati, M.Si.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

PLPG 2017

Kompetensi Inti Guru (KI)

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu

Kompetensi Guru Mata pelajaran (KD)

Memahami lingkup dan kedalaman biologi sekolah

REPRODUKSI PADA TUMBUHAN

Reproduksi pada tumbuhan tingkat rendah sampai tinggi (Lumut, paku-pakuan, gymnospermae, dan Angiospermae) dapat terjadi secara vegetatif (aseksual) maupun generatif (seksual). Reproduktif vegetatif yaitu terjadinya individu baru tanpa didahului adanya peleburan dua sel kelamin. Reproduksi vegetatif dapat terjadi karena tanpa bantuan manusia, yang disebut perkembang biakan vegetatif alami dan terjadi karena bantuan manusia, yang di sebut perkembangbiakan vegetatif buatan.

Contoh Reproduksi vegetatif alami yaitu : fragmentasi, pembentukan gemma, tunas adventif, geragih atau stolon, umbi batang, dan umbi lapis.

Contoh Reproduksi Vegetatif Buatan ada beberapa macam, yaitu : Mencangkok, menempel (okulasi), merunduk, Enten (menyambung), stek, dan Kultur Jaringan.

Reproduksi generatif atau seksual merupakan cara reproduksi yang melibatkan proses peleburan gamet jantan dan gamet betina. Proses peleburan dua gamet ini biasa disebut pembuahan. Reproduksi generatif tidak hanya terjadi pada tumbuhan berbiji , gymnospermae (berbiji terbuka) dan angiospermae (berbiji tertutup) tetapi juga terjadi pada bryophyta (lumut) dan pteridophyta (paku-pakuan).

A. Macam Reproduksi vegetatif/aseksual alami

1. Fragmentasi

Fragmentasi adalah reproduksi aseksual dengan cara terpisahnya sebagian tubuh. Bagian tersebut mampu tumbuh menjadi individu baru. Misalnya pada tumbuhan lumut.

2. Gemmae

Gemmae adalah suatu truktur calon individu baru hasil diferensiasi sel-sel talus di

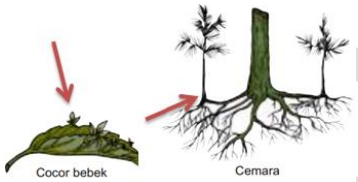
dalam Gemma cup, misalnya ditemukan pada lumut hati

a b

Gambar 1 Gemma Marchantia (a) dan PL. Gema cup (b)

3. Tunas adventif

Tunas adventif dalah tunas yang tidak tumbuh pada ketiak daun atau ujung batang, tetapi tumbuh pada bagian tanaman yang biasanya tidak bertunas, misalnya bagian ventral thalus lumut hati, pada daun cocor bebek, akar jambu biji, kesemek, dan sukun.



Gambar 2 Tunas adventif

(bebekhttps://www.google.co.id/search?q=gambar+akar+adventif+tanaman+sukun)

4. Geragih atau stolon

Geragih atau stolon adalah modifikasi batang yang tumbuh menyamping dan di ruas-ruasnya tumbuh bakal tanaman baru. **Geragih** adalah cabang batang yang memiliki perubahan bentuk dan penambahan fungsi. **Geragih** biasanya berbuku-buku dan beruas-ruas. Dari ruas-ruas ini akan muncul tunas-tunas yang dapat menjadi tanaman baru.

Gambar 3 Stolon

(Sumber https://www.google.co.id/search?q=geragih+atau+stolon)

5. **Pembentukan tunas** terjadi pula pada tumbuhan tingkat tinggi dan biasanya disebut anakan, misalnya: pisang, paku, dan rumput. Pada tumbuhan tersebut, bagian batang yang ada di dalam tanah dapat membentuk tunas yang akan tumbuh menjadi individu baru dekat induknya dan membentuk koloni.

PLPG 2017

Gambar 4 Tunas adventif (Sumber:.google.co.id)

6. **Rhizoma /Akar Tinggal/Rimpang**

Rhizoma adalah batang yang tumbuh mendatar di dalam tanah dan membengkak karena berisi cadangan makanan.Pada ketiak dari sisik dan ujung rhizoma terdapat tunas yang dapat tumbuh menjadi individu baru , misalnya: kencur, jahe, lengkuas, kana, ganyong, kunyit, dan keladi.

Gambar 5. Rhizom Kencur (a) Jahe (b), dan lengkuas

Sumber: http://macansoftware.blogspot.com/2012/01/perkembangbiakan-tumbuhan-secara.html#ixzz4Ib1rlj6x)

7. **Umbi Batang**

Umbi batang adalah batang di dalam tanah yang berubah fungsi menjadi tempat cadangan makanan. Di beberapa tempat dari umbi terdapat mata tunas. Jika umbi batang ditanam, tunas tersebut akan tumbuh menjadi individu baru. misalnya : kentang, gadung, dan uwi.

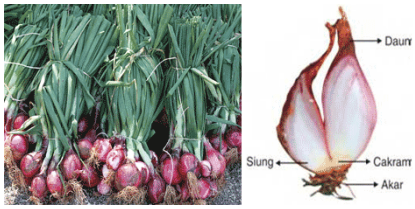
Gambar 6. Umbi batang Kentang

(http://macansoftware.blogspot.co.id/2012/01/perkembangbiakan-tumbuhan-secara.html)

8. **Umbi Lapis**

Umbi lapis adalah batang yang pendek, ruas-ruasnya sangat rapat, dan dikelilingi oleh berlapis-lapis daun yang saling menutup. Pada ketiak daun terdapat calon tunas (siung)

yang dapat tumbuh menjadi individu baru. misalnya : bawang merah dan bawang putih.



Gambar 7. Umbi lapis Bawang merah

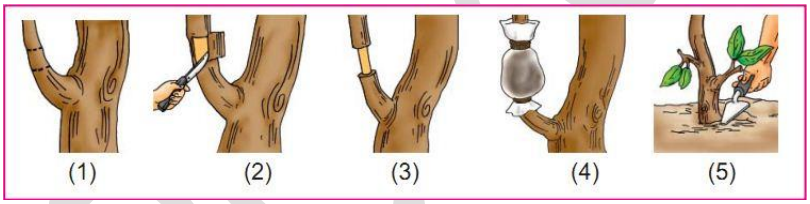
Sumber: http://macansoftware.blogspot.com/2012/01/perkembangbiakan-tumbuhan-secara.html#ixzz4Ib1NQRAD

B. Macam Reproduksi Vegetatif Buatan

Reproduksi Vegetatif Buatan ada beberapa macam, yaitu : Mencangkok, menempel (okulasi), merunduk, Enten (menyambung), stek, dan Kultur Jaringan.

1. Mencangkok

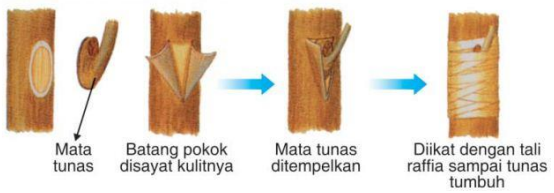
mangga, sawo, jeruk , dan rambutan.



Gambar 7. Tahapan mencangkok

2. Menempel (okulasi)

Menempel adalah menggabungkan bagian tubuh dua tanaman yang mempunyai sifat berbeda. masing – masing tanaman umumnya mempunyai kelebihan. misalnya : dengan menempelkan mata tunas tumbuhan yang buahnya banyak pada tumbuhan yang sistem perakarannya baik. contohnya : jeruk, kopi, dan karet.



Gambar 8. Tahapan menempel tunas/okulasi

3. Merunduk

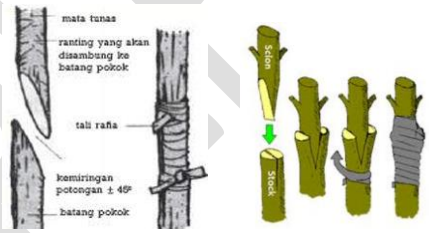
PLPG 2017

Merunduk, dilakukan dengan cara membengkokkan atau melengkungkan sebagian cabang tanaman hingga menyentuh tanah. Pada bagian yang menyentuh tanah ditimbun tanah sehingga akan merangsang tumbuhnya akar. Merunduk sering dilakukan untuk memperbanyak apel, alamanda, dan bunga kertas, sirih, kemukus, anyelir, apel, anggur, dll.

Gambar 9. Merunduk

4. Enten (Menyambung)

Pada dasarnya menyambung sama dengan menempel, yaitu menggabungkan bagian dua tanaman yang mempunyai sifat berbeda. tanaman yang perakarannya kuat di sambung dengan tanaman yang buahnya baik, misalnya : kopi dan buah – buahan.



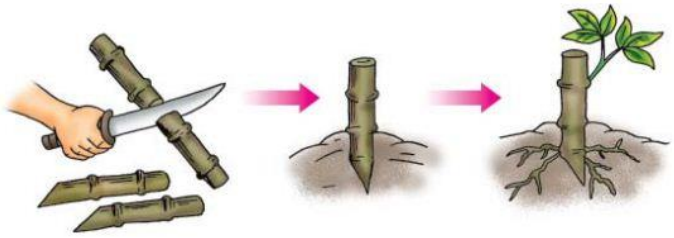
Gambar 10. Tahapan menyambung

http://www.duniapendidikan.net/2015/12/pengertian-dan-macam-macam-contoh-cara-perkembangbiakan-tumbuhan-secara-vegetatif-alami-dan-buatan.html, http://budidarma.com/2010/11/tehnik-cara-melakukan-okulasi-grafting-pada-tanaman.html

5. Stek

PPG 2017

Stek adalah cara mengembangbiakkan tanaman dari potongan – potongan batang atau cabang yang di tancapkan dalam tanah,misalnya: ketela pohon.



Gambar 11 Tahapan stek batang Ketela pohon

(http://www.pakmono.com/2016/04/5-contoh-perkembangbiakan-vegetatif.html)

6. Kultur Jaringan

Kultur jaringan adalah menanam jaringan tmbuhan pada substrat (bahan makanan buatan), sehingga tumbuhan menjadi tanaman yang sempurna dan mampu di pindahkan, misalnya : anggrek, pisang, kentang.

Gambar 12. Tahapan kultur jaringan Angggrek

C. Reproduksi Generatif atau Seksual

Reproduksi generatif atau seksual pada bryophyta (lumut), pteridophyta (paku-pakuan), gymnospermae (berbiji terbuka) dan angiospermae (berbiji tertutup) sangat berbeda satu dengan lainnya. Secara garis besar semua tumbuhan tersebut mengalami proses sposogenesis, dan gametogenesis, fertilisasi/peleburan gamet jantan dan betina untuk membentuk zygot sama. Akan tetapi ada beberapa perbedaan yang khas diantara mereka. Salah satu contoh polinasi yang terjadi pada Gymnospermae polen langsung menempel pada tetes polinasi yang berada di ujung mikropil sedangkan pada Agioepermae polen menempel pada tetes polinasi yang berada diujung kepala putik.

Sel Telur Pada tumbuhan Briophyta, Pteridophyta dan Gymnospermae terbentuk di dalam alat kelamin betina yang disebut arkegonium sedangkan pada Angiospermai pada kantong embrio.

PLPG 2017

D. Ciri dan Siklus Hidup Tumbuhan

1. Ciri dan Siklus Hidup Tumbuhan Lumut (Bryophyta)

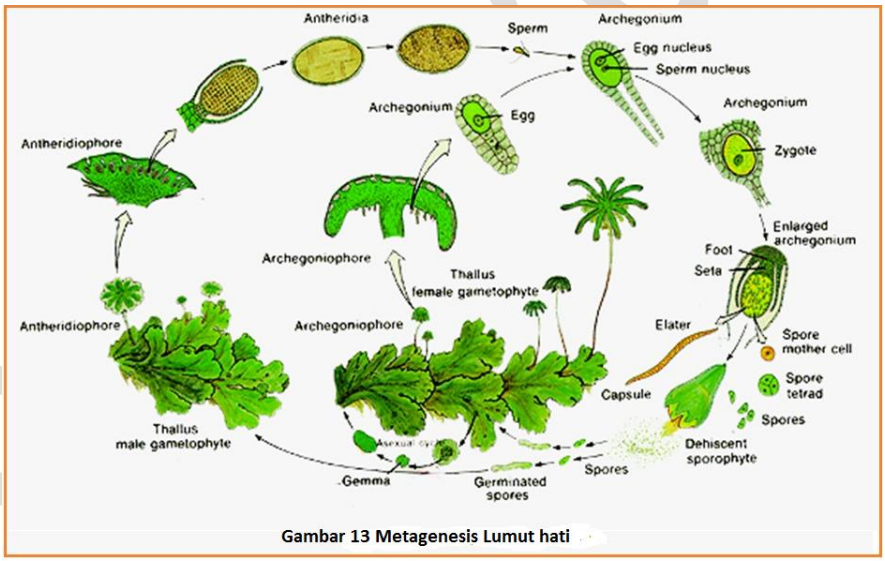
Ciri tumbuhan. Tubuh tumbuhan masih berupa thallus, artinya tidak memiliki akar, batang, dan daun sejati, akan tetapi memiliki bagian yang menyerupai akar yang disebut rhizoid.

merupakan tumbuhan darat sejati, bentuknya kecil dan panjang, hidup di tempat yang lembab atau basah seperti di bebatuan, tanah, dan dinding tua. Sebagai tumbuhan peralihan antara tumbuhan berthallus dan tumbuhan berkormus, mampu berfotosintesis, tidak mempunyai berkas pengangkut. Gametofit merupakan fase dominan.

Reproduksi aseksual/tidak kawin dengan cara fragmentasi, tunas,dan gemma.

Reproduksi seksual/perkembangbiak secara kawin, fase zigot dan embrio yang sangat singkat. Sporofit tumbuh menumpang pada gametofit.

Siklus hidup lumut hati disajikan pada Gambar 13.



Gambar 13 Metagenesis Lumut hati

https://biologigonz.blogspot.co.id/2009/12/metagenesis-lumut-paku.html

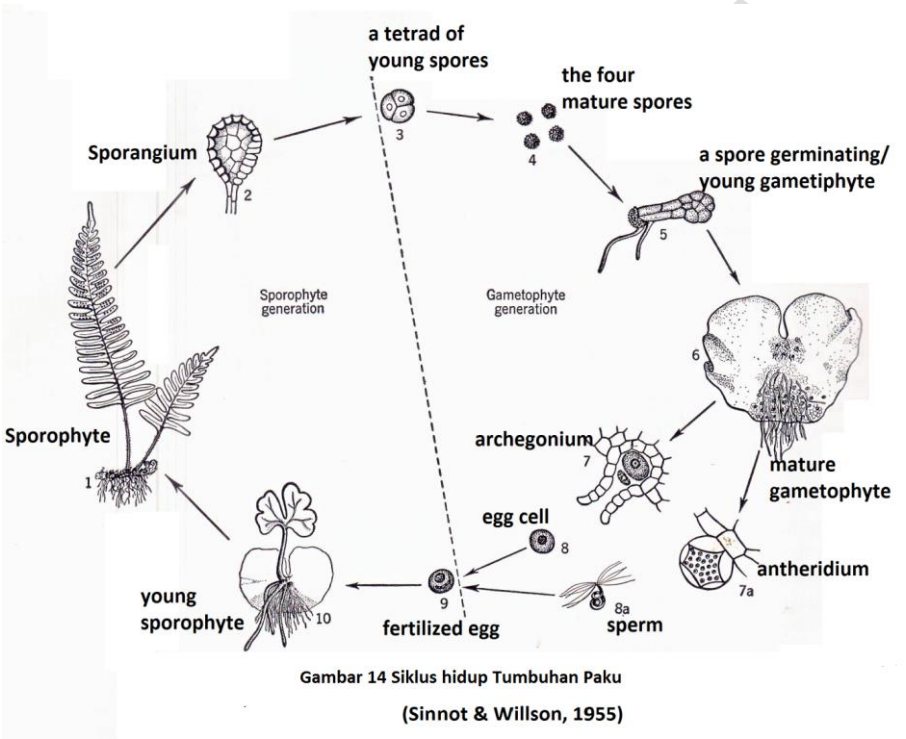
2. Ciri dan Siklus Hidup Tumbuhan Paku (Pteridophyta)

Ciri tumbuhan. Tubuh tumbuhan tergolong tumbuhan kormus, sudah mempunyai akar, batang dan daun, umumnya tumbuh di tempat lembab (higrofit), Daun muda biasanya menggulung, daun tumbuhan yang berfungsi untuk fotosintesis disebut

tropofil, sedang yang berfungsi membentuk spora disebut spotofil. Batang biasanya berupa stolon, tetapi ada pula yang berupa pohon. Sudah terdapat epidermis, korteks dan stele.

Reproduksi aseksual biasanya dengan stolon dan membentuk tunas bagi tumbuhan yang berupa pohon.

Reproduksi seksual dengan membentuk embrio pada gametofit. Siklus hidup tumbuhan Paku dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14 Siklus hidup Tumbuhan Paku

(Sinnot & Willson, 1955)

https://biologigonz.blogspot.co.id/2009/12/metagenesis-lumut-paku.html

Tumbuhan paku juga dikenal sebagai kormifita berspora. Sporofit merupakan fase dominan. Sporangium tumbuh dan berkembang pada bangunan khusus yang berupa sorus, sporokarp atau synanyium tergantung tumbuhannya. Pembentukan spora di dalam sporangium terjadi melalui pembelahan meiosis. Spora haploid yang lepas dari sporangim akan berkecambah, tumbuah dan berkembang di tempat lembab membentuk gametofit . Gametofit tumbuh soliter di tempat yang lembab, membentuk alat kelamin jantan (anteridium) dan alat kelamin betina (archegonium). Pembentukan sel sperma di dalam anteridium dan sel telur di dalam achegonium melalui pembelahan mitosis. Pembuahan terjadi melalui perantaraan air untuk membawa sel sperma menuju archegonium. Reproduksi secara seksual diawali dengan pembuahan

antara sel gamet jantan yang berlagel dan sel telur di dalam arkhegonium. Gametofit akan mengalami kemunduran setelah zigot tumbuh dan berkembang membentuk embrio. Embrio selanjutya tumbuh dan berkembang menjadi sporofit dewasa.

3. Ciri dan Siklus Hidup Gymnospermae

Gymnospermae terdiri dari pakis haji (*Cycas rumphii*), putri dara cina (*Ginkgo biloba*), melinjo (*Gnetum gnemon*), dan pinus (*Pinus merkusii*).

Ciri tumbuhan. Merupakan tumbuhan kormus (mempunyai akar, batang dan daun sejati), berbiji terbuka. Tipe akar tunggang, batang berkayu, memiliki kambiumdan mengadakan pertumbuhan sekunder. Bentuk daun jarum, memanjang kaku dan ada pula yang helaian sederhana. Contohnya, Pakis haji bentuk daunnya menyerupai palem.

Reproduksi aseksual pada jenis tertentu dengan dengan membentuk tunas, kultur jaringan.

Reproduksi seksual dengan biji. Alat reproduksi pada gymnosperma berupa sporofil-sporofil yang membentuk struktur khusus berbentuk kerucut pada ujung tunas fertile/ujung cabang yang disebut dengan strobilus. Strobilus jantan tersusun dari banyak mikrosporofil. Srobilus betina tersusun dari banyak megasporofil. Pada *Pinus* sp, Setiap miko/megasporofil terdapat dua sporangium.

Megasporangium/ovulum/bakal biji tidak dilindungi oleh daun buah (berbiji terbuka) sehingga biji dapat terlihat dari luar di antara daun-daun.

Proses pembentukan mikrospora/pollen terjadi di dalam mikrosporangium secara meiosis. Perkembangan mikrogametifit terjadi setelah polinasi di ruang polen.

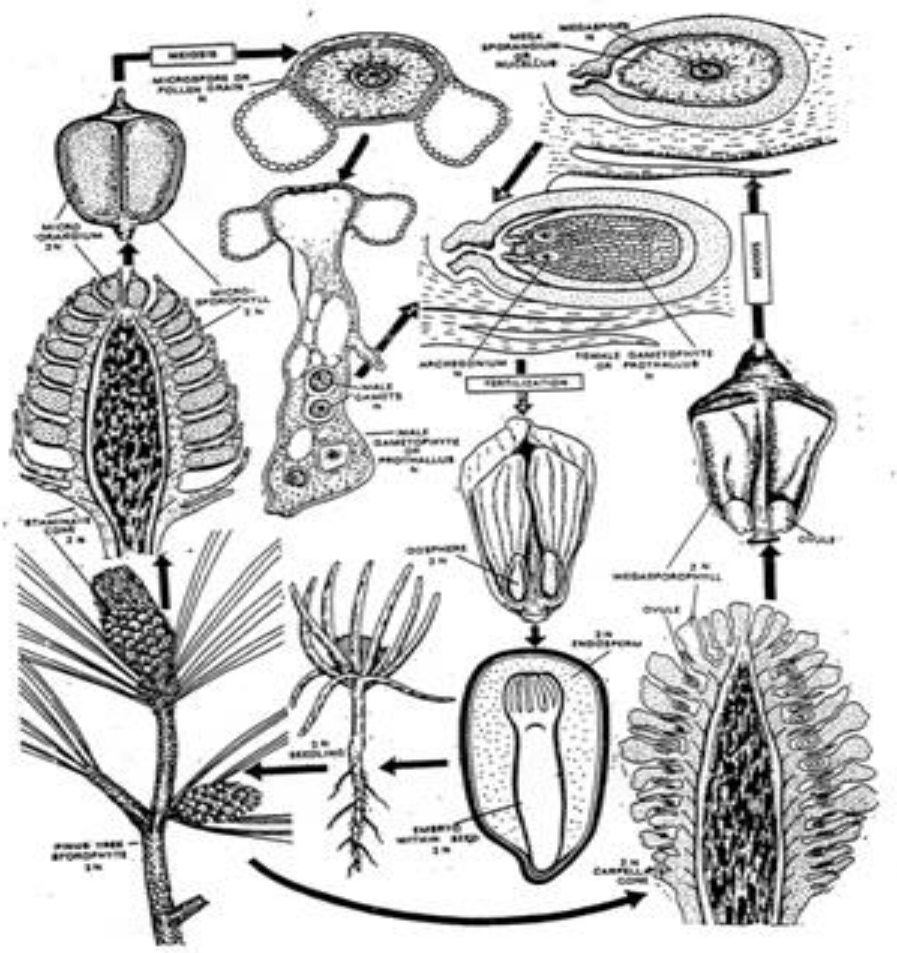
Megasporogenesis terjadi di dalam nuselus pada bakal biji/ovulum. Jumlah sel induk megaspora yang tunggal membelah secara meiosis membentuk tetrad megaspora linier yang haploid. Tiga megaspora mengalami kemunduran/degenerasi. Satu megaspora yang fungsional tumbuh menjadi megagametofit dengan ditandai oleh terjadinya pembelahan inti bebas, diikuti dengan pembentukan beberapa archegonium di daerah dekat mikropil dan sellulerisasi di dadaerah sekitarnya. Sel

PLPG 2017

telur berada di dalam setiap archegonium. Khususnya untuk Gnetum, tidak terbentuk archegonium seperti Gymnospermae lainnya. Yang terjadi pada Gnetum adalah pada waktu membelahan inti bebas di daerah dekat mikropil terdapat beberapa sel yang berukuran besar dengan inti yang besar. Sel-sel inilah yang berfungsi sebagai sel telur.

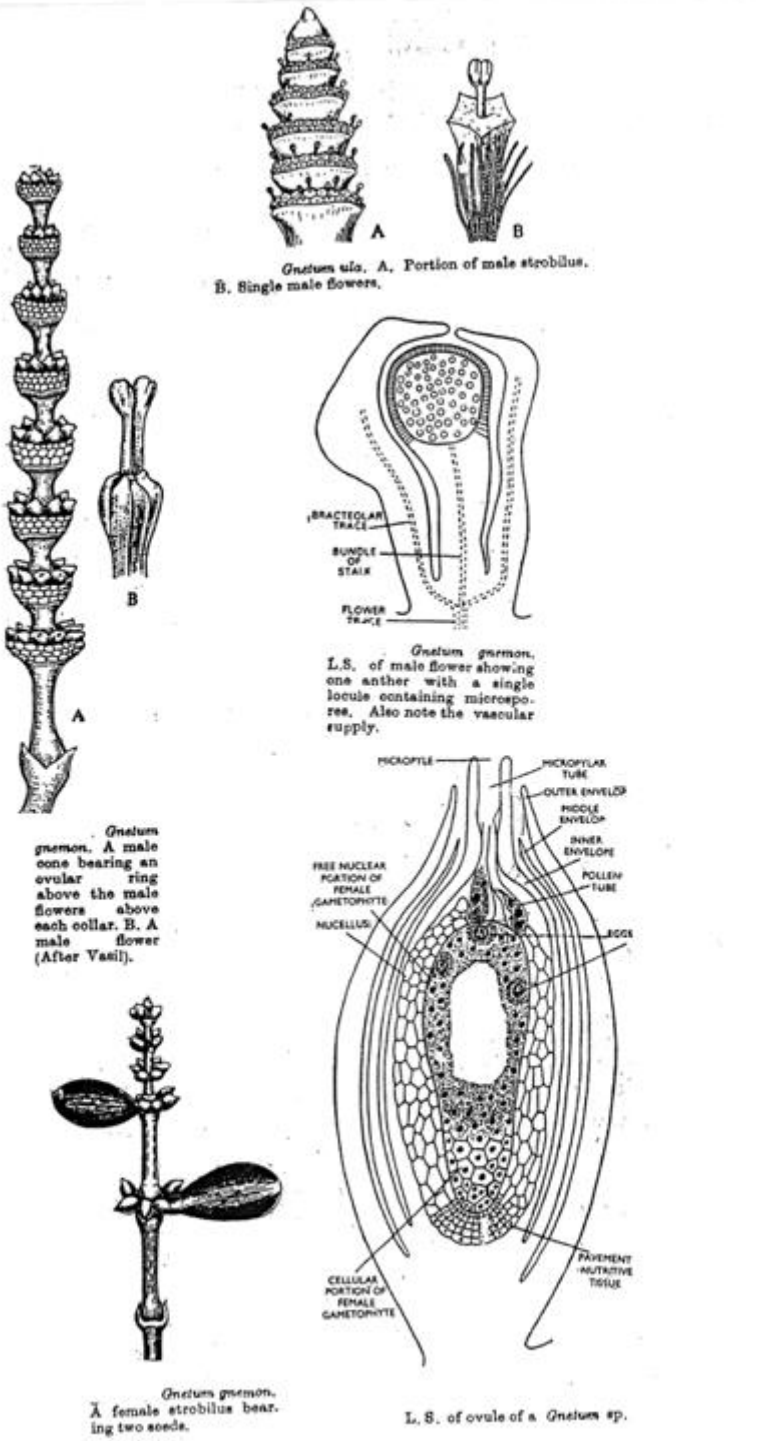
Polinasi/penyerbukan dengan bantuan angin. Polen menempel pada tertes polinasi di ujung mikropil. Bersamaan dengan mengeringnya tetes polinasi, polen terbawa masuk ovulum sampai ke ruang polen. Persiapan perkembangan mikrogametofit di dalam ruang polen dapat terjadi dalam waktu lama (berbulan-bulan) sambil menunggu pertumbuhan dan perkembangan gametofit betina/masaknya sel telur. Pembuahan terjjadi dengan diawali masuknya buluh serbuk sari yang membawa sperma menembus nuselus dan gametofit betina sampai menemukan sel telur yang ada di dalam archegonium. Pembuahan/peleburan antara 1 sel sperma dengan sel telur membentuk zygot (pembuahan tunggal). Awal pertumbuhan dan perkembangan ebrio diawali adanya pembelahan inti bebas. Peristiwa ini tidak terjadi pada golongan tumbuhan lainnya. Selulerisasi diikuti dengaan terbentuknya deretan sel penyusun embrio dalam 4 deretan. Setiap satu zigot terbentuk 4 embrio belahan. Dalam satu bakal biji dapat terbentuk lebih dari satu sel telur sehingga dimungkinkan terjadi poliembrioni. Siklus hidup Pinnus disajikan pada Gambar 15.

PLPG 2017



Gambar 15 The life cycle of *Pinus roxburghii*

PLPG



Gnetum ula. A. Portion of male strobilus. B. Single male flowers.

Gnetum gnemon. L.S. of male flower showing one anther with a single locule containing microspores. Also note the vascular supply.

Gnetum gnemon. A male cone bearing an ovular ring above the male flowers above each collar. B. A male flower (After Vasil).

Gnetum gnemon. A female strobilus bearing two seeds.

L. S. of ovule of a *Gnetum* sp.

Gambar 16 Struktur Alat perkembangbiakan dan Biji Gnetum

(Vasista,P.C. 1983)

4. Ciri dan siklus Hidup Angiospermae

Ciri umum. Merupakan tumbuhan kormus (mempunyai akar, batang dan daun sejati) dan berbiji tertutup. terdiri atas tumbuhan dikotil (berkeping dua) dan monokotil (berkeping 1).

Sistem perakaran dikotil tunggang sedangkan monokotil serabut. batang dikotil memiliki kambium sedangkan monokotil tidak. Monokotil memiliki meristem interkalar. Bentuk daun bervariasi helaian (pipih dan lebar), susunan tulang daun bervariasi. Bentuk tulang daun tumbuhan dikotil ada yang menyirip dan menjari sedangkan monokotil sejajar dan melengkung.

Reproduksi aseksual bervariasi, melalui tunas adventif, stolon, membentuk anakan,dll.

Reproduksi seksual/generatif dengan membentuk biji.

Organ tumbuhan yang berperan dalam perkembangbiakan generatif adalah bunga.

Macam – macam Bunga

Berdasarkan kelengkapannya bunga di bedakan menjadi :

1) Bunga Lengkap

Bunga yang memiliki seluruh bagian bunga. Contohnya kembang sepatu, bunga mawar, bunga melati.

2) Bunga Tidak Lengkap

Bunga yang tidak memiliki satu/lebih bagian bunga. Contohnya bunga kelapa dan bunga salak.

Berdasarkan kelengkapannya alat perkembangbiakan, bunga di bedakan menjadi :

1) Bunga Sempurna

Bunga yang memiliki benang sari dan putik sekaligus/bunga berkelamin ganda, contohnya bunga pepaya, bunga kacang panjang, bunga aster, dan bunga padi.

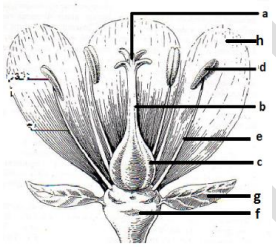
PPG 2017

2) Bunga Tidak Sempurna

Bunga yang memiliki benang sari/putik saja. Jika memiliki benang sari di sebut bunga jantan yang menghasilkan spermatozoid. Jika hanya memiliki putik disebut bunga betina, menghasilkan sel telur.

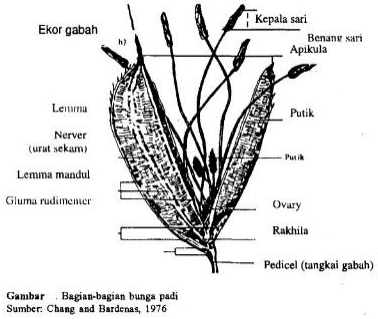
Struktur bunga sempurna dapat dilihat pada Gambar 17 dan 18. Bunga memiliki benang sari sebagai alat kelamin jantan dan putik sebagai alat kelamin betina . Benang sari tersusun oleh tangkai sari (filamen) dan kepala sari (anthera). Proses mikrosporogenesis /pembentukan serbuk sari/pollen terjadi di dalam sporangium/lokuli anthera melalui pembelahan meiosis.

Putik tersusun oleh kepala putik (stigma), tangkai putik (stilus), dan bakal buah (ovarium) yang di dalamnya terdapat bakal biji (ovulum). Biji tidak terlihat dari luar (biji tertutup) (Gambar Megasporogenesis terjadi di dalam nuselus. Satu inisial sel megaspora membelah secara meiosis menghasilkan 4 sel megaspora haploid. Megagametogenesis/proses pembentukan sel telur (avum) sangat Penyerbukan tumbuhan a bervariasi tergantung jenisnya.



a. kepala putik (stigma)
b.tangkai putik (stilus)
c. bakal buah (ovarium)
d. kepala sari (anthera).
e. tangkai sari (filamen)
f. dasar bunga (reseptakel)
g. kelopak (Kalik)
h. mahkota (Corola)

Gambar 17 struktur bunga sempurna dikotil

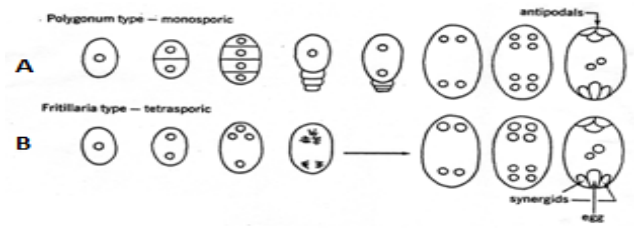


Gambar Bagian-bagian bunga padi
Sumber: Chang and Bardenas, 1976

Gambar 18 struktur bunga sempurna monokotil

Berdasarkan jumlah sel megaspora yang berfungsi dalam megagametogenesis, maka dikenal tipe kantong embrio tetrasporik jika semua/keempat megaspora haploid berperan/berfungsi; Bisporik jika hanya dua megaspora yang berfungsi; dan Monosporik jika hanya satu megaspora haploid yang berfunsi sedangkan tiga megaspora lainnya mengalami degenerasi. Hal inilah yang selama ingi tidak pernah diperhatikan oleh banyak narasumber yang berakibat pemahaman terkait ploidi setiap inti yang ada di dalam

kantong embrio menjadi kurang tepat.Khususnya ploidi untuk kandung lembaga sekunder. Contoh perkembangan kantong embrio tipe minisporik dan tetrasporik disajikan pada Gambar 19.



Gambar 19 Megasporogenesis dan megagametogenesis pada kantong embrio tipe Polygonum (A) dan Fritilaria (B)

Berdasarkan perbedaan tipe perkembangan kantong embrio di atas, tentunya berpengaruh pada pada jumlah kromosom setiap inti yang ada di dalam kantong embrio selama proses megagametogenesis. Jumlah kromoson inti kandung lembaga pada tipe Polygonum adalah 2 n sedangkan pada tipe Fritilaria 4n. Hal ini akan berpengaruh pada ploidi endosperm setelah terjadi pembuahan 3 n untuk Polygonum dan 4 n untuk Fritilaria

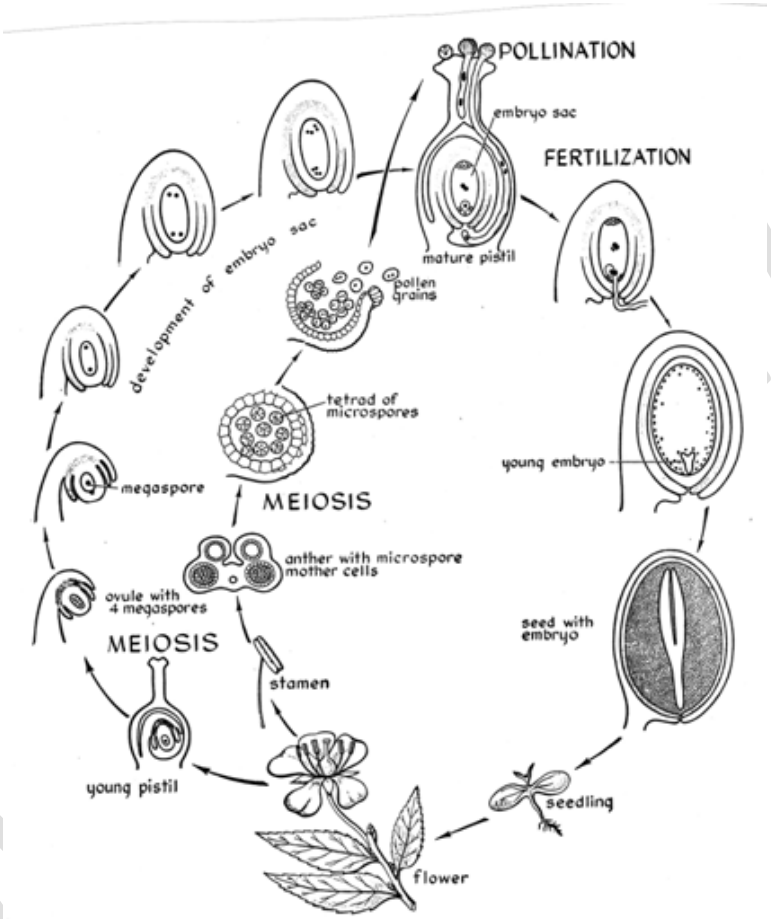
Penyerbukan/proses menempelnya serbuk sari/pollen di kepala putik tumbuhan angiospermae dapat terjadi melalui banyak perantara/cara sehingga dapat digolongkan dalam: Anemogami (perantara angin), Hidrogami (perantara air), Zoidiogami (perantara hewan), dan Antropogami (perantara manusia).

Berdasarkan asal serbuk sari penyerbukan dapat di bedakan menjadi : Penyerbukan sendiri (Autogami), penyerbukan tetangga (Geitonogami), penyerbukan silang (Allogami), Bastar (hybridogamy).

Mikrogametogenesis ditandai dengan keluarnya buluh serbuk menembus stilus menuju ovulum dengan membawa dua sel sperma. Berdasarkan cara masuknya buluh serbuk sari ke ovulum maka dikenal 3 macam pembuahan, yaitu Porogami jika buluh serbuk masuk melalui mikropil, Mesogami jika melalui integumen, dan kalazogami jika melalui daerah kalaza.

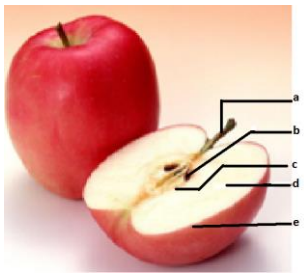
PLPG 2017

Pembuahan pada tumbuhan angiospermae merupakan pembuahan ganda. Disebut pembuahan ganda karena terjadi dua pembuahan. Pembuahan pertama terjadi antara sel telur dengan sperma 1 membentuk zigo dan pembuahan kedua antara inti kandung lembaga sekunder dengan sperma 2 yang akan menjadi endosperm. Siklus hidup angiospermae dapat dilihat pada Gambar 20.

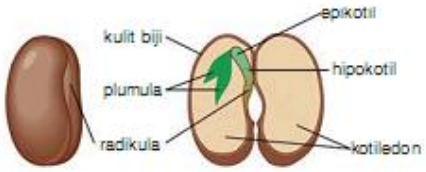


Gambar 20 The life cycle of an Angiosperm

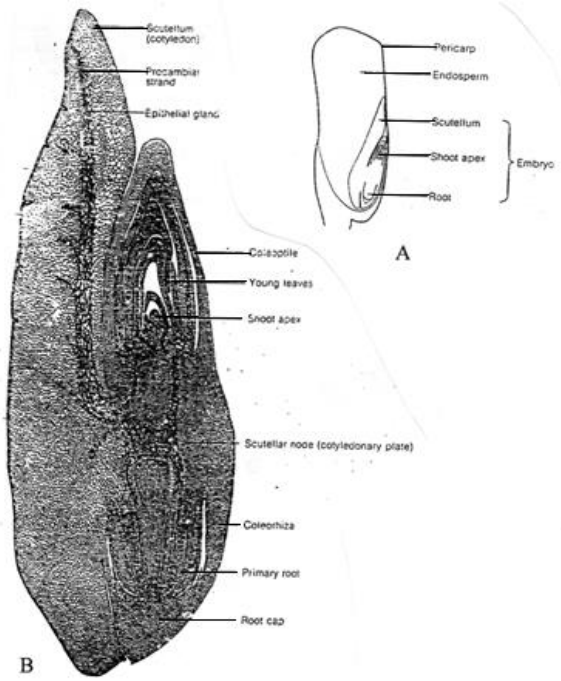
Struktur buah Apel dapat dilihat pada Gambar 21, biji kacang merah pada Gambar 22, dan struktur PL Biji dan embrio Zea pada Gambar 23.



Gambar 21 Struktur buah buah Apel
a. Tangkai b. Biji c. endokarpium



Gambar 22 Struktur Biji kacang merah



23 Struktur PL Biji dan embrio Zea

Perbedaan tumbuhan angiospermae dan gymnospermae

Tabel 1. Perbedaan tumbuhan angiospermae dan gymnospermae:

Dilihat Dari	Gymnospermae	Angiospermae
Alat reproduksi	Strobilus	Bunga
Pembuahan	Tunggal	Ganda
Ovarium	Tidak ada	Punya
Biji	Terbuka/ditutupi	Dilindungi oleh daun buah
Bentuk daun	Jarum, helaian	Bervariasi
Batang	Berkambium	Monokotil: tidak berkambium Dikotil: berkambium
Akar	Tunggang	Monokotil: serabut Dikotil: tunggang

PLPG 2017

Latihan Soal Bab 10. Uraian

1. Jelaskan perbedaan siklus hidup lumut Hati dan Pteris
2. Jelaskan perbedaan proses mikrosporogenesis, makosporogenesis, Polinasi, dan fertilisasi pada tumbuhan Gymnorpermae dengan Angiospermae.

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017

MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN

BIOLOGI

BAB XI

STRUKTUR DAN FUNGSI JARINGAN HEWAN

Dra. Ely Rudyatmi, M.Si.
Dra. Endah Peniati, M.Si.
Dr. Ning Setiati, M.Si.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

PLPG 2017

Kompetensi Inti Guru (KI)

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu

Kompetensi Guru Mata pelajaran (KD)

Memahami lingkup dan kedalaman biologi sekolah

STRUKTUR DAN FUNGSI JARINGAN HEWAN

Semua organisme bersel banyak (multiseluler) memiliki berbagai sel yang bentuk dan fungsinya berbeda. Sel-sel yang bentuk dan fungsinya sama berkelompok membentuk jaringan. Ilmu yang mempelajari jaringan disebut histologi. Sebuah jaringan merupakan sebuah kelompok sel yang memiliki fungsi tertentu, misalnya jaringan epidermis berfungsi sebagai pelindung.Untuk melaksanakan fungsi yang lebih luas, berbagai jaringan berkelompok membentuk suatu kesatuan (unit) yang disebut organ. Organ dalam hewan lebih tampak nyata daripada tumbuhan, misalnya jantung, paru-paru, lambung, dan usus. Dapatkah kamu sebutkan organ pada hewan? Berbagai organ membentuk kesatuan fungsi yang lebih luas, disebut sistem, misalnya sistem peredaran darah (sistem transpor) terdiri atas jantung dan pembuluh darah.

Sel-sel yang memiliki bentuk dan fungsi sama berkelompok membentuk jaringan. Pada hewan termasuk manusia terdapat dua kelompok jaringan, yaitu jaringan benih (germinal)

dan jaringan tubuh (somatis). Jaringan benih (germinal), aktif membelah diri untuk menghasilkan benih baru. Jaringan tubuh (somatis), terdapat pada tubuh hewan atau manusia selama hidupnya. Jaringan somatis meliputi jaringan epitel, jaringan ikat, jaringan otot, dan jaringan saraf.

A. JARINGAN EPITEL

Jaringan epitel merupakan jaringan yang membatasi dua lingkungan yang berbeda seperti dinding usus dengan rongga usus, dinding kantung kemih dengan rongga kemih, yang tersusun oleh selapis sel atau beberapa lapis sel. Jaringan epitel memiliki beberapa fungsi, antara lain sebagai pelindung, kelenjar, dan reseptor. Sebagai pelindung, jaringan epitel melindungi jaringan yang ada di bawahnya dari kerusakan mekanis karena tekanan,

PLPG 2017

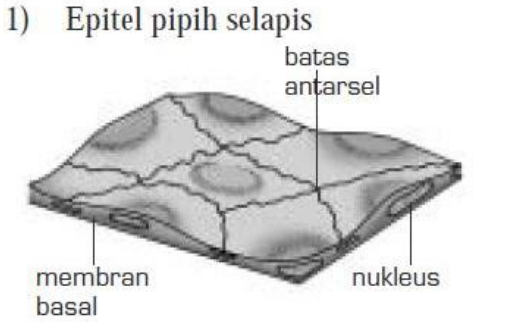
gesekan, radiasi ultra violet, dan serangan mikroorganisme. Sebagai kelenjar, jaringan epitel terdapat pada saluran pencernaan yang menghasilkan enzim-enzim pencernaan. Epitelium yang melapisi saluran pernapasan mengeluarkan mukus atau lendir untuk menangkap partikel-partikel debu yang masuk dan sebagai pelindung dari kekeringan. Sebagai reseptor, epitelium yang terdapat pada alat indra berfungsi untuk menerima rangsang. Pada beberapa bagian tubuh, macam-macam sel yang berbeda berbaur sehingga sulit diklasifikasikan. Berdasarkan bentuk dan susunannya, jaringan epitel dibedakan menjadi jaringan epitel sederhana, jaringan epitel berlapis, dan jaringan epitel kelenjar.

1. Jaringan Epitel Sederhana

Jaringan epitel sederhana terdiri atas selapis sel. Berdasarkan bentuk selsel penyusunnya, jaringan ini diklasifikasikan sebagai berikut.

1). Epitel pipih selapis.

Sel-sel epitel ini pipih dan tipis, berisi sedikit sitoplasma yang membungkus inti di bagian tengah. Terdapat pada alveoli lapisan dalam pembuluh darah, pembuluh limfe, dan merupakan dinding pembuluh kapiler.



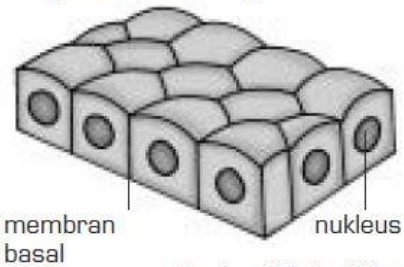
Sumber: *Biological Science*, Green

2). Epitel kubus selapis

Epitel ini terdapat pada saluran kelenjar ludah, kelenjar keringat, saluran ginjal, dan kelenjar gondok.

PI 2017

2) Epitel kubus selapis

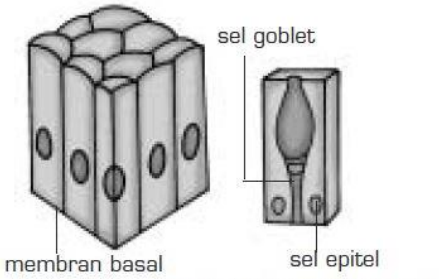


Sumber: *Biological Science*, Green

3) Epitel silindris selapis

Epitel ini terdiri atas selapis sel berbentuk panjang dan sempit. Jaringan ini melapisi seluruh saluran pencernaan yang diselingi oleh sel goblet yang menghasilkan mukus (lendir) untuk melindungi lambung dari asam lambung.

3) Epitel silindris selapis

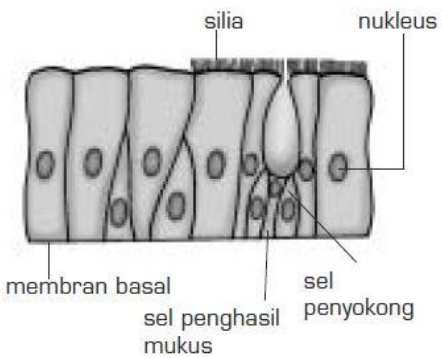


Sumber: *Biological Science*, Green

4) Epitel berlapis semu

Jika kita perhatikan penampang jaringan ini, akan tampak beberapa sel dengan ketinggian berbeda karena tidak semua sel mencapai permukaan yang bebas. Meskipun demikian, epitel ini terdiri atas selapis sel-sel tebal dan tiap-tiap selnya melekat pada membran basal. Jaringan epitelium ini dapat kita jumpai pada saluran kencing dan tenggorokan, uretra jantan, saluran reproduksi jantan, serta epididimis.

4) Epitel berlapis semu

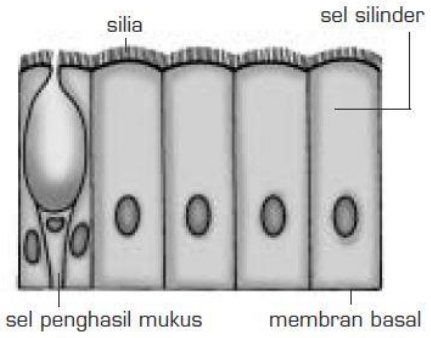


Sumber: *Biological Science*, Green

5) Epitel selapis bersilia

Epitel bersilia terdiri atas sel-sel yang berbentuk silindris dengan silia pada tepi luarnya. Getaran silia menimbulkan aliran. Jaringan ini terdapat pada saluran telur, uterus, dan saluran pernapasan atas.

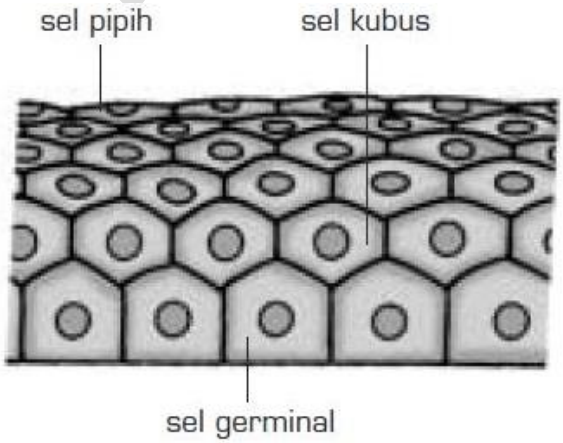
5) Epitel selapis bersilia



Sumber: *Biological Science*, Green

b. Jaringan Epitel Berlapis

Jaringan epitel berlapis terdiri atas beberapa lapis sel. Jika dibandingkan dengan epitel sederhana, jaringan ini memiliki bentuk dan susunan lebih kuat. Jaringan epitel berlapis meliputi epitel pipih berlapis yang terdapat pada sebagian esofagus; epitel kubus berlapis, yang terdapat pada saluran kelenjar keringat dan epitel silindris berlapis yang terdapat pada saluran kelenjar susu, kelenjar ludah submandibula.



Sumber: Biological Science

(Gambar epitel berlapis)

PIPG 2017

c. Jaringan Epitel Kelenjar

Di antara sel-sel epitel dijumpai sel-sel goblet atau sekelompok sel goblet yang membentuk kelenjar bersel banyak. Epitelium yang banyak mengandung sel-sel goblet disebut membran mukosa. Ada dua tipe kelenjar, yaitu eksokrin dan endokrin. Disebut eksokrin jika sekresi kelenjar dialirkan ke permukaan melalui saluran, dan disebut endokrin jika sekresi kelenjar langsung masuk ke aliran darah. Kelenjar endokrin tidak memiliki saluran, misalnya kelenjar hormon. Macam-macam kelenjar eksokrin dapat kamu pelajari pada tabel berikut.

Tabel 1. Berbagai macam kelenjar

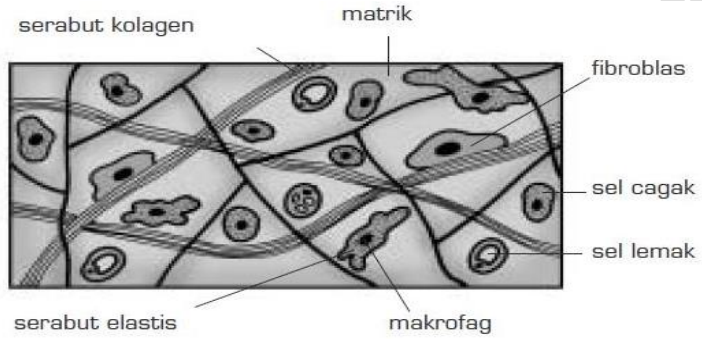
Tipe Kelenjar	Struktur	Tempat
Tubular sederhana		Kelenjar pada usus halus vertebrata tinggi
Tubular melingkar		Kelenjar keringat manusia
Tubular bercabang		Bagian fundus pada lambung Kelanjar brunner pada usus halus mamalia
Tubular majemuk		Kelenjar brunner pada mamalia Kelenjar ludah
Alveolus sederhana		Kelenjar mukus pada kulit katak
Alveolus bercabang		Kelenjar sebasea pada kulit mamalia
Alveolus majemuk		Kelenjar susu Kelenjar pankreas
Tubular alveolus majemuk		Kelenjar ludah Kelenjar susu

Sumber: *Biology*, Barrett

2. JARINGAN IKAT

Jaringan ikat merupakan penyokong utama tubuh hewan dan manusia. Sel-selnya berada dalam sejumlah besar matriks (bahan ekstraseluler) yang diekskresikan oleh sel-sel penyusunnya. Selain sebagai pembungkus dan pengikat berbagai organ tubuh, jaringan ini memiliki banyak fungsi, seperti melindungi tubuh dari serangan bakteri (jaringan ikat longgar), menghindari kehilangan panas (adiposum), memberi bentuk pada tubuh (skeleton) dan memproduksi darah (jaringan darah/hemopoietik). Jaringan ikat meliputi jaringan ikat sebenarnya, jaringan skeleton, dan jaringan darah.

a. Jaringan Ikat Sederhana



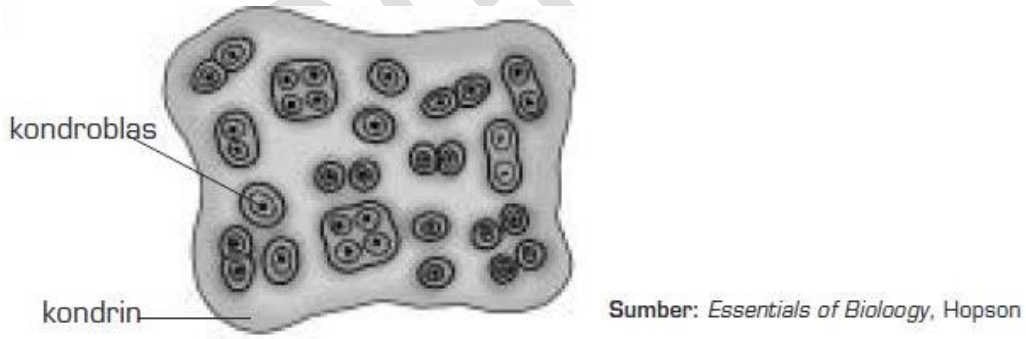
Sumber: *Essentials of Bioloogy*, Hopson

Jaringan ini terdapat di seluruh bagian tubuh, di bawah kulit menghubungkan berbagai organ dan mengisi ruang antar jaringan yang berdekatan. Berdasarkan susunannya, jaringan ikat dibedakan atas *jaringan ikat longgar*, *jaringan ikat padat*, dan *jaringan lemak* (jaringan adiposum). *Jaringan ikat longgar* terdiri atas matriks (substansi dasar) yang mengandung macam-macam sel dan serabut, seperti tampak pada gambar. Di dalam matriks terdapat 4 macam sel, yaitu *fibroblas* yang menghasilkan serabut kolagen, serabut elastis, dan matriks, sel cagak (*mast cell*) penghasil heparin (anti pembekuan), sel lemak yang menimbun lemak, dan makrofag (sel ameboid yang memakan partikel asing), hal ini penting untuk melindungi tubuh dari bibit penyakit. Selain itu, dalam matriks juga terdapat dua macam serabut, yaitu serabut kolagen berupa berkas serabut yang fleksibel, tetapi tidak elastis dan serabut elastis yang fleksibel dan elastis. Serabut ini membentuk semacam jaring pada matriks. Fungsi jaringan ini menghubungkan berbagai jaringan, misalnya kulit dengan struktur di bawahnya.

Jaringan ikat padat dibedakan antara jaringan ikat kolagen dan jaringan ikat elastis. Tendon yang melekatkan otot pada tulang merupakan contoh jaringan ikat kolagen, matriksnya mengandung berkas serabut kolagen yang padat, contoh lain aponeurosis. Pada jaringan ikat elastis matriks hanya mengandung serabut elastis, jaringan ini terdapat pada ligamen yang mengikat tulang-tulang dalam persendian, paru-paru, dinding trakea, pita suara. *Jaringan lemak* (adiposum) dalam matriks hanya sel-sel lemak, penting untuk menyimpan lemak cadangan. Pada kulit, adiposum berfungsi untuk mencegah kehilangan panas. Berbagai organ lunak, seperti jantung dan ginjal dikelilingi jaringan lemak sebagai pelindung.

b. Jaringan Skeleton

Skeleton berfungsi untuk penyokong tubuh, dilengkapi dengan rangka yang kaku. Seperti pada jaringan ikat, jaringan ini terdiri atas sel-sel yang terletak dalam matriks organik, tetapi matriksnya lebih keras. Pada vertebrata terdapat dua macam jaringan skeleton, yaitu tulang rawan (kartilago) dan tulang keras. Ikan bertulang rawan, seperti hiu dan ikan pari, seluruh rangkanya terdiri dari tulang rawan. Mamalia yang rangkanya sebagian besar tulang keras, memiliki tulang rawan pada persendian dan cawan-cawan antarvertebra.

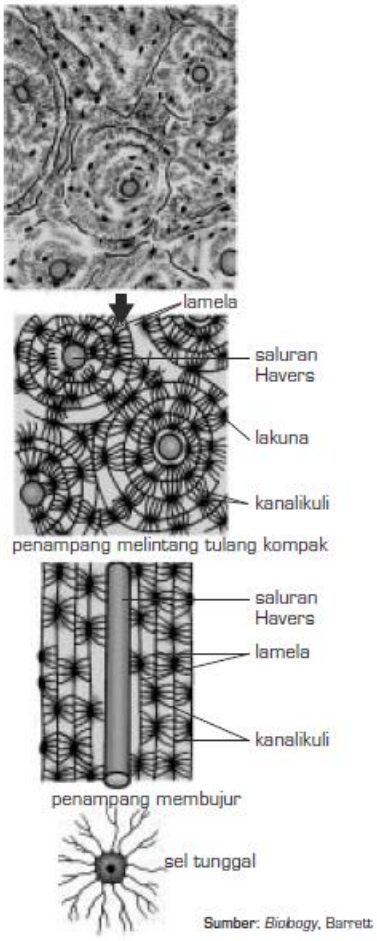


(gambar jaringan tulang rawan hialin)

Tulang rawan (kartilago) tersusun oleh matriks organik yang mengandung sel-sel *kondroblas*. Sel-sel kondroblas menghasilkan matriks yang disebut *kondrin*. Tulang rawan dibedakan atas rawan hialin, rawan elastis, dan rawanfibrosa. *Rawan hialin*, matriksnya semi transparan mengandung kondroitin sulfat, Rawan hialin terdapat pada ujung-ujung tulang pipa, tulang rusuk, hidung, saluran pernapasan (laring, trakea, dan bronkus), dan

rangka embrio. *Rawan elastik*, matriksnya agak keruh, mengandung serabut elastik kuning. Jika dibengkokkan, terasa lentur dan mudah kembali ke bentuk semula, contoh daun telinga, epiglotis, pembuluh Eustachius, tulang rawan padafaring. *Rawan fibrosa*, mengandung banyak berkas serabut kolagen yang padat dalam matriknya, memiliki daya regang yang lebih kuat dari pada rawan hialin, contoh diskus antar ruas tulang belakang dan simfisis pubis(persambungan tulang kemaluan).

Tulang keras, lebih keras daripada tulang rawan karena matriksnya sebagian besar (70%) terdiri atas garam-garam anorganik terutama kalsium sulfat, 30% terdiri atas zat organik terutama serabut kolagen. Sel pembentuk tulang disebut osteoblas, yang menyekresikan bahan organik dan garam fosfat serta karbonat. Setelah sekeliling osteoblas menjadi keras, osteoblas dinamai osteosit. Berdasarkan susunan matriksnya, jaringan tulang keras dibedakan menjadi jaringan tulang kompak dan jaringan tulang spons (bunga karang). *Tulang kompak*, disebut demikian karena memiliki matriks yang padat. Berikut ini merupakan penampang melintang jaringan tulang kompak.



(gambar penampang melintang jaringan tulang kompak)

PLPG 2017

Pada gambar tampak sejumlah lamela konsentris mengelilingi sebuah *saluran Havers*. Pada lamela terdapat sejumlah lakuna berisi osteosit. Dari tiap lakuna memancar sejumlah saluran halus berisi sitoplasma disebut kanalikuli yang menghubungkan lakuna yang satu dengan lakuna yang lain. Hubungan ini berfungsi sebagai transportasi nutrisi. Di dalam saluran Havers terdapat pembuluh darah yang mengangkut nutrisi, gas pernapasan, serta zat-zat sisa dari dan ke osteosit. Saluran Havers juga mengandung pembuluh limfe dan serabut saraf yang terbungkus oleh jaringan ikat. Pada permukaan luar periostium dan permukaan dalam tulang, lamela tidak membentuk lingkaran. Di daerah ini terdapat *saluran Volkman*. Saluran ini mengandung pembuluh darah yang berhubungan dengan pembuluh darah di dalam saluran Havers. Matriks tulang kompak terdiri atas kolagen yang dihasilkan oleh osteoblas, dan bahan-bahan anorganik. Kombinasi antara zat organik dan zat anorganik menghasilkan sebuah struktur yang kuat. Jaringan tulang kompak terdapat di sepanjang tulang pipa. Jaringan yang memiliki komposisi hampir sama dengan tulang kompak adalah *dentin* yang terletak di antara email dan pulpa gigi. Matriksnya lebih keras daripada tulang kompak karena mengandung 75% bahan anorganik. *Tulang spons* (bunga karang) memiliki matriks yang mengandung lebih sedikit bahan anorganik (60-65%) dibandingkan dengan tulang kompak. Matriksnya berongga, berisi sumsum merah yang memproduksi sel-sel darah.

Tulang spons terdapat pada epifisis tulang pipa, tulang pipih, dan tulang pendek.

c. Jaringan Darah dan Limfe

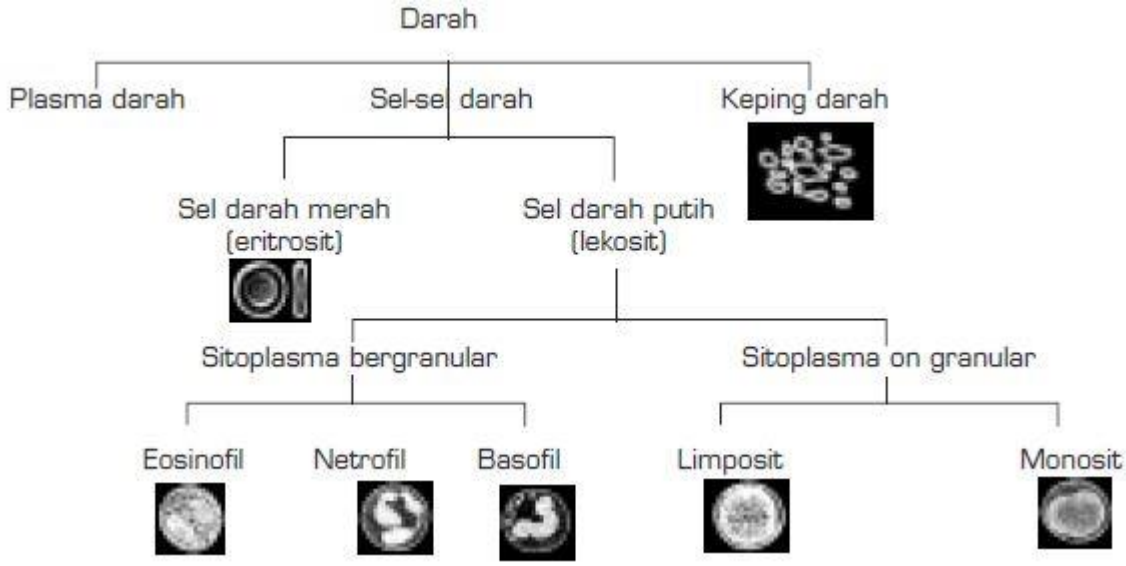
Jaringan darah tersusun oleh sel-sel darah merah (eritrosit), sel-sel darah putih (leukosit), dan keping-keping darah, berada dalam cairan yang disebut plasma. Plasma darah terdiri atas air yang mengandung berbagai zat terlarut yang dialirkan dari satu bagian tubuh ke bagian tubuh lain. Bahan makanan (glukosa, lemak, asam amino) dibawa dari usus ke hati, urea dari hati ke ginjal, dan hormon dari kelenjar buntu ke berbagai organ yang menjadi target.

Sel darah merah (eritrosit) fungsi utamanya adalah membawa oksigen dari organ respirasi ke berbagai jaringan. Sel darah putih (leukosit) berfungsi untuk membunuh bibit penyakit. Leukosit dibedakan atas eosinofil, netrofil, basofil (dihasilkan oleh sumsum

PLPG 2017

merah) dan limfosit, monosit (dihasilkan oleh jaringan limpoid). Jaringan sumsum merah dan limpoid disebut jaringan hemopoitik). Keping darah berperan dalam pembekuan darah. Untuk jelasnya, pelajari bagan darah. Limfe (getah bening) mengandung zat-zat seperti plasma dengan konsentrasi yang berbeda. Di dalam limfe tidak ada sel darah merah, tetapi ada limfosit sebagai fagosit.

Limfe (getah bening), mengandung zat-zat seperti plasma dengan konsentrasi yang berbeda. Di dalam limfe tidak ada sel darah merah, tetapi ada limfosit sebagai fagosit.



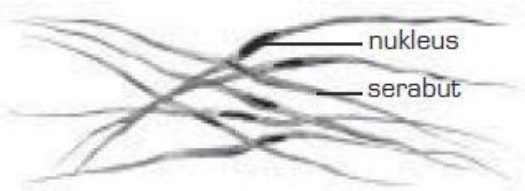
Sumber: *Advanced Biology*, Clegg

3. JARINGAN OTOT

Kira-kira 40% dari berat tubuh manusia terdiri atas jaringan otot yang berasal dari lapisan embrional, dibangun oleh sel-sel khusus yang mampu berkontraksi karena mengandung miofibril sebagai elemen kontraktil. Karena kemampuannya berkontraksi, jaringan otot berfungsi sebagai alat gerak aktif. Pada vertebrata termasuk manusia, gerakan anggota gerak dan tubuh secara keseluruhan disebabkan oleh kontraksi otot yang melekat pada rangka, sedangkan pada organ yang berongga seperti saluran pencernaan dan pembuluh darah, terdapat jaringan otot yang berkontraksi untuk menekan isi organ tersebut sehingga terjadi gerakan makanan dalam usus dan aliran darah ke seluruh tubuh. Berdasarkan struktur dan cara kerjanya ada tiga macam otot, yaitu otot polos, otot lurik, dan otot jantung.

a. Otot Polos

Otot polos dibangun oleh sel-sel yang berbentuk kumparan, dengan satu inti di tengah. Sitoplasma (sarkoplasma) mengandung mio filamen yang tidak teratur karena itu tidak kelihatan lurik atau polos. Memendeknya miofilamen menyebabkan otot berkontraksi. Otot polos berkontraksi di luar kesadaran kita, gerakannya dapat terus-menerus, lambat tetapi tidak mudah lelah. Jaringan otot polos antara lain terdapat pada dinding pembuluh darah, saluran pencernaan makanan, dan saluran telur. Jenis otot seperti ini terdapat juga pada hewan invertebrata.

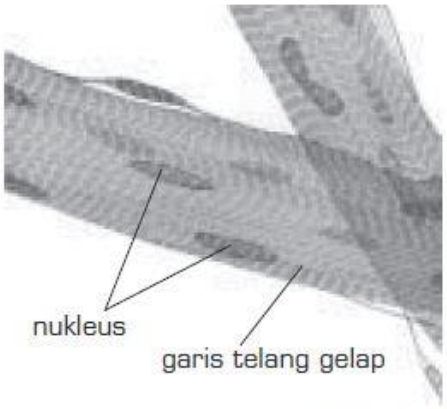


Sumber: *Biology*, Barrett

Otot polos

b. Otot Lurik

Otot lurik disebut juga otot rangka karena melekat pada rangka atau tulang. Jaringan ini tersusun oleh serabut-serabut otot (sel-sel otot), mengandung banyak inti yang terletak di bagian tepi. Miofilamen susunannya teratur, hal ini tampak pada pengamatan preparat dengan menggunakan mikroskop, membentuk garis-garis melintang terang dan gelap. Oleh karena itu, otot rangka disebut juga *otot serat lintang* (otot lurik). Serabut-serabut otot berkelompok membentuk kumpulan serabut yang disebut fasikulum, kemudian saling bergabung membentuk otot atau daging. Kontraksi otot lurik cepat dan kuat, di bawah kesadaran kita. Contoh otot bisep dan trisep pada lengan atas.

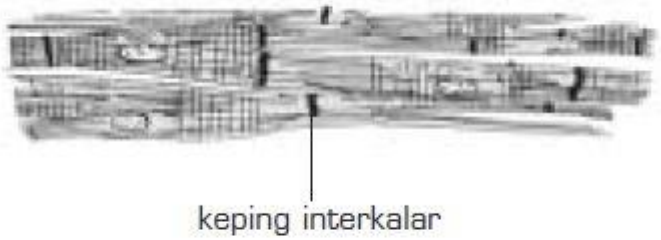


Sumber: *Biology*, Barrett

Otot lurik

c. Otot Jantung

Miofilamen otot jantung tersusun seperti pada otot lurik. Sel otot jantung berinti satu, letaknya di tengah. Tiap sel dihubungkan dengan sel lainnya dengan keping interkalar. Sel-sel otot jantung bercabangcabang. Cabang sel satu dengan yang lain saling melekat. Kontraksi otot jantung teratur, lambat, dan di luar kesadaran kita. Mempunyai periode istirahat yang panjang sehingga otot jantung tidak mengalami kejang. Jaringan otot ini hanya terdapat pac



Sumber: *Biology*, Barrett

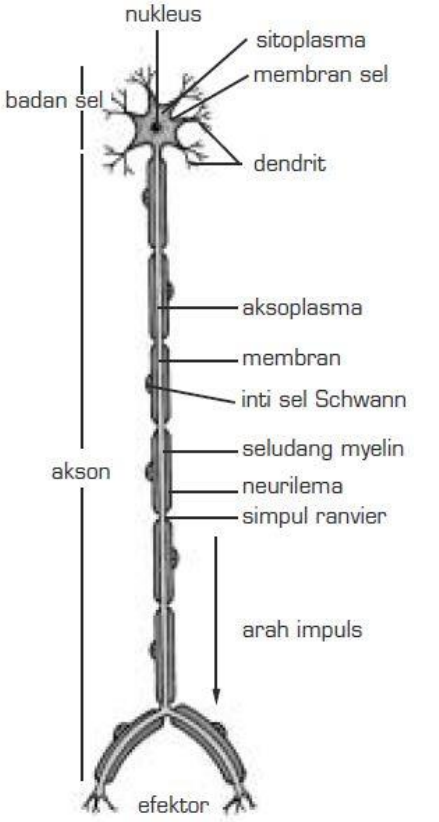
Otot jantung

4. JARINGAN SARAF

Jaringan saraf tersusun oleh kumpulan sel saraf yang disebut neuron. Neuron merupakan kesatuan fungsional dari sistem saraf yang memiliki konduktivitas (kemampuan menghantar impuls) sehingga terjadi komunikasi antara reseptor (sel atau organ yang menerima rangsang, seperti sel-sel saraf sensorik pada kulit) dan efektor (jaringan atau organ yang mereaksi rangsang, seperti otot atau kelenjar). Jaringan saraf juga memiliki sel-sel reseptor yang terbungkus oleh jaringan ikat. Berdasarkan fungsinya ada tiga macam neuron, yaitu neuron sensorik, neuron motorik, dan neuron penghubung. Neuron yang menyampaikan impuls ke pusat saraf (otak dan sumsum tulang belakang) disebut neuron aferen atau neuron sensorik, sedangkan neuron eferen atau neuron motorik membawa impuls ke luar dari pusat saraf. Neuron penghubung menghubungkan neuron sensorik dengan neuron motorik. Neuron ini memiliki dendrit ataupun akson yang berhubungan dengan neuron lain.

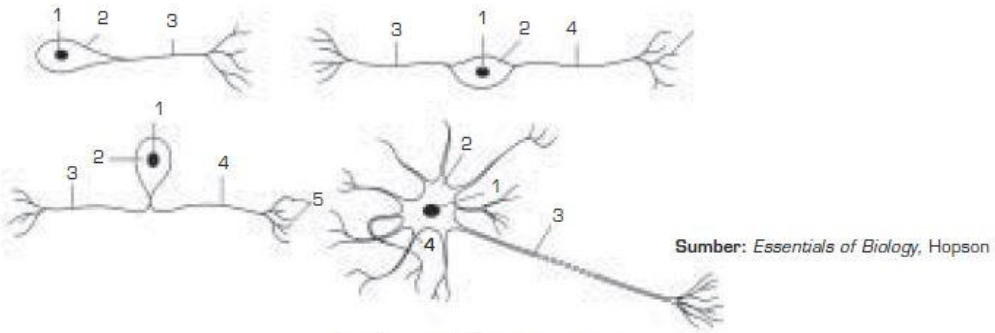
Sebuah neuron motorik yang terdiri atas badan sel dengan inti yang terletak di tengah. Pada sitoplasma terdapat butir-butir *Nissl* yang banyak mengandung RNA untuk sintesis protein, dan badan golgi. Uluran sitoplasma dari badan sel yang ujungnya bercabang-cabang halus disebut dendrit. Dendrit berfungsi menghantar impuls ke badan sel. Uluran

sitoplasma yang lebih panjang disebut akson (neurit) yang menghantar impuls dari badan sel ke neuron lain atau ke efektor. Tiap akson berisi aksoplasma yang berhubungan dengan sitoplasma pada badan sel, dan terbungkus oleh selaput tipis yang merupakan kelanjutan dari membran plasma pada badan sel. Akson ataupun dendrit yang berukuran panjang dilapisi seludang mielin yang berfungsi sebagai isolator. Di sebelah luarnya dibungkus oleh selaput neurilemma, sel Schwann berperan dalam nutrisi, regenerasi akson yang rusak atau putus dan membentuk selaput mielin. Di antara dua sel Schwann terdapat node of Ranvier (simpul Ranvier).



Sumber: *Essentials of Biology*, Hopson

Neuron motorik



Sumber: *Essentials of Biology*, Hopson

berbagai tipe neuron

Latihan Soal Bab XI Uraian

1. Apa perbedaan antara otot polos dengan otot lurik? Jelaskan dengan gambar beserta keterangannya.
2. Jelaskan secara terperinci struktur darah pada manusia.

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017

MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN

BIOLOGI

BAB XII

ORGAN DAN SISTEM ORGAN MANUSIA

PLPG 2017

Dra. Ely Rudyatmi, M.Si.
Dra. Endah Peniati, M.Si.
Dr. Ning Setiati, M.Si.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

Kompetensi Inti Guru (KI)

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu

Kompetensi Guru Mata pelajaran (KD)

Memahami lingkup dan kedalaman biologi sekolah

A. SISTEM GERAK PADA MANUSIA

Manusia mempunyai kemampuan untuk bergerak secara aktif. Gerakan tersebut disebabkan oleh adanya kerja sama yang kompak antara tulang dan otot. Tulang tidak dapat bergerak jika tidak digerakkan oleh otot. Otot dapat menggerakkan tulang karena mempunyai daya berkontraksi. Oleh karena itu, otot dikatakan sebagai alat gerak aktif dan tulang sebagai alat gerak pasif. Otot menempel dan menghubungkan tulang yang satu dengan tulang yang lainnya. Rangka manusia adalah rangka dalam (endoskeleton).

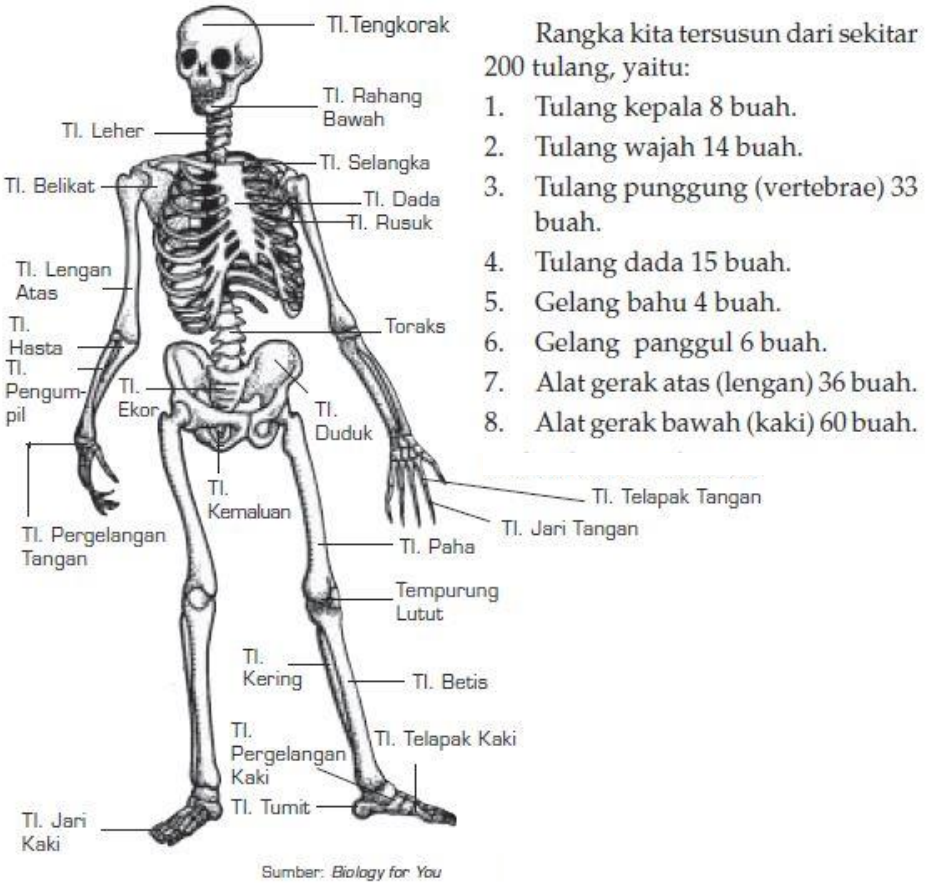
1. Rangka

Rangka manusia dibagi menjadi rangka sumbu tubuh utama dan rangka anggota tubuh. Rangka sumbu tubuh utama berupa Rangka polos, yaitu rusuk, tulang dada, tulang kepala, vertebrata, tulang tulang ini membentuk sumbu tubuh. Rangka anggota tubuh merupakan rangka tambahan yang terdiri atas tulang-tulang gelang bahu dengan anggota gerak atas dan gelang panggul dengan anggota gerak bawah.

Fungsi Rangka ada 7, yaitu : a)sebagai alat gerak pasif; b)tempat melekatnya otot rangka; c) tempat produksi sel-sel darah; d)sebagai penegak posisi tubuh; e) pemberi bentuk tubuh; f) tempat menyimpan zat kapur; dan g) pelindung alat-alat vital (seperti jantung, otak, mata, paru-paru).

PLPG 2017

Perhatikan gambar Rangka Manusia berikut ini!



Rangka kita tersusun dari sekitar 200 tulang, yaitu:

1. Tulang kepala 8 buah.
2. Tulang wajah 14 buah.
3. Tulang punggung (vertebrae) 33 buah.
4. Tulang dada 15 buah.
5. Gelang bahu 4 buah.
6. Gelang panggul 6 buah.
7. Alat gerak atas (lengan) 36 buah.
8. Alat gerak bawah (kaki) 60 buah.

Gambar 1. Rangka Manusia

2. Tulang Sebagai Alat Gerak Pasif

Jaringan tulang sejati (osteon) bersama-sama tulang rawan (kondrium) berperan sebagai alat gerak pasif.

a. Tulang Rawan (Kartilago)

Tulang rawan tidak mengandung pembuluh darah dan saraf, kecuali lapisan luarnya (perikondrium), bersifat bingkas dan lentur. Tulang rawan pada masa kanak-kanak jumlahnya lebih banyak. Tulang rawan ada tiga macam, yaitu:

1). **Rawan hialin**, indeks bias substansi inter seluler sama dengan indeks bias serabut kolagen sehingga rawan hialin segar tampak bening atautransparan.

Contoh:

a) rangka janin;

b) ujung-ujung tulang panjang;

c) kosta bagian tulang rawan;

d) laring;

e) trakea dan bronkus.

2). **Rawan elastis**, mengandung serat-serat elastis dengan sedikit serabutkolagen.

Contoh:

(a) serabut telinga;

(b) tuba eustachii.

3) **Rawan fibrosa**, banyak mengandung serat kolagen dengan jumlah selkondrosit sedikit sehingga sangat kuat dan kukuh.

Contoh:

(a) di antara tulang pubis (tulang kemaluan);

(b) diskus (keping rawan) di antara tulang vertebrata.

b. Tulang Keras atau Tulang Sejati (Osteon)

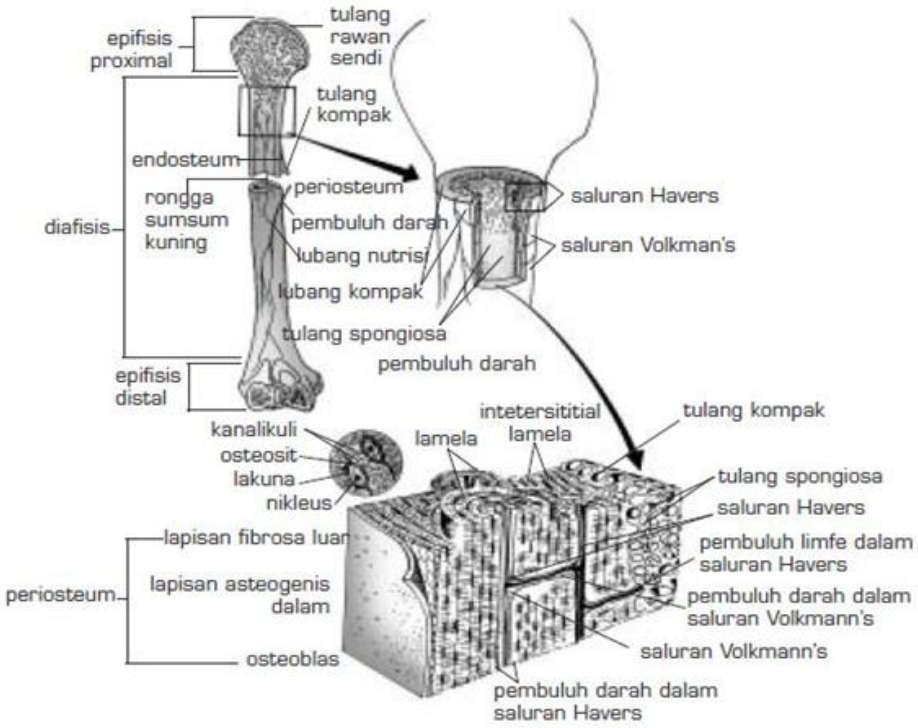
Rangka tubuh manusia terbentuk lengkap setelah embrio berusia duabulan di dalam kandungan dan masih berbentuk tulang rawan. Karena prosespengapuran, lama-kelamaan terbentuklah tulang keras. Penulangan (osifikasi)yang diawali dengan bentuk tulang rawan disebut *penulangan endokondral*. Tidak semua rangka tubuh terbentuk dengan cara ini. Sebagian besar tulangtengkorak, tulang-tulang pipih, dan tulang-tulang pendek terbentuk dengan *penulangan intramembran*. Pada proses penulangan intramembran sel-sel mesenkim dari jaringan embrional memperbanyak diri, selanjutnya sel-selanak menggelembung menjadi osteoblas (sel tulangmuda). Osteoblas menggetahkan matriks tulang yang menyelubungi osteoblas sendiri. Kemudian terjadi invasi pembuluh darah lalu pengendapan garam kapur menyebabkan matriks tulang mengeras. Osteoblas sekarang disebut osteosit (sel tulang tua).

Berdasarkan strukturnya tulang sejati dibagi menjadi:

1). **Tulang spons**; lamela tulang tidak tersusun konsentris, banyak mengandung rongga yang diisi sumsum merah yang memproduksi selseldarah sebagai organ kemopoitik. Tulang spons banyak terdapat pada epifisis tulang panjang, tulang pendek atau pipih, dan tulang vertebra.

PLPG 2017

2). **Tulang kompak**; lamela tulang tersusun konsentris mengelilingi saluran Havers, tidak terdapat rongga-rongga, melapisi tulang spons atau tulang pipa. Tulang kompak terdiri atas sistem-sistem Havers, yaitu sistem yang dibangun oleh saluran Havers yang berisi pembuluh darah dan saraf yang dikelilingi oleh lamela-lamela dan lakuna-lakuna yang berisi osteosit.



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 2 Struktur makroskopis dan mikroskopis tulang kompak

Di sekitar saluran Havers terdapat lamela-lamela yang konsentris dan berlapis. Lamela ialah jaringan interseluler. Pada lamela terdapat lakuna yang berisi osteosit (sel tulang). Dari lakuna keluar saluran-saluran kecil yang disebut kanalikuli yang menghubungkan lakuna satu dengan yang lainnya. Kanalikuli berperan baik dalam pemberian nutrisi pada osteosit karena tidakterdapat darah maupun difusi.

Berdasarkan bentuknya, tulang dapat dibedakan menjadi 3 macam, yaitu:

1) **tulang pipa**, misalnya tulang paha, tulang betis, tulang kering, tulang pengumpil, dan tulang hasta;
2) **tulang pipih**, misalnya tulang usus, tulang rusuk, tulang belikat, dan tulang tengkorak;
3) **tulang pendek**, misalnya tulang tangan, tulang pangkal kaki, dan ruas-ruas tulang belakang.

Tulang terdiri atas bahan organik dan anorganik. Tulang pada masakanak-kanak mengandung lebih banyak bahan organik daripada bahan anorganik, sedangkan tulang orang dewasa sebaliknya. Bahan organik tulang terdiri atas amorf serabut kolagen dan zat dasar amorf yang mengandung glikosaminnoglikan yang berhubungan dengan protein.

Bahan anorganik tulang, yaitu:

1) kalsium (banyak),

2) fosfor (sedikit),

3) bikarbonat (sedikit),

4) kalium (sedikit),

5) sitrat (sedikit),

6) magnesium (sedikit),

7) natrium (sedikit).

Bagian-bagian tulang keras panjang yaitu:

1) epifisis, yaitu bagian kedua ujung tulang;

2) diafisis, yaitu bagian tulang tengah;

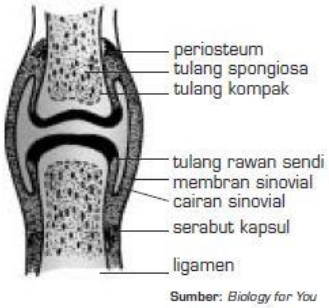
3) metafisis, yaitu sambungan epifisis dan diafisis,;

4) periosteum, yaitu jaringan ikat kencang yang menyelimuti tulang sebelah luar;

5) endosteum, yaitu jaringan ikat kencang yang membatasi rongga sumsum.

3. Sendi

Hubungan antara tulang dan tulang disebut artikulasi (persendian) (Gambar 3) Persendian dapat digolongkan menjadi diartrosis dan sinatrosis.



Gambar 3 Sendi

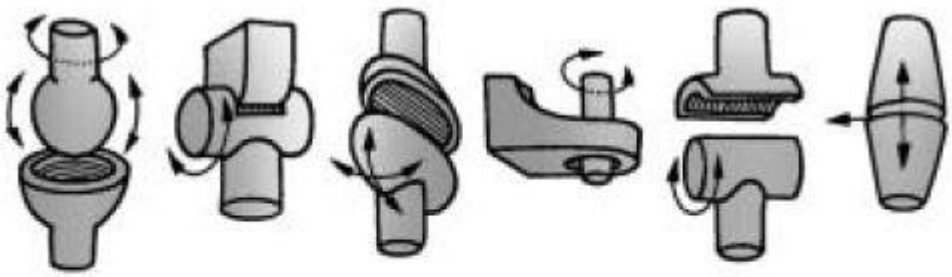
a. Diartrosis

PLPG 2017

Diartrosis, kedua ujung tulang tidak dihubungkan oleh jaringan sehingga tulang dapat bergerak bebas. Di antara kedua tulang tersebut terdapat cairan sinovial sebagai pelumas. Cairan sinovial adalah cairan kental, tidak berwarna, transparan, dan kaya akan asam hialuronat. Macam-macam persendian:

Macam-macam diartrosis:

1) Sendi peluru, berporos tiga, terdapat pada gelang bahu dan gelang panggul.
2) Sendi engsel, berporos satu, gerakan searah. Contoh: siku, lutut, ruas antar jari, dan mata kaki.
3) Sendi gulung (ovoid), berporos dua, bergerak seolah-olah dapat mengitari gerak tulang lain. Contoh: tulang telapak tangan dan tulang pengumpil.
4) Sendi putar, berporos satu, gerakan rotasi. Contoh: antara tulang hasta dan pengumpil.
5) Sendi pelana, berporos dua, gerakan seperti orang naik kuda. Contoh: tulang ibu jari serta tulang antara meta karpal dan karpal (telapak tangan).
6) Sendi kaku, kedua ujung tulang agak rata, tidak berporos. Contoh: hubungan antara tulang tarsal (tulang pergelangan mata kaki).



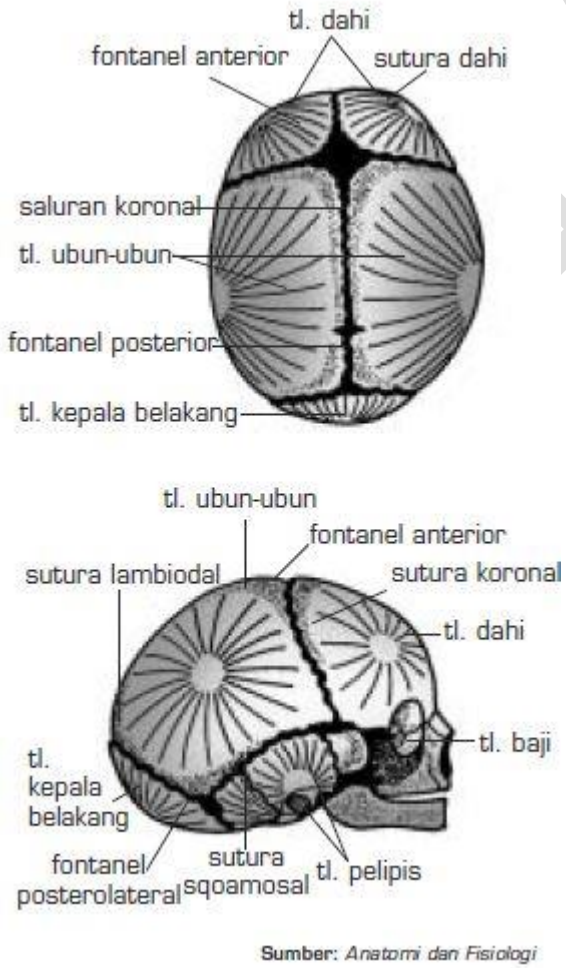
(a) sendi peluru
(b) sendi engsel
(c) sendi guling
(d) sendi putar
(e) sendi pelana
(f) sendi kaku

Sumber: *Anatomi dan Fisiologi*

b. Sinatrosis

Sinatrosis adalah hubungan antar tulang yang gerakannya sangat terbatas atau sama sekali tidak terjadi gerakan. Ada tiga jenis sinatrosis,yaitu:

1) Sinfibrosis: kedua tulang diper satukan oleh jaringan ikat. Tidak terjadi pergerakan. Contoh: hubungan antara tulang-tulang tengkorak, jaringan ini mempersatukan tulang-tulang kepala. Selanjutnya, hubungan antar tulang tengkorak disebut sutura.
2) Sinkondrosis: kedua tulang dihubungkan oleh jaringan tulang rawan hialin. Contoh: hubungan antara ruas tulang belakang, tulang rusuk, dan tulang dada.
3) Sindesmosis, sama halnya dengan sinkondrosis, sindesmosis memungkinkan suatu gerakan dalam batas tertentu. Tulang-tulang ini dihubungkan oleh jaringan penyambung. Contoh: Tibia fibularis inferior.



Sumber: *Anatomi dan Fisiologi*

4. Otot sebagai Alat Gerak Aktif

Jaringan otot bertanggung jawab terhadap gerakan tubuh. Sel otot berasal dari lapisan mesoderm. Fungsi utama otot adalah sebagai alat gerak aktif disebabkan oleh kemampuan sel-sel otot berkontraksi. Otot berkontraksi karena suatu rangsang, yaitu:

a. rangsang mekanis: pijat, tarik, dan tekanan;

b. rangsang suhu: dingin dan panas;

c. rangsang kimia: asam, basa, dan garam;

d. rangsang listrik: arus listrik.

Kontraksi sel-sel otot ini dikontrol oleh sel-sel saraf. Otot dapat menggerakkan tulang, kulit, rambut, gerak peristaltik saluran dalam jantung, pembuluh darah, dan sebagainya.

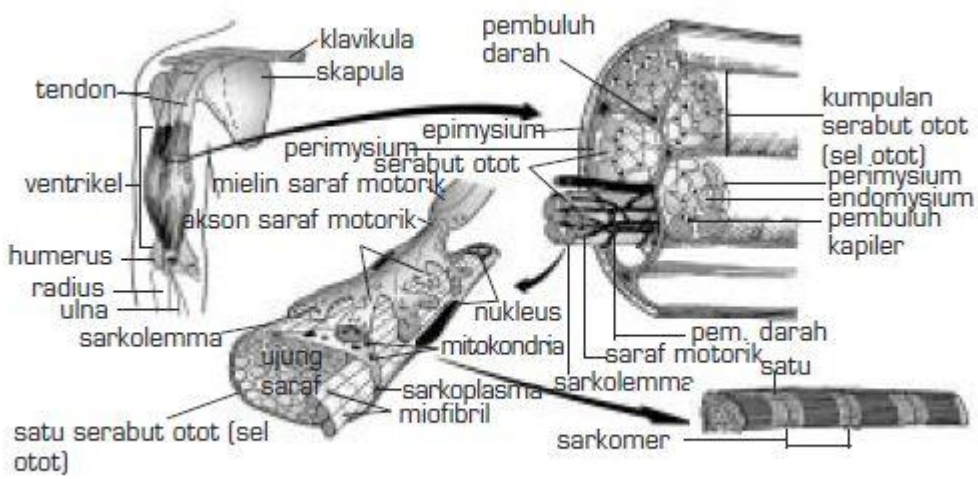
a. Macam-Macam Otot

Otot ada tiga macam, yaitu otot rangka/otot lurik, otot polos, dan otot jantung. Berikut ini ketiga macam otot tersebut akan dijelaskan satu per satu.

1) ***Otot Rangka/Otot Lurik/Otot Serat Lintang***

Disebut otot rangka karena melekat pada rangka. Disebut otot lurik karena tampak garis-garis melintang/lurik. Satu sel otot disebut serabut otot. Serabut otot terdiri dari sejumlah miofibril. Di dalam miofibril tersusun secara teratur filamen kontraktil, yaitu aktin dan miosin.

Kontraksi otot rangka cepat, kuat, dan disadari. Setiap serabut otot dibungkus oleh endomisium, kumpulan berkas-berkas serabut dibungkus olehfasia propia/perimisium, sedangkan otot (daging) dibungkus oleh selaput fasiasuper fisalis/epimisium. Endomisium, perimisium, dan epimisium bergabung membentuk urat (tendon) yang melekatkan otot pada tulang



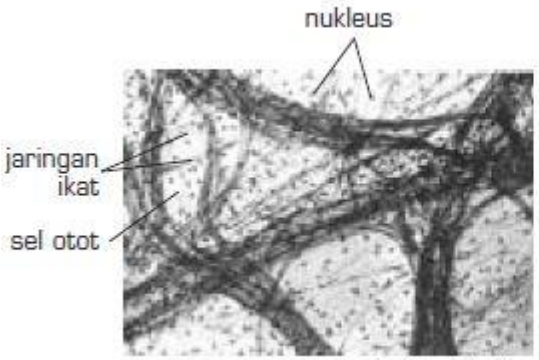
Sumber: Barret, 1989 Boilogy New Jersey

Bagian gabungan otot, yaitu tendon, adalah ujung otot lurik yang mengecil dan keras berwarna putih kekuningan serta melekat pada tulang. Ventrikel (empal) adalah bagian

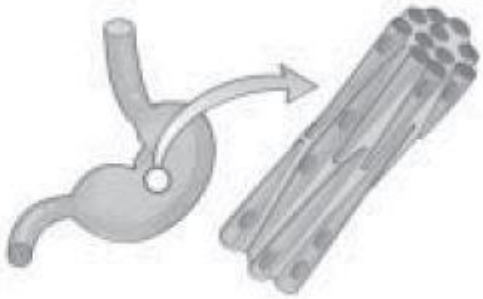
tengah gabungan otot yang mempunyai daya kontraksi. Setiap kumpulan otot mempunyai dua tendon atau lebih. Tendon yang melekat pada tulang yang bergerak disebut insersi, sedangkan tendon yang melekat pada tulang yang tidak bergerak disebut origo. Otot yang sering dilatih, akan membesar, disebut hipertrofi, dan yang mengisut disebut atrofi.

2) Otot Polos/Otot Visceral

Disebut otot polos karena tidak mempunyai garis-garis melintang, intihanya satu. Kerja otot polos lambat beraturan dan tidak cepat lelah serta tidak disadari. Otot polos sering disebut otot alat dalam (visceral) karena semuanya terdapat di dalam tubuh, seperti dinding saluran pencernaan, saluran pernapasan, dan pembuluh darah, kecuali diafragma tersusun dariotot lurik



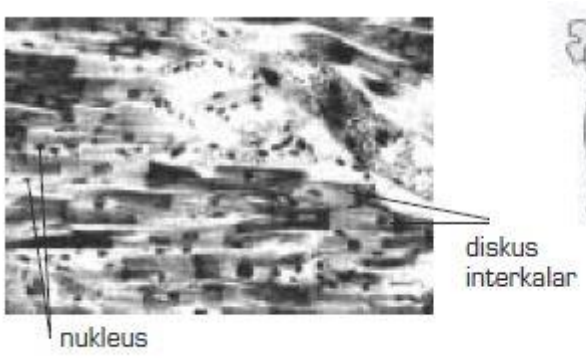
Sumber: *Histology*

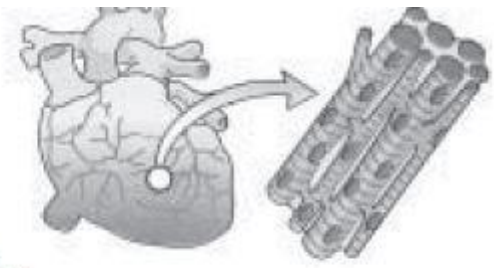

Sumber: *Biology for You*

3) Otot Jantung (miokordium)

Bentuk serabutnya memanjang silindris bercabang dan bersatu membentuk anastomosis, ada garis terang dan gelap, inti tunggal terletak ditengah. Gerakan lambat teratur dan tidak disadari. Pada tempat berhubungan ujung ke ujung terdapat keping interkalar, struktur yang hanya ditemukan di dalam otot jantung yang tidak lain merupakan batas antara satu serabut

dan serabut lain




Sumber: *Biology for You*

Tabel 1. Perbedaan otot rangka, polos dan jantung

	Otot Rangka	Otot Polos	Otot Jantung
1. Struktur	serabut banyak, inti jamak pada lapisan permukaan sarkoplasma	sel tunggal, inti tunggal di tengah serabut tidak ber–cabang	sel bercabang, inti tung–gal di tengah
2. Ukuran	pj = 1 mm – 30 cm ϕ = 10 – 100 mm	pj = 0,02 – 0,5 mm ϕ = 8 – 10 mm	pj = 0,06 mm – 0,08 mm ϕ = 10 – 15 mm
3. Serabut otot	mudah terlihat, heterogen	sukar dilihat, homogen	mudah dilihat, heterogen
4. Fisiologi	kontraksi cepat dan cepat letih	kontraksi lambat dan terus menerus	kontraksi lebih cepat daripada otot polos, ritmis, dan otomatis (miogenik)
5. Saraf	kontraksi dikendalikan oleh saraf motoris (neurogenik)	kontraksi dikendalikan oleh saraf otonom	kontraksi dikendalikan oleh saraf otonom
6. Lokasi	menempel pada tulang dan bawah kulit, diafragma	otot pencernaan, respirasi, sistem urinogenital, pem–buluh darah, otot siliari mata	hanya pada jantung

b. Sifat Kerja Otot

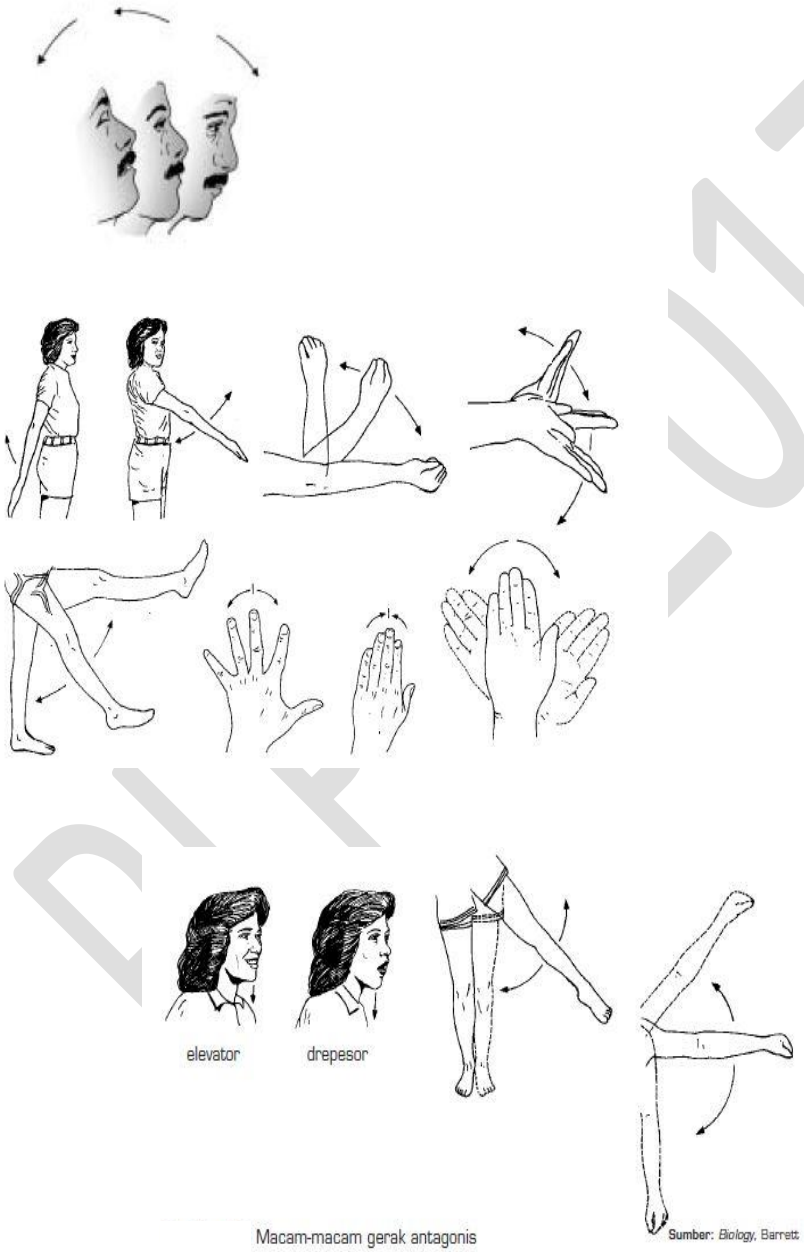
Gerak pada bagian tubuh terjadi karena kontraksi satu macam otot atau lebih. Otot-otot yang bekerja bersama untuk suatu gerakan disebut sinergis.Apabila gerak yang ditimbulkan berlawanan, gerak itu disebut antagonis. Contoh gerak antagonis adalah sebagai berikut.

1) Ekstensor (meluruskan) dan Fleksor (membengkok), seperti gerak tangan melipat ke atas.
2) Abduktor (menjauh) dan Adduktor (mendekati) seperti gerak tangan sejajar bahu.

3) Supinator (menengadah) dan Pronator (menelungkup) seperti gerakpada telapak tangan.

4) Depresor (ke bawah) dan Elevator (ke atas) seperti menaikkan dan menurunkan dagu.

5) Protraksi (gerakan mendorong mandibula ke luar) dan Rektraksi (gerakan mendorong mandibula ke dalam), seperti gerakan mandibula (rahang).

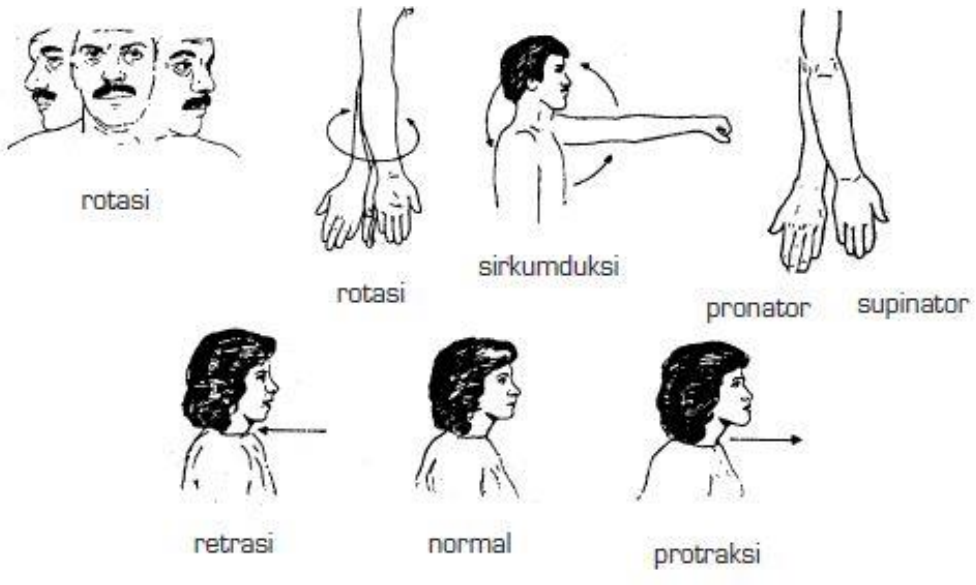


Macam-macam gerak antagonis

Sumber: *Biology*, Barrett

Contoh gerak sinergis adalah sebagai berikut.

1) Pronator teres dan Pronator kuadratus. Rotasi (gerakan berputar), seperti gerak pada tulang atlas sewaktu memutarkan kepala.
2) Sirkumduksi, gerakan ujung distal satu tulang membentuk satu lingkaran, sedangkan ujung proksimalnya tetap, seperti gerakan memutar satulingkaran mengitari sendi bahu.



Sumber: *Biology*, Barrett

c. Mekanisme dan Energi Kontraksi Otot

Zat penyusun otot terdiri atas senyawa protein rangkap, yaitu miogen yang berupa larutan serta aktin dan miosin yang sukar larut. Dengan bantuan energi dari ATP, aktin dan miosin dapat bereaksi membentuk aktomiosin yang mengakibatkan memendeknya sarkomer pada miofibril yang disebut kontraksi secara singkat. Proses tersebut dapat dituliskan sebagai berikut.

1) Mekanisme Kontraksi Otot

Mekanisme kontraksi otot berlangsung dengan urutan sebagai berikut.

a) Pusat motorik di otak mengirimkan impuls/rangsang menuju otot melalui saraf motorik (saraf kranial dan saraf spinal).
b) Sesampainya di ujung akson saraf motorik, rangsang dilanjutkan oleh neurohumor (hormon saraf) berupa asetilkolin atau epinefrin (adrenalin) menuju ke otot (reseptor pada otot) yang mempunyaiaktin.

c) Setelah rangsang sampai di reseptor, energi dilepaskan, maka aktin akan bergeser, zona H mengecil bahkan menghilang dan sarkomer memendek. Garis saling mendekat dan otot berkontraksi (berkerut). Jarak antara garis Z satu dan garis Z yang lainnya disebut sarkomer.

d) Setelah kontraksi, ujung saraf motorik mengeluarkan suatu zat yang dapat menetralisasi/menghambat kerja neurohumor yang dihasilkan sebelumnya, serta kolinesterasi untuk menghambat asetil kolin dan Mono Amina Oksida (MAO) serta menghambat epinefrin/adrenalin, sehingga aktin (miofilamen tipis) dan miosin (miofilamen tebal) merenggang, zona H terbuka, garis Z satu dan garis Z yang lainnya saling menjauh, otot kembali relaksasi.

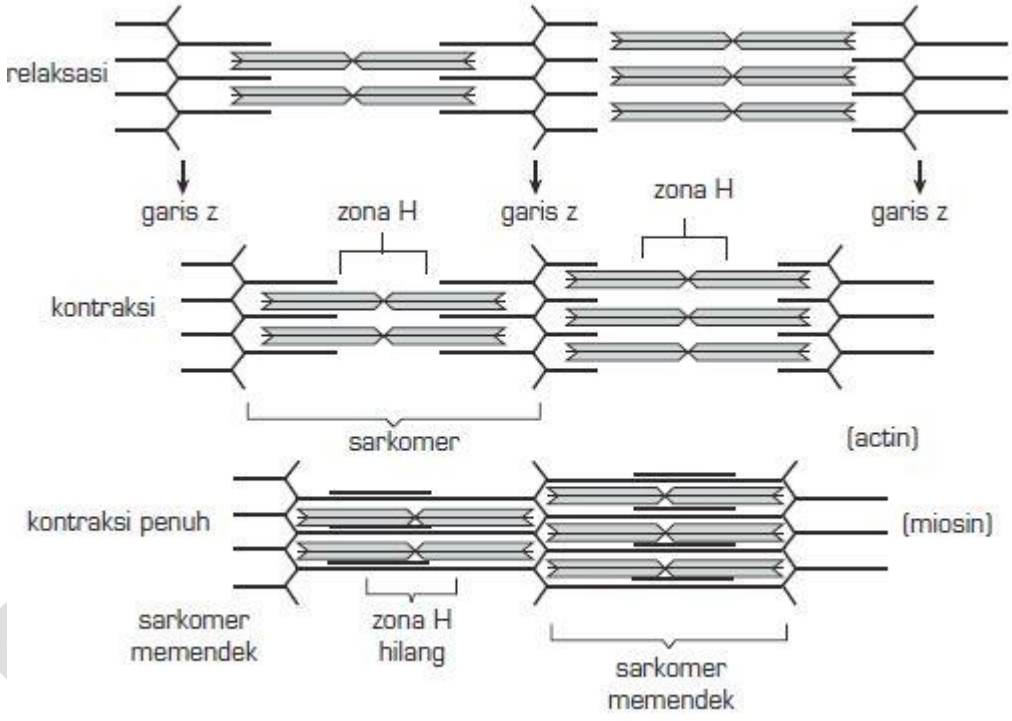


Diagram kontraksi otot

Sumber: *The Study of Biology*, Baker

2) Energi Konstraksi Otot

Energi awal yang diperlukan untuk kontraksi berasal dari ATP yang tersedia di otot.

ATP → ADP + P + Energi

Akan tetapi, ATP yang tersedia hanya cukup untuk kegiatan otot selama 5 detik. Dalam otot selain ATP tersedia pula kreatin fosfat yang berenergi yang dimanfaatkan pada waktu kontraksi otot. Selanjutnya kreatin melepaskan energinya.

$$\text{Kreatin P} \longrightarrow \text{Kreatin} + \text{P} + \text{Energi}$$
$$\text{ADP} + \text{P} \longrightarrow \text{ATP}$$
$$\text{ATP} \longrightarrow \text{ADP} + \text{P}$$

Energi yang berasal dari ATP dan kreatin fosfat di dalam otot dapat dimanfaatkan untuk kegiatan otot selama 15 detik. Jika aktivitas otot berlanjut dan persediaan kreatin P habis, energi diperoleh dari penguraian glukogen yang ada di otot. Selain dari penguraian glukogen, glukosa darah juga dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk kontraksi otot.

$$\text{Glukosa} \longrightarrow \text{Glukosa}$$
$$\text{Glukosa} + \text{NAD} \longrightarrow \text{Asam piruvat} + \text{NADH}_2 + 2\ \text{ATP}$$
$$\text{Asam piruvat} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 36\ \text{ATP}$$

Jika energi untuk kegiatan otot secara aerob tidak mencukupi, proses glukolisis dipercepat dan terjadi pembentukan asam laktat.

$$\text{Asam piruvat} + 2\ \text{NADH}_2 \longrightarrow \text{Asam laktat} + 2\ \text{NAD}$$

Asam laktat yang terbentuk dalam otot akan diuraikan menjadi karbondioksida dan air. Setelah kegiatan otot berlangsung (selesai), penguraian asam laktat memerlukan oksigen.

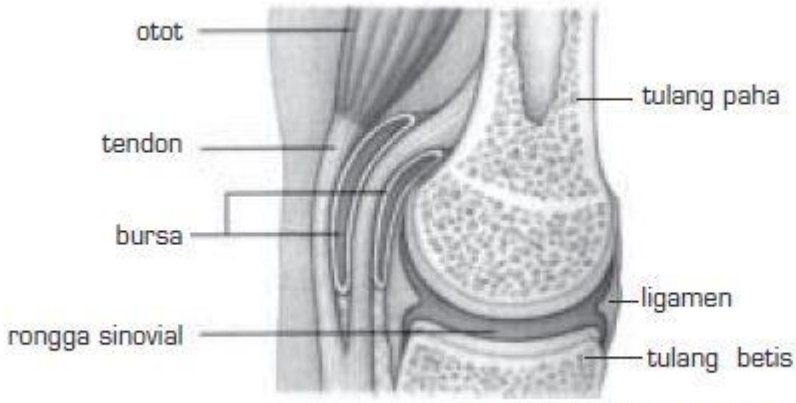
$$\text{Asam laktat} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa energi kontraksi otot diperoleh dari:

a) Sistem fosfagen, yaitu diperoleh dari persediaan kreatin fosfat dan ATP,cukup untuk kegiatan otot selama 15 detik, misalnya, lari 100 m.
b) Sistem glikogen, asam laktat yang menyuplai ATP cukup untuk kegiatan otot selama 30 - 40 detik, misalnya, lari 400 m.
c) Sistem aerobik. Energi yang dihasilkan semuanya diperoleh dari respirasi aerob, misalnya joging.

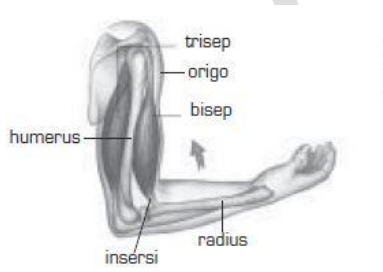
5. Hubungan antara Sendi dan Otot

Antara tulang yang satu dengan tulang lainnya dihubungkan oleh ligamen yang merupakan jaringan ikat padat. Otot melekat pada tulangmelalui tendon, tendon yang melekat pada tulang yang bergerak disebut insersi, dan tendon yang melekat pada tulang tidak bergerak disebut origo.



Sumber: *Biology The Unity and Diversity of Life*, Starr Taggart

Posisi tempurung lutut antara tendon dan tulang.



a. Otot trisep relaksasi, otot bisep kontraksi maka lengan bawah terangkat
b. otot trisep kontraksi, otot bisep relaksasi maka lengan bawah lurus.

Sumber: *Biology The Unity and Diversity of Life*, Starr Taggart

6. Kelainan dan Gangguan pada Tulang

Kelainan dan gangguan yang terjadi pada tulang, antara lain sebagai berikut.

a. **Artritis** adalah peradangan sendi (bisa terjadi pada tulang rawan,sinovial, dan ligamen)

Ciri-ciri yang menderita artritis, yaitu:

1) daerah otot yang terkena memerah;

2) sakit, bengkak, dan panas.

Penyebab artritis adalah kuman, deposit asam urat pada sendi (gout), proses ketuaan, dan beban terlalu berat pada sendi.

Artritis ada beberapa macam, yaitu:

1) artritis eksudatif, yaitu terisinya rongga sendi oleh getah radang;

2) artritis sika, berkurangnya cairan sinovial;

3) infeksi sipilis dan gonorea, dapat menyebabkan artritis sika.

b**. Fraktura/fisura**, yaitu retak/patahnya tulang pipa.

c. **Layuh semu**, yaitu keadaan tulang tidak bertenaga, cakra epifisis kena infeksi sipilis pada masa bayi.

d. **Memar,** sobeknya selaput sendi.

e. **Nekrosa**, matinya sel tulang karena kerusakan periosteum.

f. **Rheumatik**, segala sesuatu yang berkaitan dengan rasa sakit dari alatgerak, yaitu otot, tulang ligamen, sinovial, sendi, dan sebagainya.

g. **Sprain** (keseleo dan salah urat), terjadi jika sendi tidak pada posisinya.Sprain dapat menimbulkan pecahnya pembuluh darah disertai bengkak,sakit, dan daerah yang terkena menjadi kebiru-biruan.

h. **Urat sendi**, terlepasnya ujung tulang dari sendi.

i. **Gangguan pada ruas tulang belakang**, ada beberapa macam, yaitu:

1) Kifosis (bungkuk), dapat terjadi karena infeksi TBC vertebrae ataupun proses ketuaan (osteosporosis atau osteomalasi).

2) Lordosis (tenggeng), lengkung lumbar melekuk ke dalam terjadi karena perut besar dan memikul beban berat, kehamilan dan sebagainya.

3) Skoliosis, tulang vertebralis membengkok ke arah sampingmembentuk huruf “S”.

7. Teknologi Rehabilitasi

Di antara kita banyak sekali yang tidak menyadari pentingnya fungsitulang bagi tubuh kita. Fungsi utama tulang antara lain memberi bentuktubuh sebagai tempat melekat otot, dan memberikan perlindungan pada alatalatdi dalamnya.Sumber utama pembentukan tulang adalah kalsium.

B. SISTEM PENCERNAAN MAKANAN PADA MANUSIA

Salah satu ciri makhluk hidup adalah memerlukan makanan. Makanan yang telah dimakan akan diuraikan dalam sistem pencernaan menjadi sumber energi, komponen penyusun sel dan jaringan, dan nutrisi yang dibutuhkan oleh tubuh. Salah satu sistem

PPG 2017

kompleks dalam tubuh adalah sistem pencernaan. Nah, apa sajakah bagian-bagian dari sistem pencernaan pada manusia? Langsung saja kita simak selengkapnya …..

1. Pengertian Sistem Pencernaan Pada Manusia

Sistem pencernaan merupakan sistem yang memproses mengubah makanan dan menyerap sari makanan yang berupa nutrisi-nutrisi yang dibutuhkan oleh tubuh. Sistem pencernaan juga akan memecah molekul makanan yang kompleks menjadi molekul yang sederhana dengan bantuan enzim sehingga mudah dicerna oleh tubuh. Sistem pencernaan pada manusia hampir sama dengan sistem pencernaan hewan lain yaitu mulut, kerongkongan, lambung, usus halus, usus besar, anus.

Proses pencernaan pada manusia terbagi atas 5 macam yaitu:

a. Injesti

Adalah proses menaruh atau memasukkan makanan di mulut. Biasanya menggunakan tangan atau menggunakan alat bantu seperti sendok, garpu, sumpit, dan lain sebagainya.

b. Pencernaan Mekanik

Proses pencernaan mekanik yaitu proses mengubah makanan menjadi kecil dan lembut. Pencernaan mekanik dilakukan oleh gigi dan alat bantu lain seperti batu kerikil pada burung merpati. Proses ini bertujuan untuk membantu untuk mempermudah proses pencernaan kimiawi. Proses ini dilakukan secara sadar atau sesuai dengan keinginan kita.

c. Pencernaan Kimiawi

Proses pencernaan kimiawi yaitu proses mengubah molekul-molekul zat makanan yang kompleks menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana sehingga mudah dicerna. Pencernaan kimiawi dilakukan oleh enzim, asam, ‘bile’, dan air. Proses ini dilakukan secara tidak sadar karena yang mengaturnya adalah enzim.

d. Penyerapan

Penyerapan adalah gerakan nutrisi dari sistem pencernaan ke sistem sirkulator dan 'lymphatic capallaries' melalui osmosis, transport aktif, dan difusi.

e. Penyingkiran

Yaitu penyingkiran/pembuangan material yang tidak dicerna dari 'tract' pencernaan melalui defekasi.

2. Organ Dalam Sistem Pencernaan Pada Manusia

Organ yang termasuk dalam sistem pencernaan terbagi menjadi dua kelompok. Yaitu:

a. Saluran Pencernaan

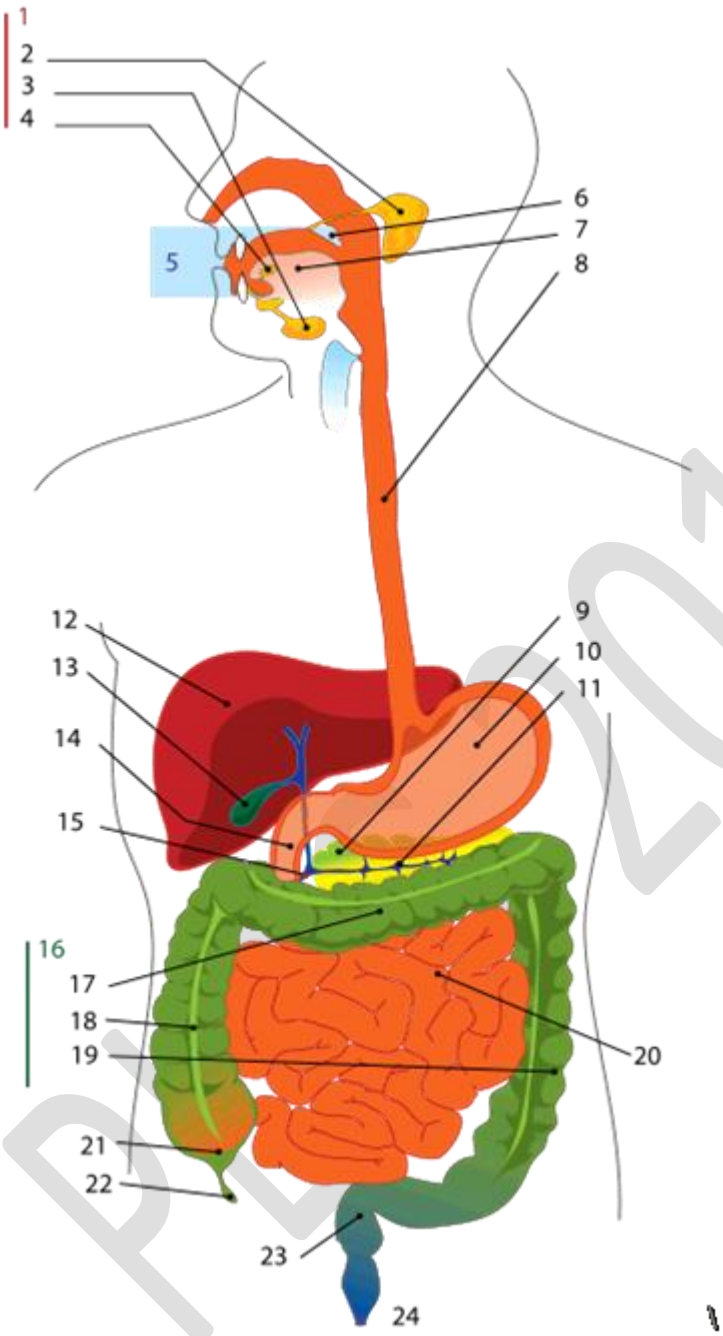
Saluran pencernaan adalah saluran yang kontinyu berupa tabung yang dikelilingi otot. Saluran pencernaan mencerna makanan, memecah nya menjadi bagian yang lebih kecil dan menyerap bagian tersebut menuju pembuluh darah. Organ-organ yang termasuk di dalam nya adalah : mulut, faring, esofagus, lambung, usus halus serta usus besar. Dari usus besar makanan akan dibuang keluar tubuh melalui anus.

b. Organ pencernaan tambahan (aksesoris)

Organ pencernaan tambahan ini berfungsi untuk membantu saluran pencernaan dalam melakukan kerjanya. Gigi dan lidah terdapat dalam rongga mulut, kantung empedu serta kelenjar pencernaan akan dihubungkan kepada saluran pencernaan melalui sebuah saluran. Kelenjar pencernaan tambahan akan memproduksi sekret yang berkontribusi dalam pemecahan bahan makanan. Gigi, lidah, kantung empedu, beberapa kelenjar pencernaan seperti kelenjar ludah, hati dan pankreas.

PLPG 2017

3. Bagian-Bagian Sistem Pencernaan Pada Manusia



1. Kelenjar ludah
2. Parotis
3. Submandibularis (bawah rahang)
4. Sublingualis (bawah lidah)
5. Rongga mulut
6. Amandel
7. Lidah
8. Esofagus
9. Pankreas
10. Lambung
11. Saluran pankreas
12. Hati
13. Kantung empedu
14. duodenum
15. Saluran empedu
16. Kolon
17. Kolon transversum
18. Kolon ascenden
19. Kolon descenden
20. Ileum
21. Sekum
22. Appendiks/Umbai cacing
23. Rektum/Poros usus
24. Anus

4. Proses Pencernaan Makanan Dalam Sistem Pencernaan Pada Manusia

Pertama-tama, pencernaan dilakukan oleh mulut. Disini dilakukan pencernaan mekanik yaitu proses mengunyah makanan menggunakan gigi dan pencernaan kimiawi menggunakan enzim ptialin (amilase). Enzim ptialin berfungsi mengubah makanan dalam mulut yang mengandung zat karbohidrat (amilum) menjadi gula sederhana (maltosa). Maltosa mudah dicerna oleh organ pencernaan selanjutnya. Enzim ptialin bekerja dengan

baik pada pH antara 6,8 – 7 dan suhu 37°C. Makanan selanjutnya dibawa menuju lambung dan melewati kerongkongan. Makanan bisa turun ke lambung karena adanya kontraksi otot-otot di kerongkongan.

Di lambung, makanan akan melalui proses pencernaan kimiawi menggunakan zat/enzim sebagai berikut:

a. Renin, berfungsi mengendapkan protein pada susu (kasein) dari air susu (ASI). Hanya dimiliki oleh bayi.
b. Pepsin, berfungsi untuk memecah protein menjadi pepton.
c. HCl (asam klorida), berfungsi untuk mengaktifkan pepsinogen menjadi pepsin. Sebagai disinfektan, serta merangsang pengeluaran hormon sekretin dan kolesistokinin pada usus halus.
d. Lipase, berfungsi untuk memecah lemak menjadi asam lemak dan gliserol. Namun lipase yang dihasilkan sangat sedikit.

Setelah makanan diproses di lambung yang membutuhkan waktu sekitar 3 – 4 jam, makanan akan dibawa menuju usus dua belas jari.

Pada usus dua belas jari terdapat enzim-enzim berikut yang berasal dari pankreas:

a. Amilase. Yaitu enzim yang mengubah zat tepung (amilum) menjadi gula lebih sederhana (maltosa).
b. Lipase. Yaitu enzim yang mengubah lemak menjadi asam lemak dan gliserol.
c. Tripsinogen. Jika belum aktif, maka akan diaktifkan menjadi tripsin, yaitu enzim yang mengubah protein dan pepton menjadi dipeptida dan asam amino yang siap diserap oleh usus halus.

Empedu juga dihasilkan oleh hati dan ditampung di dalam kantung empedu. Selanjutnya, empedu dialirkan melalui saluran empedu ke usus dua belas jari. Empedu mengandung garam-garam empedu dan zat warna empedu (bilirubin). Garam empedu berfungsi mengemulsikan lemak. Zat warna empedu berwarna kecoklatan, dan dihasilkan dengan cara merombak sel darah merah yang telah tua di hati. Empedu merupakan hasil ekskresi di dalam hati. Zat warna empedu memberikan ciri warna cokelat pada feses. Selanjutnya makanan dibawa menuju usus halus. Di dalam usus halus terjadi proses pencernaan kimiawi dengan melibatkan berbagai enzim pencernaan. Karbohidrat dicerna menjadi glukosa. Lemak dicerna menjadi asam lemak dan gliserol, serta protein dicerna menjadi

PLPG 2017

asam amino. Jadi, pada usus dua belas jari, seluruh proses pencernaan karbohidrat, lemak, dan protein diselesaikan. Selanjutnya, proses penyerapan (absorbsi) akan berlangsung di usus kosong dan sebagian besar di usus penyerap. Karbohidrat diserap dalam bentuk glukosa, lemak diserap dalam bentuk asam lemak dan gliserol, dan protein diserap dalam bentuk asam amino. Vitamin dan mineral tidak mengalami pencernaan dan dapat langsung diserap oleh usus halus. Makanan yang tidak dicerna di usus halus, misalnya selulosa, bersama dengan lendir akan menuju ke usus besar menjadi feses. Di dalam usus besar terdapat bakteri Escherichia coli. Bakteri ini membantu dalam proses pembusukan sisa makanan menjadi feses. Selain membusukkan sisa makanan, bakteri E. coli juga menghasilkan vitamin K. Vitamin K berperan penting dalam proses pembekuan darah. Sisa makanan dalam usus besar masuk banyak mengandung air. Karena tubuh memerlukan air, maka sebagian besar air diserap kembali ke usus besar. Penyerapan kembali air merupakan fungsi penting dari usus besar. Selanjutnya sisa-sisa makanan akan dibuang melalui anus berupa feses. Proses ini dinamakan defekasi dan dilakukan dengan sadar.

5. Gangguan Pada Sistem Pencernaan Manusia

Gangguan pada sistem pencernaan cukup beragam. Faktor penyebabnya-pun bermacam-macam, di antaranya makanan yang kurang baik dari segi kebersihan dan kesehatan, keseimbangan nutrisi, pola makan yang kurang tepat, adanya infeksi, dan kelainan pada organ pencernaan.Ada beberapa gangguan atau kelainan yang dapat terjadi pada sistem pencernaan pada manusia. Diantaranya:

a. **Gastritis**

Merupakan suatu peradangan akut atau kronis pada lapisan mukosa (lender) dinding lambung. Penyebabnya ialah penderita memakan yang mengandung kuman penyakit. Kemungkinan juga karena kadar asam klorida (HCL) pada lambung terlalu tinggi.

b. Hepatitis

Hepatitis merupakan penyakit yang terjadi akibat infeksi virus pada hati. Virus dapat masuk ke dalam tubuh melalui air atau makanan.

PLPG 2017

c. Diare

Diare terjadi karena adanya iritasi pada selaput dinding usus besar atau kolon. Fases penderita diare berbentuk encer. Penyebabnya adalah penderita memakan makanan yang mengandung bakteri atau kuman. Akibatnya gerakan peristaltic dalam usus tidak terkontrol. Sehingga, laju makanan meningkat dan usus tidak dapat menyerap air. Namun, apabila fases yang dikeluarkan bercampur dengan darah dan nanah, kemudian perut terasa mulas, gejala tersebut menunjuk pada penyakit desentri. Penyebabnya yakni infeksi bakteri Shigella pada dinding usus besar.

d. Konstipasi

Konstipasi atau yang sering kita sebut dengan sebutan "sembelit" adalah keadaan yang dialami seseoang dengan gejala fases mengeras sehingga susah dikeluarkan. Sembelit disebabkan oleh adanya penyerapan air pada sisia makanan. Akibatnya, fases kekurangan air dan menjadi keras. Ini terjadi dari kebiasaan buruk yang menunda-nunda buang besar. Selain itu, juga karenakurangnya penderita dalam mengkonsumsi makanan berserat. Oleh karena itu, banyak memakan buah-buahan dan sayur-sayuran berserat serta minum banyak air dapat mencegah gangguan ini.

e. Apendisitis

Apendisitis merupakan gangguan yang terjadi karena peradangan apendiks. Penyebabnya ialah adanya infeksi bakteri pada umbai cacing (usus buntu). Akibatnya, timbul rasa nyeri dan sakit.

f. Hemeroid/Wasir/Ambeyen

Hemoroid/Wasir/Ambeyen merupakan gangguan pembengkakan pada pembuluh vena disekitar anus. Orang yang sering duduk dalam beraktivitas dan ibu hamil seringkali mengalami gangguan ini.

g. Maag

Orang yang mengalami maag memiliki ciri-ciri rasa perih pada dinding lambung, mual, muntah, dan perut kembung. Gangguan ini disebabkan meningkatnya kadar asam lambung yang dipicu karena pikiran tegang, pola makan yang tak teratur, dan lain sebagainya.

PLPG 2017

h. Keracunan

Keracunan makanan dapat terjadi karena pengaruh beberapa bakteri semisal bakteri Salmonela yang menyebabkan penyakit demam tipus dan paratipus.

i. Tukak Lambung

Tukak lambung adalah salah satu kelainan sistem pencernaan yakni kerusakan pada selaput lendir. Tukak lambung dapat disebabkan oleh factor-faktor kuman, toksin, ataupun psikosomatis. Kecemasan, ketakutan, stress, dan kelelahan merupakan faktor psikosomatis yang akhirnya dapat merangsang pengeluaran HCL di lambung. Jika HCL berlebihan, selapu lendir lambung akan rusak.

j. Malnutrisi (kurang gizi)

Yakni penyakit yang disebabkan oleh terganggunya pembentukan enzim pencernaan. Gangguan tersebut disebabkan oleh sel-sel pancreas atropi yang kehilangan banyak reticulum endoplasma. Sebagai contoh adalah kwashiorkor, yakni penyakit akibat kekurangan protein yang parah dan pada umumnya menyerang anak-anak.

C. SISTEM PERNAFASAN PADA MANUSIA

Sistem respirasi atau **sistem pernapasan** adalah sistem organ yang digunakan untuk pertukaran gas.Sistem pernapasan ini meliputi seluruh proses sel pada suatu organisme dalam menerima oksigen dan melepaskan karbon dioksida.

Pernapasan pada manusia meliputi inspirasi dan ekspirasi. Inspirasi merupakan pengambilan udara (menghirup udara) dari lingkungan, dan ekspirasi adalah pengeluaran udara (menghembuskan udara) sisa hasil perombakan dalam tubuh.

1. Organ-organ Pernapasan

Beberapa organ yang berperan dalam proses respirasi yaitu hidung, pharynx, larynx, trachea,bronkus, bronkeolus, dan alveolus.

a. **Hidung**

Hidung merupakan alat pernapasan paling atas dan paling awal tempat masuknya udara. Pada saat bernapas udara akan memasuki hidung.Udara akan difiltrasi oleh rambut-rambut di dalam nostril *(vibrissae)* dan silia serta lendir (mukosa) yang melapisi bagian dalam hidung.*Vibrissae* akan memfiltrasi partikel-partikel kecil seperti debu, serbuk, asap, dsb. Di rongga hidung bagian dalam, terdapat juga ujung-ujung saraf

yang dapat menangkap zat-zat kimia yang terkandung dalam udara sehingga kita mengenal berbagai macam bau. Ujung-ujung saraf penciuman tersebut kemudian akan mengirimkan impuls ke otak.

b. Faring dan Laring

Setelah melalui rongga hidung, udara akan melewati faring. Udara kemudian berjalan melewati *nasopharynx*, *oropharynx,* dan *laryngopharynx*, yang merupakan tiga bagian dari faring.Kemudian udara akan melewati laring.Faring adalah percabangan antara saluran pencernaan (esofagus) dan saluran pernapasan (laring dan trakea). Laring atau pangkal tenggorokan (trakea) terjalin atas tulang rawan. Pada laring terdapat pita suara yang bergetar jika udara masuk. Glotis merupakan lubang yang menghubungkan faring dan trakea. Sedangkan, epiglotis adalah suatu katup yang memisahkan saluran pernapasan dan saluran makanan. Epiglotis akan selalu mencegah makanan masuk ke saluran pernapasan.

c. Trakea

Dari faring, udara melewati laring, tempat pita suara berada. Dari laring, udara memasuki **trakea**. Trakea terdiri atas susunan cincin-cincin tulang rawan. Cincin-cincin ini memungkinkan trakea tetap mempertahankan bentuknya. Bagian dalam trakea terdapat sel-sel epitel bersilia. Epitel ini menyekresikan lendir di dinding trakea. Lendir ini berfungsi menahan benda asing yang masuk, sebelum akhirnya dikeluarkan dengan gerakan silia yang terdapat pada membran sel epitel.

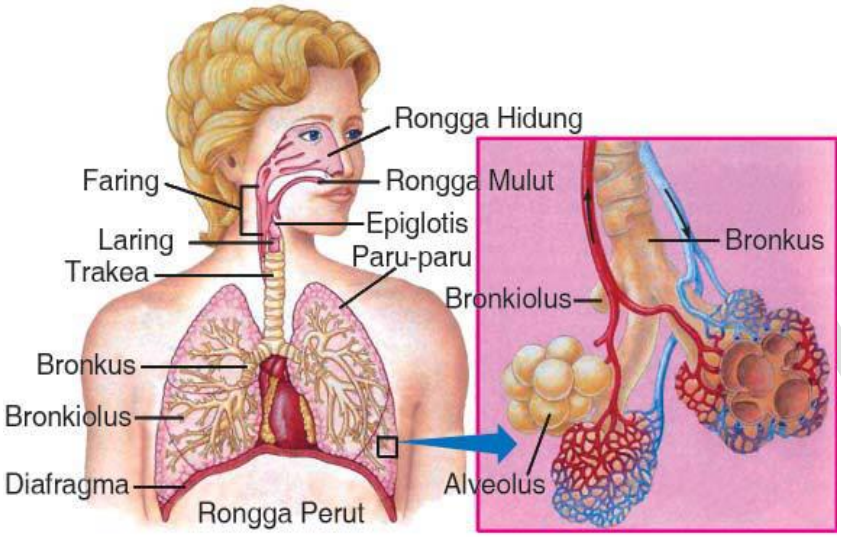
d. Bronkus dan Bronkeolus

Udara yang masuk melalui trakea akan diteruskan ke bronkus. Bronkus adalah lanjutan dari trakea yang bercabang-cabang dua. Struktur bronkus sama dengan trakea. Bronkus adalah saluran yang menghubungkan trakea dengan paru-paru. Bronkus kanan menghubungkan trakea dengan paru-paru kanan dan bronkus kiri menghubungkan trakea dengan paru-paru kiri. Bronkus di dalam paru-paru bercabang-cabang yang semakin kecil disebut bronkiolus. Dinding bronkus juga dilapisi lapisan sel epitel selapis silindris bersilia.

e. Alveolus

PLPG 2017

Bronkiolus bermuara pada alveoli (tunggal: alveolus), struktur berbentuk bola-bola mungil yang diliputi oleh pembuluh-pembuluh darah. Epitel pipih yang melapisi alveoli memudahkan darah di dalam kapiler-kapiler darah mengikat oksigen dari udara dalam rongga alveolus.



Gambar Struktur Organ Reproduksi Laki-laki
Neil Campbell and Jane Reece. Biology. Eight Edition.

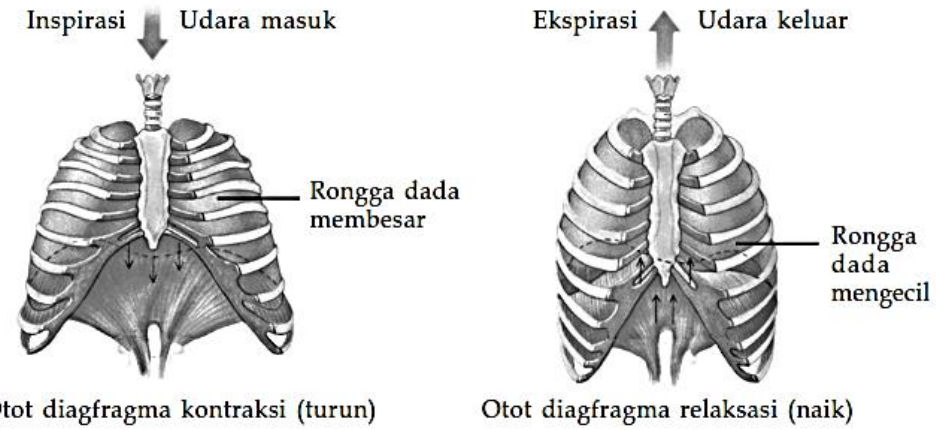
2. Mekanisme Pernapasan

Dalam pernapasan terjadi proses inspirasi dan ekspirasi. Berdasarkan proses ini, pernapasan pada manusia dibedakan menjadi dua macam, yaitu pernapasan dada dan pernapasan perut. **Inspirasi** merupakan proses ketika udara masuk ke dalam saluran pernapasan, sedangkan **ekspirasi** merupakan proses ketika udara keluar dari saluran pernapasan. Inspirasi terjadi ketika kita menghirup napas dan ekspirasi terjadi ketika kita mengembuskan napas atau mengeluarkan udara dari paru-paru kita. Terdapat dua macam pernapasan, yaitu pernapasan dada dan pernapasan perut.

Pernapasan dada adalah pernapasan yang melibatkan otot antar tulang rusuk. Mekanismenya sebagai berikut:

a. **Fase inspirasi**. Fase ini diawali dengan berkontraksinya otot antartulang rusuk sehingga rongga dada terangkat atau membesar, akibatnya tekanan dalam rongga dada menjadi lebih kecil daripada tekanan di luar sehingga udara luar yang kaya oksigen masuk.
b. **Fase ekspirasi**. Fase ini merupakan fase relaksasi atau kembali ditariknya otot antara tulang rusuk ke ke belakang yang dikuti oleh turunnya tulang rusuk sehingga rongga

dada menjadi kecil. Sebagai akibatnya, tekanan di dalam rongga dada menjadi lebih besar daripada tekanan luar, sehingga udara dalam rongga dada yang kaya karbon dioksida keluar.



Otot diagfragma kontraksi (turun) Otot diagfragma relaksasi (naik)

Sumber: ***Biology: Exploring Life***, 1994

adalah pernapasana yang melibatkan otot diafragma. Mekanismenya sebagai berikut:

a. **Fase inspirasi**. Fase ini berupa berelaksasinya otot diafragma sehingga rongga dada membesar, akibatnya **Pernapasan perut** tekanan dalam rongga dada menjadi lebih kecil daripada tekanan di luar sehingga udara luar yang kaya oksigen masuk.

b. Fase ekspirasi. Fase ini merupakan fase kontraksi atau kembalinya otot diaframa ke posisi semula yang dikuti oleh turunnya tulang rusuk sehingga rongga dada menjadi kecil. Sebagai akibatnya, tekanan di dalam rongga dada menjadi lebih besar daripada tekanan luar, sehingga udara dalam rongga dada yang kaya karbon dioksida keluar.

3. Mekanisme Pertukaran Oksigen dan Karbondioksida

Proses pertukaran oksigen (O_2) dan karbondioksida (CO_2) terjadi dalam alveolus dan jaringan secara difusi. Udara masuk paru-paru saat inspirasi. Karena tekanan parsial O_2 (PO_3) dalam atmosfer lebih tinggi, maka udara masuk ke alveoli. Karena PO_2 di alveoli lebih tinggi daripada kapiler-kapiler darah alveoli, maka O_2masuk secara difusi ke kapiler darah. O_2 yang berada di kapiler darah diikat oleh hemoglobin darah (oksihemoglobin) dan diedarkan ke seluruh tubuh menuju jaringan-jaringan. Setelah sampai di jaringan, O_2 akan berdifusi masuk ke sel-sel tubuh. Di dalam sel O_2 digunakan untuk proses oksidasi sel. Gas sisa yang dihasilkan dari proses oksidasi sel adalah CO_2. Jika O_2 digunakan makin banyak, maka CO_2 Yang dihasilkan makin banyak pula. Hal ini menyebabkan arsial CO_2 (PCO_2) dalam sel lebih tinggi dari kapiler darah. Sehingga, CO_2 berdifusi ke kapiler vena

darah dan dibawa menuju ke paru-paru. Tingkat kelarutan CO_2 di dalam darah kira-kira 20 kali kelarutan O_2. CO_2 berdifusi dalam eritrosit secara cepat sehingga mengalami hidrasi menjadi HCO_3, yang disebabkan adanya enzim karbonat anhidrase dalam plasma darah. Adanya penurunan kejenuhan Hb terhadap CO_2 menyebabkan Hb mengikat lebih banyak H^+ dari oksihemoglobin. Sebagian CO_2 dalam eritrosit bereaksi dengan gugus amino membentuk senyawa karbamino (senyawa Hb dengan CO_2).

Adanya ikatan Hb dengan CO_2 menyebabkan darah lebih asam namun keasaman ini dinetralkan oleh ion-ion Na^+ dan K^+. Sampai di paru-paru, CO_2 berdifusi ke alveolus dari kapiler vena. Hal ini dapat terjadi, karena tekanan CO_2 dalam alveolus lebih rendah dibandingkan tekanan CO_2 dalam kapiler vena. Selanjutnya, melalui saluran pernapasan CO_2 diembuskan keluar tubuh.

4. Volume dan Kapasitas Paru-paru

Setiap orang memiliki volume udara yang berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh ukuran paru-paru, cara bernapas, dan kekuatan orang dalam bernapas. Untuk orang dewasa, volume paru-paru rata-rata 5 - 6 liter. Volume paru-paru terdiri atas volume tidal, volume cadangan inspirasi, volume cadangan ekspirasi, dan volume sisa. Untuk lebih mengetahui, mari cermati uraian berikut ini.

a. Volume tidal (VT)

Volume tidal merupakan volume udara yang dapat diinspirasikan maupun diekspirasikan. Setiap pernapasan normal volume tidal + 500 ml.

b. Volume cadangan inspirasi (VCI)

Volume cadangan inspirasi merupakan volume tambahan udara yang dapat diekspirasikan setelah volume tidal normal. Jumlah volume cadangan inspirasi + 3000 ml.

c. Volume cadangan ekspirasi (VCE)

Volume cadangan ekspirasi merupakan volume udara yang dapat diekspirasikan setelah ekspirasi tidak normal. Jumlah voume cadangan ekspirasi + 1100 ml.

d. Volume sisa (Volume Residu)

PLPG 2017

Volume sisa merupakan volume yang masih tersisa di dalam paru-paru setelah melakukan ekspirasi dengan kuat. Volume udara sisa + 1200 ml. Pada peristiwa pernapasan diperlukan penyatuan dua volume paru-paru atau lebih. Hal ini disebut kapasitas paru-paru. Kapasitas paru-paru meliputi:

1) **Kapasitas inspirasi (KI)**

   Kapasitas inspirasi merupakan jumlah volume udara yang dapat dihirup dari eksperimen normal sampai paru-paru dapat mengembang secara maksimum. Jumlah KI+ 3500 ml.

   KI = VT + VCI

2) **Kapasitas residu fungsional (KRF)**

   Kapasitas residu fungsional merupakan jumlah volume udara yang tersisa di dalam paru-paru setelah melakukan ekspirasi normal. Jumlah KRF+2300 ml.

3) **Kapasitas vital (KV)**

   Kapasitas vital merupakan jumlah volume udara maksimum yang dapat dikeluarkan dari paru-paru setelah inspirasi secara maksimum dan diekspirasikan secara maksimum. Jumlah KV+ 4600 ml.

   KV = VCI + VCE + VT.

4) **Kapasitas total paru-paru (KTP)**

   Kapasitas total paru-paru merupakan volume udara maksimum pengembangan paru-paru dengan inspirasi sekuatkuatnya. Jumlah KTP +5800 ml.

   KTP = KV + VR.

Frekuensi paru-paru merupakan kecepatan bernapas. Frekuensi pernapasan pada setiap orang berbeda-beda. Frekuensi pernapasan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

a). Jenis kelamin

Secara umum, laki-laki lebih banyak membutuhkan oksigen dibandingkan perempuan, karena laki-laki memiliki aktivitas lebih tinggi dibandingkan perempuan sehingga energinya pun lebih banyak dibutuhkan.

b). Saat seseorang dalam masa pertumbuhan lebih banyak memerlukan energi dan oksigen dibandingkan pada usia lanjut.

c). Suhu tubuh

PLPG 2017

Metabolise tubuh akan meningkat saat suhu tubuh menurun. Metabolisme tubuh ini berfungsi untuk menghasilkan panas sehingga membutuhkan oksigen lebih banyak.

d). Posisi tubuh

Saat orang tidur dan sedang berdiri berbeda dalam kebutuhan oksigen. Orang yang berdiri lebih banyak membutuhkan oksigen dibandingkan dengan posisi tidur.

e). Aktivitas

Orang yang memiliki aktivitas tinggi, frekuensi pernapasan lebih cepat dan oksigen dibutuhkan lebih banyak. Hal ini disebabkan, karena metabolisme meningkat untuk menghasilkan energi.

5. Kelainan dan Gangguan pada Sistem Pernapasan Manusia

Kelainan dan gangguan pada sistem pernapasan dapat disebabkan oleh dua hal, yaitu terjadi gangguan pada proses pengikatan oksigen dan kelainan pada saluran pernapasan sehingga mengganggu aliran udara. Gangguan pada proses pengikatan oksigen yang sering terjadi adalah **asfiksi**. Hal tersebut terjadi karena adanya kompetisi antara oksigen dan zat lain yang dapat berikatan dengan hemoglobin. Contohnya pada keracunan gas **karbon monoksida** (CO). Karbon monoksida lebih mudah berikatan dengan hemoglobin dibandingkan dengan oksigen. Hal ini menyebabkan hemoglobin mengikat karbon monoksida, bukan oksigen. Jika sebagian besar darah berikatan dengan karbon monoksida, jaringan dalam tubuh akan kekurangan oksigen.

Kelainan dan penyakit yang bisa menyerang system pernapasan pada manusia, antara lain:

a. Faringitis

Faringitis adalah peradangan faring yang diakibatkan oleh infeksi bakteri, virus atau karena merokok. Gejala yang timbul adalah ada rasa nyeri saat menelan makanan dan kerongkongan terasa kering.

b. TBC (*tuberkulosis*)

Penyakit TBC menyerang paru-paru, karena infeksi bakteri *Mycobacterium tuberkulosis*. Penyakit ini menular lewat udara.

c. Pneumonia

PLPG 2017

Pneumonia merupakan peradangan paru-paru yang diakibatkan karena infeksi virus, bakteri atau benda-benda asing yang masuk ke dalam paru-paru. Hal ini mengakibatkan adanya timbunan cairan, eritrosit, dan leukosit di dalam alveolus.

d. Emfisema

Emfisema merupakan keadaan dimana permukaan alveolus melebar karena infeksi sehingga menurunkan proses difusi O_2.

e. Asma

Asma adalah suatu kondisi dimana bronkus atau bronkiolus mengalami penyempitan karena alergi. Biasanya ditandai dengan sesak napas.

f. Diptasi

Diptasi suatu keadaan dimana faring atau laring terinfeksi oleh bakteri *Corynebacterium diptherial*. Sehingga, laring atau faring mengalami penyumbatan.

g. Pleuritis

Pleuritis adalah peradangan pada pleura. Biasanya, gejala yang ditimbulkan adalah adanya perasaan sakit di dada saat menghirup napas.

D. SISTEM SIRKULASI PADA MANUSIA

Tubuh organisme merupakan gabungan dari berbagai sistem organ. Salah satunya adalah sistem peredaran darah yang berfungsi untuk mengedarkan zat makanan ke seluruh tubuh. Zat makanan berguna untuk pertumbuhan, mengganti sel-sel yang rusak, dan untuk beraktivitas. Sistem peredaran darah disebut juga sistem transportasi, yang terjadi pada hewan vertebrata dan invertebrata. Pada hewan invertebrata lebih tepat digunakan istilah sistem transportasi. Hal ini disebabkan karena hewan invertebrate mengedarkan makanan tidak melalui pembuluh darah.

Pada manusia, sistem peredaran darah terdiri atas tiga bagian utama, yaitu jantung, pembuluh darah, dan darah. Secara umum, sistem peredaran darah berfungsi mengangkut makanan dan zat sisa hasil metabolisme. Selain itu, sistem peredaran darah juga berfungsi sebagai : Mengangkut zat buangan dan substansi beracun menuju hati untuk didetoksifikasi (dinetralkan) atau ke ginjal untuk dibuang; Mendistribusikan hormon dari kelenjar dan organ yang memproduksinya ke sel-sel tubuh yang

PPG 2017

membutuhkannya; Mengatur suhu tubuh melalui aliran darah; Mencegah hilangnya darah melalui mekanisme pembekuan darah; Melindungi tubuh dari bakteri dan virus dengan mensirkulasikan antibodi dan sel darah putih.

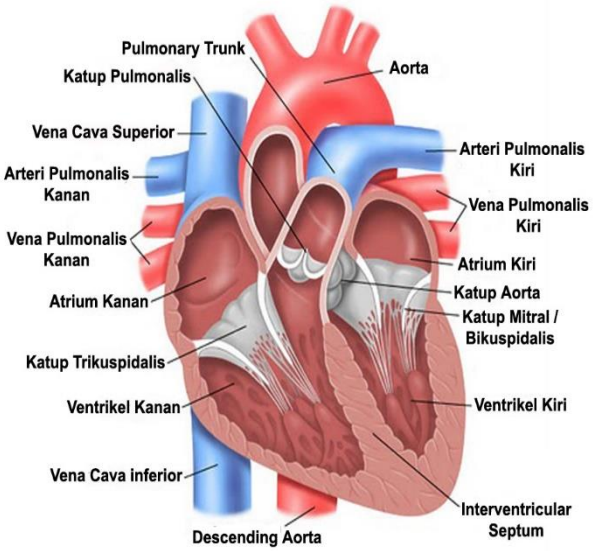
1. Organ sistem sirkulasi/peredaran darah

Pada prinsipnya, sistem sirkulasi/peredaran darah memiliki empat komponen organ utama yaitu sebagai berikut.

a. Jantung

Jantung terletak di rongga dada, diselaputi oleh suatu membran pelindung yang disebut *perikardium*. Dinding jantung terdiri atas jaringan ikat padat yang membentuk suatu kerangka fibrosa dan otot jantung. Serabut otot jantung bercabang-cabang dan beranastomosis secara erat.

1). Struktur dan kerja jantung

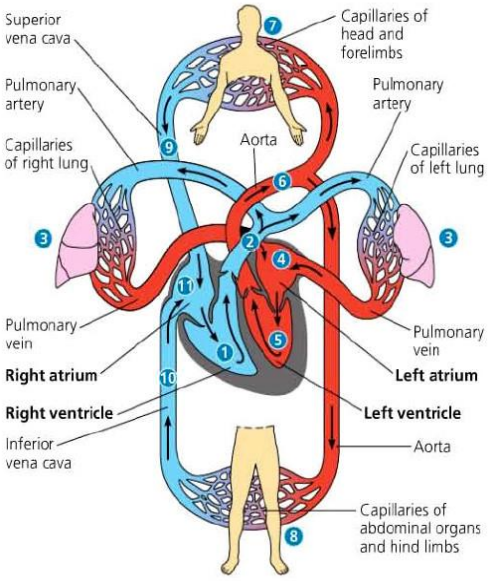


Gambar Struktur dan kerja jantung
Sumber: http://www.binasyifa.co.id

Jantung manusia dan mamalia lainnya mempunyai empat ruangan, yaitu atrium kiri dan kanan, serta ventrikel kiri dan kanan. Dinding ventrikel lebih tebal daripada dinding atrium, karena ventrikel harus bekerja lebih kuat untuk memompa darah ke organ-organ tubuh yang lainnya.

Dinding ventrikel kiri lebih tebal daripada ventrikel kanan, karena ventrikel kiri bekerja lebih kuat memompa darah ke seluruh tubuh. Sedangkan, ventrikel kanan hanya memompa darah ke paru-paru. Atrium kiri dan kanan dipisahkan oleh sekat yang disebut *septum atriorum*. Sedangkan, sekat yang memisahkan ventrikel kiri dan kanan dinamakan *septum interventrakularis.*

Darah kotor dari tubuh masuk ke atrium kanan, kemudian melalui katup yang disebut katup trikuspid mengalir ke ventrikel kanan. Nama trikuspid berhubungan dengan adanya tiga daun jaringan yang terdapat pada lubang antara atrium kanan dan ventrikel kanan. Kontraksi ventrikel akan menutup katup trikuspid, tetapi membuka katup pulmoner yang terletak pada lubang masuk arteri pulmoner. Darah masuk ke dalam arteri pulmoner yang langsung bercabang-cabang menjadi cabang kanan dan kiri yang masing-masing menuju paruparu kanan dan kiri. Arteri-arteri ini bercabang pula sampai membentuk arteriol. Arteriol-arteriol memberi darah ke pembuluh kapiler dalam paru-paru. Di sinilah darah melepaskan karbondioksida dan mengambil oksigen. Selanjutnya, darah diangkut oleh pembuluh darah yang disebut venul, yang berfungsi sebagai saluran anak dari vena pulmoner. Empat vena pulmoner (dua dari setiap paru-paru) membawa darah kaya oksigen ke atrium kiri jantung. Hal ini merupakan bagian sistem sirkulasi yang dikenal sebagai system pulmoner atau *peredaran darah kecil*.



Gambar Struktur Jantung
Sumber:https://lh5.googleusercontent.c

Darah mengalir dari atrium kiri ke ventrikel kiri melalui katup bikuspid. Kontraksi ventrikel akan menutup katup bikuspid dan membuka katup aortik pada lubang masuk ke aorta. Cabang-cabang yang pertama dari aorta terdapat tepat di dekat katup aortik. Dua lubang menuju ke arteri-arteri koroner kanan dan kiri. Arteri koroner ialah pembuluh darah yang memberi makan sel-sel jantung. Arteri ini menuju arteriol yang memberikan darah ke pembuluh kapiler yang menembus seluruh bagian jantung. Kemudian, darah

diangkut oleh venul menuju ke vena koroner yang bermuara ke atrium kanan. Sistem sirkulasi bagian ini disebut *sistem koroner*.

Aorta dari ventrikel kiri juga bercabang menjadi arteri yang mengedarkan darah kaya oksigen ke seluruh tubuh (kecuali paru-paru), kemudian darah miskin oksigen diangkut dari jaringan tubuh oleh pembuluh vena ke jantung (atrium kanan). Peredaran darah ini disebut *peredaran darah besar*.

2). Denyut jantung dan tekanan darah

Otot jantung mempunyai kemampuan untuk berdenyut sendiri secara terus menerus. Suatu sistem integrasi di dalam jantung memulai denyutan dan merangsang ruang-ruang di dalam jantung secara berurutan. Pada mamalia, setiap kontraksi dimulai dari simpul sinoatrium. Simpul sinoatrium atau pemacu terdiri atas serabut purkinje yang terletak antara atrium dan sinus venosus. Impuls menyebar ke seluruh bagian atrium dan ke simpul atrioventrikel. Selanjutnya, impuls akan diteruskan ke otot ventrikel melalui serabut purkinje. Hal ini berlangsung cepat sehingga kontraksi ventrikel mulai pada apeks jantung dan menyebar dengan cepat ke arah pangkal arteri besar yang meninggalkan jantung.

Kecepatan denyut jantung dalam keadaan sehat berbedabeda, dipengaruhi oleh pekerjaan, makanan, umur dan emosi. Irama dan denyut jantung sesuai dengan siklus jantung. Jika jumlah denyut ada 70 maka berarti siklus jantung 70 kali semenit. Kecepatan normal denyut nadi pada waktu bayi sekitar 140 kali permenit, denyut jantung ini makin menurun dengan bertambahnya umur, pada orang dewasa jumlah denyut jantung sekitar 60 - 80 per menit.

Pada orang yang beristirahat jantungnya berdetak sekitar 70 kali per menit dan memompa darah 70 ml setiap denyut (volume denyutan adalah 70 ml). Jadi, jumlah darah yang dipompa setiap menit adalah 70 × 70 ml atau sekitar 5 liter. Sewaktu banyak bergerak, seperti olahraga, kecepatan jantung dapat menjadi 150 setiap menit dan volume denyut lebih dari 150 ml. Hal ini, membuat daya pompa jantung 20 - 25 liter per menit. Darah mengalir, karena kekuatan yang disebabkan oleh kontraksi ventrikel kiri. Sentakan darah yang terjadi pada setiap kontraksi dipindahkan melalui dinding otot yang elastis dari seluruh sistem arteri.

PLPG 2017

Peristiwa ketika jantung mengendur atau sewaktu darah memasuki jantung disebut *diastol*. Sedangkan, ketika jantung berkontraksi atau pada saat darah meninggalkan jantung disebut *sistol*. Tekanan darah manusia yang sehat dan normal sekitar 120 atau 80 mm Hg. 120 merupakan tekanan sistol, dan 80 adalah tekanan diastole.

b. Pembuluh Darah

Pembuluh darah merupakan jalan bagi darah yang mengalir dari jantung menuju ke jaringan tubuh, atausebaliknya. Pembuluh darah dapat dibagi menjadi tiga macam, yaitu pembuluh nadi, pembuluh vena, dan pembuluh kapiler.

William Harvey (1578 - 1657) adalah orang pertama yang meneliti tentang pembuluh darah pada manusia. Pembuluh darah pada manusia dibedakan sebagai berikut.

1) Pembuluh Nadi (Arteri)

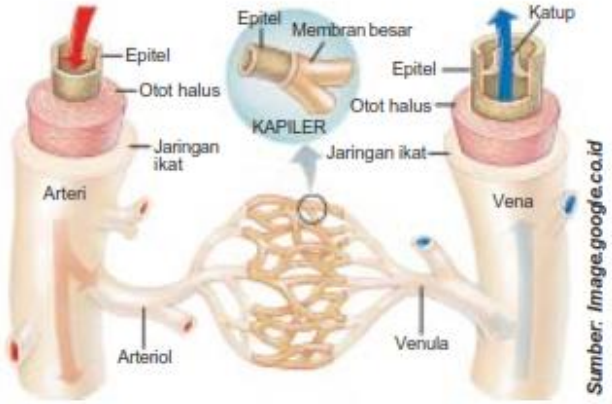
Istilah arteri digunakan untuk pembuluh darah yang aliran darahnya mengalir meninggalkan jantung. Secara anatomi, arteri terdiri atas beberapa lapisan, di antaranya jaringan ikat yang kuat dan elastis, jaringan otot polos, dan jaringan endotelium. Arteri tidak terlihat di atas kulit, tetapi dapat dirasakan denyut nadinya. Agar lebih memahami denyut nadi, lakukanlah kegiatan berikut.

Pembuluh nadi dapat dibedakan menjadi **aorta**. Aorta adalah pembuluh nadi besar yang menyalurkan darah yang baru keluar dari bilik kiri menuju arteri. Arteri bercabang-cabang hingga membentuk saluran pembuluh dengan diameter yang lebih kecil yang disebut **arteriol** (**Gambar arteriol**). Arteriol kemudian bercabang-cabang lagi hingga membentuk saluran halus yang berhubungan langsung dengan jaringan, disebut **kapiler**.

2) Pembuluh Balik (Vena)

Istilah vena digunakan untuk pembuluh darah yang aliran darahnya mengalir kembali menuju jantung. Saluran ini lebih mudah dilihat mata. Karena vena berada di lapisan atas dekat dengan permukaan kulit dan berwarna kebiruan. Pembuluh balik dimulai dari pembuluh darah kapiler. Dari kapiler, darah memasuki venula. Pembuluh-pembuluh venula yang kecil akan bergabung menuju pembuluh vena. Pembuluh vena merupakan pembuluh yang membawa darah kembali ke jantung. Perhatikan **Gambar vena.**

PLPG 2017



Gambar Arteri dan vena

Perbedaan pembuluh arteri dengan pembuluh vena dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel Perbedaan pembuluh arteri dengan pembuluh vena

No.	Sifat	Arteri	Vena
1.	dinding	tebal dan elastis	tipis, kurang elastis
2.	katup	satu pada pangkal arteri	banyak, sepanjang vena
3.	letak	di bagian dalam tubuh	permukaan tubuh
4.	tekanan	kuat, jika terpotong darah memancar	lemah, jika terpotong darah menetes
5.	arah aliran	ke luar jantung	masuk ke jantung

c. Darah

Darah berfungsi sebagai medium pengangkut untuk nutrisi, udara, dan zat buangan. Medium transpor dari sistem sirkulasi adalah darah. Darah tidak hanya mengangkut oksigen dan karbondioksida ke dan dari jaringan-jaringan dan paru-paru. Tetapi juga mengangkut bahan lainnya ke seluruh tubuh. Hal ini meliputi molekul-molekul makanan (seperti gula, asam amino) limbah metabolisme (seperti urea), ion-ion dari macam-macam garam (seperti Na^+, Ca^{++}, Cl^-, HCO_3^-), dan hormon-hormon. Darah juga berfungsi mengedarkan panas dalam tubuh. Selain itu, darah memainkan peranan aktif dalam memerangi bibit penyakit.

Darah yang terdapat di dalam tubuh kira-kira 8% bobot tubuh. Jadi, seorang laki-laki dengan bobot badan 70 kg mempunyai volume darah kira-kira 5,4 liter. Darah manusia terdiri atas dua komponen, yaitu sel-sel darah yang berbentuk padatan dan plasma darah yang berbentuk cairan. Jika darah disentrifugasi, maka darah akan

terbagi menjadi beberapa bagian. Bagian paling bawah adalah sel-sel darah merah, lapisan di atasnya adalah lapisan berwarna kuning yang berisi sel-sel darah putih. Sedangkan, lapisan paling atas adalah plasma darah.

1) Plasma Darah

Plasma darah merupakan komponen darah yang paling banyak, yaitu sekitar 55%-60% bagian dari darah. Plasma darah terdiri atas 90% air dan 10% sisanya berupa zat-zat yang terlarut di dalamnya yang harus diangkut ke seluruh tubuh. Zat-zat terlarut tersebut terdiri atas protein, hormon, nutrisi (glukosa, vitamin, asam amino, lemak), gas (oksigen dan karbon dioksida), garam-garam (sodium, kalsium, potasium, magnesium), serta zat buangan seperti urea.

Protein dalam plasma darah merupakan zat terlarut yang paling banyak. Terdapat tiga bagian utama protein plasma darah, yaitu:

a) **albumin**, berperan dalam mengatur tekanan osmotik darah (mengontrol aliran air yang masuk ke dalam membran plasma);
b) **globulin**, mengangkut nutrisi makanan dan berperan dalam system kekebalan tubuh;
c) **fibrinogen**, berperan dalam proses pembekuan darah.

2). Sel-Sel Darah

Hampir 45% dari volume darah manusia merupakan sel-sel darah. Darah mengandung beberapa tipe sel darah yang memiliki fungsi yang berbedabeda. Terdapat tiga macam sel darah, yaitu sel darah merah (**eritrosit**), sel darah putih (**leukosit**), dan keping darah (**trombosit**).

a). Sel darah merah

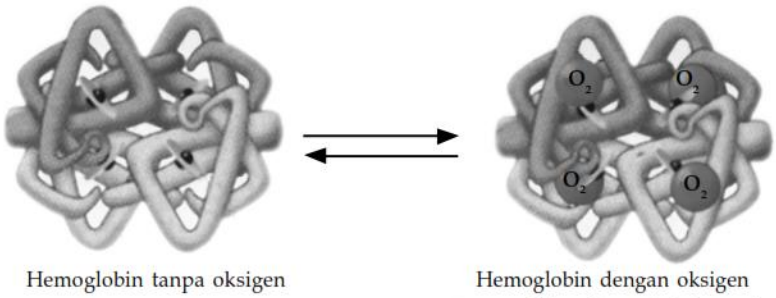
Gambar eritrosit
Sumber:http://www.drzpost.com/

Eritosit (*erythro* = merah, *cyto* = sel) tidak memiliki inti sel dan berbentuk bikonkaf sehingga memiliki luas permukaan yang besar.

PLPG 2017

Pria rata-rata mempunyai eritrosit ± 5 juta per mm darahnya, sedangkan wanita mempunyai eritrosit ± 4,5 juta per mm 33 darahnya.

Eritrosit berwarna merah karena mengandung **hemoglobin**, yaitu sebuah molekul kompleks dari protein dan molekul besi (Fe). Setiap molekul hemoglobin dapat berikatan dengan empat molekul oksigen (**Gambar hemoglobin**). Oksigen diperoleh ketika sel darah melewati kapiler-kapiler alveolus di paru-paru. Hemoglobin kurang reaktif terhadap molekul karbon dioksida. Oleh karena itu, karbon dioksida yang diperoleh dari sel lebih banyak larut dalam plasma darah.



Hemoglobin tanpa oksigen Hemoglobin dengan oksigen

Sumber: *Biology Concepts & Connections*, 2006

Hemoglobin yang berikatan dengan oksigen akan berwarna merah cerah Adapun hemoglobin yang tidak berikatan dengan oksigen, berwarna merah gelap atau kebiru-biruan. Sel darah merah dibentuk dalam sumsum tulang. Misalnya, di tulang dada, tulang lengan atas, tulang kaki atas, dan tulang pinggul.

Sel darah merah tidak mempunyai inti sel sehingga sel darah merah tidak dapat hidup lama. Sel darah merah hanya dapat hidup sekitar 120 hari. Setiap detik lebih kurang 2 juta sel darah merah dalam tubuh kita mati dan digantikan oleh yang baru.

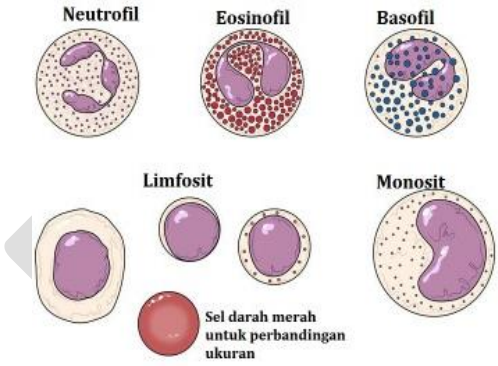
Sel darah yang mati atau rusak dikeluarkan dari sistem peredaran darah. Kemudian, masuk ke hati atau limfa untuk dipecah. Zat besi yang dikandung sel darah tersebut kemudian diangkut darah menuju sumsum tulang untuk dirakit kembali menjadi molekul hemoglobin yang baru hingga akhirnya terbentuk sel darah yang baru. Walaupun proses daur ulang tersebut memiliki nilai efisiensi yang tinggi, ada sebagian kecil zat besi yang dibuang dan harus digantikan melalui makanan. Pendarahan akibat kecelakaan atau menstruasi mengurangi zat besi yang disimpan.

b). Sel Darah Putih

Sel darah putih tidak memiliki hemoglobin sehingga tidak berwarna merah, serta ukuran dan jumlah sel darah putih berbeda dengan sel darah merah. Perbandingan jumlah sel darah putih dan sel darah merah mencapai 1:500 hingga 1:1000. Artinya, terdapat 500 hingga 1000 sel darah merah untuk setiap satu sel darah putih. Ukuran sel darah putih lebih besar daripada sel darah merah. Sel darah putih memiliki inti sel sehingga dapat bertahan hidup selama berbulan-bulan bahkan bertahun-tahun.

Sel darah putih berdasarkan karakteristik sitoplasmanya dapat dibagi menjadi dua, yaitu granulosit dan agranulosit. **Granulosit** merupakan kelompok sel darah putih yang sitoplasmanya bergranula.

Granulosit terdiri atas **neutrofil**, **eosinofil**, dan **basofil**. Neutrofil adalah sel darah putih yang granulanya menyerap zat warna yang bersifat netral. Sementara itu, eosinofil granulanya menyerap zat warna yang bersifat asam, sedangkan basofil granulanya menyerap zat warna yang bersifat basa. Sementara itu, **agranulosit** merupakan kelompok sel darah putih yang sitoplasmanya tidak bergranula, terdiri atas **limfosit** dan **monosit**. Limfosit dinamai demikian karena sel ini terdapat juga pada cairan limfa. Adapun monosit merupakan sel darah putih yang berukuran besar.



Gambar eritrosit
Sumber: http://fungsi.web.id/

Sel darah putih dibentuk di limfa dan sumsum tulang. Secara umum, sel darah putih berperan dalam pertahanan tubuh. Sel darah putih akan mematikan organisme atau zat asing berbahaya yang masuk ke dalam tubuh, terutama yang masuk melalui jaringan darah.

Eosinofil dan monosit dapat bersifat fagositik terhadap sel asing, seperti sel bakteri dan sel kanker. Dalam melaksanakan fungsinya, monosit dapat membesar menjadi **makrofag**.

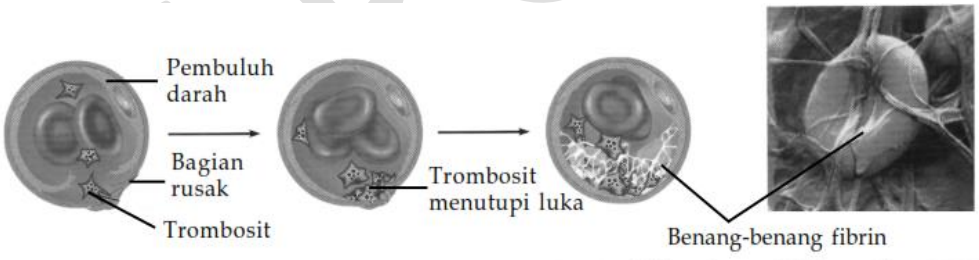
Limfosit juga dapat menonaktifkan mikroorganisme asing yang memasuki tubuh. Berbeda dengan eosinofil dan monosit, limfosit bekerja spesifik dengan mengenali jenis mikroorganisme tertentu yang akan dinonaktifkan. Limfosit terdiri atas limfosit T yang dimatangkan di kelenjar timus, sedangkan limfosit B dimatangkan di sumsum tulang.

Penjelasan fungsi sel-sel ini akan dijelaskan lebih lanjut pada Bab Sistem Pertahanan Tubuh.

c). Keping Darah

Keping-keping darah (trombosit) merupakan fragmen-fragmen besar sel yang disebut **megakariosit**. Jadi, keping-keping darah bukan merupakan satu sel yang utuh. Seperti sel darah merah, keping-keping darah tidak mempunyai inti sel dan masa hidupnya pun pendek, yaitu sekitar 10–12 hari. Keping-keping darah berperan dalam proses penghentian pendarahan. Penghentian pendarahan adalah proses yang kompleks. Pembekuan dimulai ketika keping-keping darah dan faktor-faktor lain dalam plasma darah kontak dengan permukaan yang tidak biasa, seperti pembuluh darah yang rusak atau terluka. Ketika ada permukaan yang terbuka pada pembuluh darah yang terluka, keping-keping darah segera menempel dan menutupi permukaan yang terbuka tersebut. Keping-keping darah yang menempel, faktor lain, dan jaringan yang terluka memicu pengaktifan **trombin**, sebuah enzim, dari **protrombin** dalam plasma darah. Trombin yang terbentuk akan mengkatalis perubahan **fibrinogen** menjadi benang-benang **fibrin**.

Molekul fibrin menempel satu sama lain, membentuk jaringan berserat. Jaringan protein fibrin ini, menghentikan aliran darah dan membuat darah menjadi padat, seperti gelatin ketika sudah dingin. Jaringan ini membuat sel darah merah terperangkap dan menambah kepadatan dari darah yang beku. Perhatikan gabar berikut.



Sumber: *Biology Concepts & Connections*, 2006

Keping-keping darah menempel di bagian yang berserat dan mengeluarkan benang-benang yang lengket dan membuatnya merekat satu dengan yang lain. Dalam waktu setengah jam, keping-keping darah mengerut, menarik lubang untuk merapat, dan memaksa cairan yang ada untuk keluar. Aksi tersebut menghasilkan pembekuan yang padat dan kuat sehingga membuat luka merapat. Dengan cara inilah, dimulai penyembuhan luka.

E. SISTEM EKSKRESI PADA MANUSIA

Ekskresi adalah suatu proses pengeluaran zat-zat sisa hasil metabolisme tubuh yang sudah tidak diperlukan lagi. Fungsi sistem ekskresi adalah untuk menjaga kesetimbangan (homeostasis) tubuh secara osmoregulasi. Sel-sel tubuh makhluk hidup selalu melakukan proses oksidasi. Oksidasi merupakan salah satu metabolisme yang terjadi di dalam tubuh.

Metabolisme ini menghasilkan energy yang kamu butuhkan untuk melakukan berbagai kegiatan. Selain itu, menghasilkan zat-zat sisa yang tidak dibutuhkan oleh tubuh sehingga harus dikeluarkan dari tubuh. Pengeluaran zat-zat sisa tersebut melalui alat-alat ekskresi yang membentuk suatu sistem ekskresi. Bahan-bahan hasil metabolisme yang harus dikeluarkan dari dalam tubuh di antaranya adalah karbon dioksida, kelebihan air, dan urea. Karbon dioksida dihasilkan di antaranya dari proses respirasi seluler, sedangkan urea adalah zat kimia yang berasal dari hasil pemecahan protein. Alat-alat ekskresi yang ada pada manusia adalah **kulit**, **paru-paru**, **hati**, dan **ginjal**.

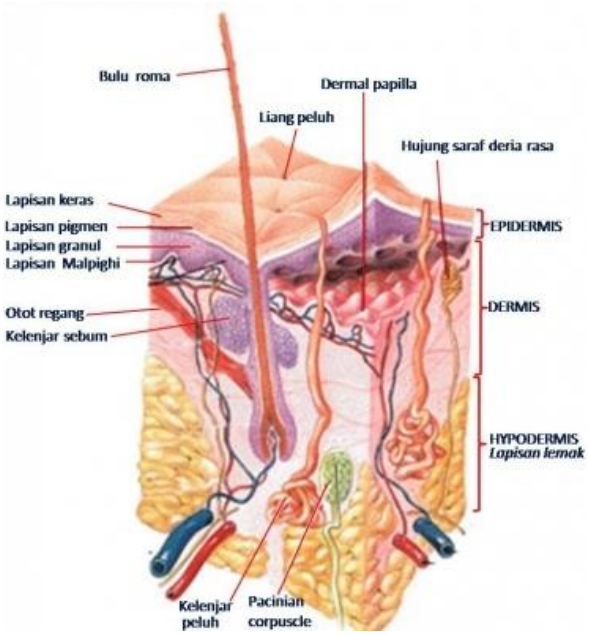
1. Kulit

Sebagai alat ekskresi, kulit mengeluarkan keringat. Keringat terdiri atas air dan garam-garam mineral (terutama NaCl, itu sebabnya keringat terasa asin), serta sedikit sampah buangan, seperti urea, asam urat, dan amonia. Keringat dikeluarkan tubuh dalam jumlah besar ketika melakukan kegiatan berat dan berada di lingkungan yang panas. Pengeluaran keringat juga dipengaruhi oleh makanan, keadaan kesehatan, dan emosi.

Kulit dibagi menjadi dua lapisan utama, yaitu **epidermis** dan **dermis (Gambar struktur kulit**). Epidermis merupakan lapisan kulit paling luar dan lebih tipis dibandingkan lapisan dermis. Epidermis terdiri atas beberapa lapisan, yaitu **stratum korneum** (lapisan tanduk), **stratum lusidum**, **stratum granulosum**, dan **stratum germinativum**

Stratum korneum adalah lapisan sel-sel epidermis (sel epitel selapis pipih) yang mati dan menumpuk menjadi berlapis-lapis. **Stratum lusidum** merupakan lapisan bening di bawah stratum korneum. **Stratum granulosum** adalah lapisan sel yang mengandung pigmen melanin yang berpengaruh terhadap warna kulit. **Stratum germinativum** adalah lapisan yang membelah terus-menerus dan mendesak lapisan sel lama ke atas, serta menggantikan sel-sel di lapisan stratum korneum.

PLPG 2017



Gambar struktur kulit manusia
Sumber: http://rudyhartono.yu.tl/files/kulit1

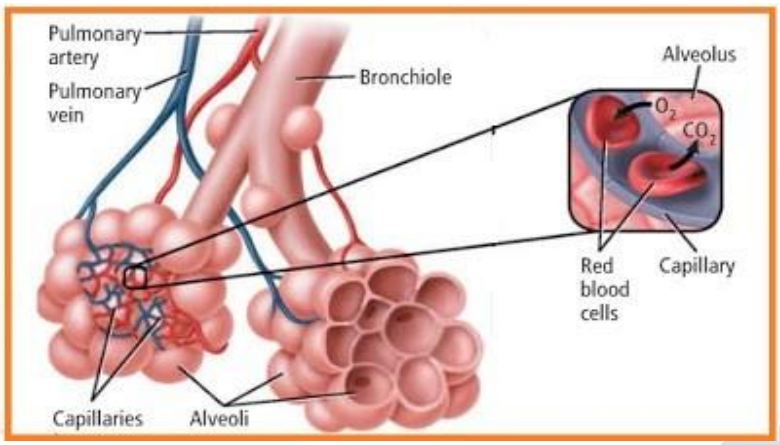
Lapisan kulit bagian bawah adalah dermis. Di lapisan dermis terdapat serabut saraf dan pembuluh darah. Selain itu, di lapisan dermis terdapat struktur lain, seperti kelenjar keringat, rambut, dan kelenjar minyak. Minyak yang dihasilkan oleh kelenjar di sekitar folikel rambut berfungsi menjaga permukaan kulit agar tetap lembap. Kelenjar keringat dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian pangkal berbentuk gulungan anyaman yang terletak di dermis, dan bagian saluran yang berujung di permukaan kulit (epidermis). Bagian pangkal yang bergulung tersebut dikelilingi oleh kapiler darah. Melalui kapiler darah tersebut kelenjar keringat menyerap cairan di jaringan. Cairan tersebut kemudian dikeluarkan sebagai keringat.

Ekskresi keringat berkaitan juga dengan upaya tubuh dalam menjaga kestabilan suhu tubuh. Ketika suhu tubuh naik, suhu darah akan meningkat dan merangsang kelenjar hipotalamus di otak. Hormon yang disekresikan kelenjar ini masuk ke darah dan merangsang pembuluh darah untuk melebar sehingga kecepatan aliran darah menurun dan kelenjar keringat memproduksi keringat. Dengan demikian, suhu tubuh akan menurun.

2. Paru-paru

Paru-paru berperan dalam proses ekskresi karena paru-paru mengeluarkan gas karbon dioksida dan air melalui proses respirasi. Dalam paru-paru, terdapat alveoli tempat terjadinya pertukaran gas antara oksigen dan karbon dioksida. Dinding alveoli dan kapiler sangat tipis dan basah sehingga memudahkan pertukaran gas (Gambar alveolus). Setelah udara masuk ke alveolus, oksigen masuk melalui dinding alveolus dan segera memasuki dinding kapiler darah. Sebaliknya, karbon dioksida dan air terlepas dari darah dan masuk ke alveoli untuk selanjutnya dikeluarkan dari dalam tubuh.

PLPG 2017

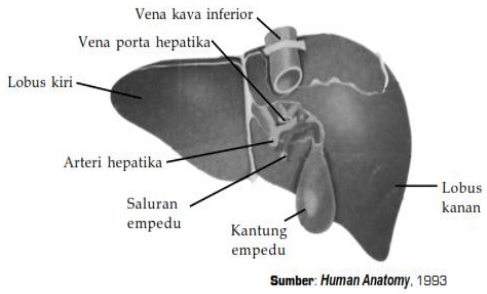


Gambar Alveolus
Sumber:
http://fungsi.web.id/

3. Hati (hepar)

Hati termasuk dalam sistem ekskresi karena hati mengeluarkan empedu (**Gambar hepar**). Setiap hari, hati menyekresi sekitar 600–1.000 mL cairan empedu. Cairan empedu terdiri atas kolesterol, lemak, hormon pelarut lemak, dan lesitin. Fungsi cairan empedu, di antaranya mengemulsi lemak dalam usus halus. Cairan empedu tersebut disimpan dalam kantung empedu untuk disalurkan ke dalam usus halus.

Sebagai bagian dari sistem ekskresi, hati menghasilkan produk ekskretori, seperti zat pewarna cairan empedu (*bile pigmen*), yaitu **bilirubin**. Bilirubin berasal dari pemecahan hemoglobin darah yang berlangsung dalam hati.



Gambar hepar

Sel darah merah yang telah rusak dan mati dirombak oleh hati melalui sel-sel khusus yang disebut **histiosit**. Hemoglobin dalam sel darah merah dipecah menjadi hemin, globin, dan zat besi. Globin dan zat besi disimpan kembali di hati untuk selanjutnya dikembalikan ke limfa dan sumsum tulang belakang dan digunakan dalam pembentukan hemoglobin baru. Hemin digunakan sebagai zat warna empedu yang disebut bilirubin. Bilirubin berwarna hijau biru. Zat tersebut selanjutnya disalurkan ke usus dua belas jari dan dioksidasi menjadi urobilin yang berwarna kuning kecokelatan. Zat warna inilah yang memberi warna pada urine dan feses.

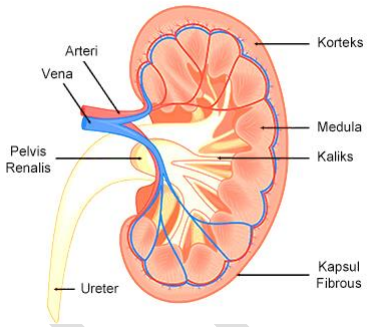
4. Ginjal

Ginjal adalah organ utama dalam sistem ekskresi. Ginjal mengeluarkan urea, kelebihan air, dan material sampah lainnya dalam bentuk urine. Urine dialirkan melalui

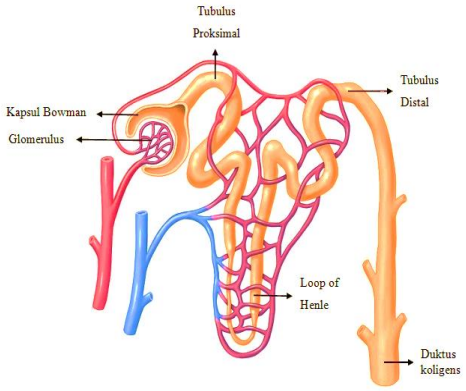
ureter menuju kantung urine. Keinginan untuk mengeluarkan urine muncul ketika kantung urine terisi penuh. Urine dikeluarkan dari tubuh melalui uretra.

Ginjal manusia berbentuk seperti kacang dengan panjang kira-kira 13 cm, lebar 8 cm, dan tebal 2,5 cm. Ginjal berukuran lebih kurang seukuran dengan kepalan tangan Anda. Ukuran organ tersebut memang kecil, tetapi mempunyai fungsi dan efektivitas kerja yang sangat mengagumkan. Manusia mempunyai dua buah ginjal yang terletak di sebelah kanan dan kiri tubuhnya. Dari bagian luar ke dalam, ginjal terdiri atas tiga lapisan, yaitu **korteks renalis** (korteks), **medula renalis** (medula) dan **pelvis renalis**.

Unit fungsional terkecil dari ginjal disebut **nefron**. Nefron terletak di korteks renalis dan medula renalis. Nefron terdiri atas tiga bagian utama, yaitu **glomerulus** (tempat darah disaring), **kapsula Bowman**, dua buah tubulus panjang. Tubulus tersebut dibagi menjadi **tubulus kontortus proksimal**, **lengkung Henle**, **tubulus kontortus distal**, dan yang terakhir adalah **tubulus pengumpul** (**Gambar strktur ginjal**).



Gambar sayatan melintang ginjal
Sumber: http://dedaunan.com/



Gambar nefron ginjal
Sumber: http://1.bp.blogspot.com/

G

lomerulus adalah untaian pembuluh kapiler yang dinding-dindingnya bertautan dengan dinding kapsula Bowman. Kapiler yang membentuk glomerulus adalah percabangan dari arteriol aferen. Kapsula Bowman sendiri berhubungan dengan tubulus kontortus proksimal, lengkung Henle, dan tubulus kontortus distal hingga tubulus pengumpul.

a. pembentukan urine

Urine dibentuk dengan serangkaian proses yang rumit dan sangat efektif. Secara umum, terdapat tiga peristiwa penting dalam pembentukan urine, yaitu **penyaringan** (**filtrasi**), **penyerapan** (**reabsorpsi**), dan **pengumpulan** (**augmentasi**).

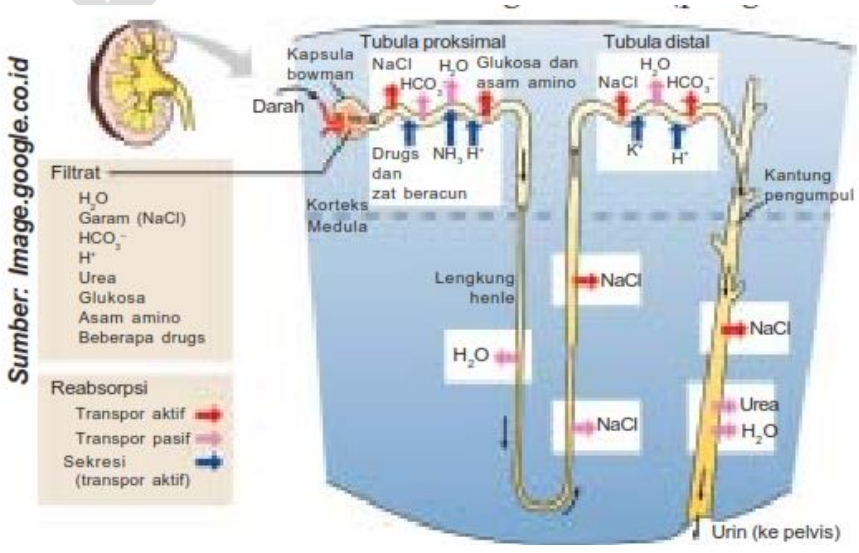
1). Penyaringan Darah (Filtrasi)

Proses filtrasi terjadi di antara glomerulus dan kapsula Bowman. Ketika darah dari arteriol aferen memasuki glomerulus, tekanan darah menjadi tinggi. Hal tersebut menyebabkan air dan molekul-molekul yang tidak larut dalam darah melewati dinding kapiler pada glomerulus. Kemudian, air dan molekul-molekul memasuki lempeng filtrasi dari kapsula Bowman. Hasil filtrasi ini disebut **filtrat glomerulus** atau **urine primer**. Filtrat ini akan dipindahkan melalui tubulus kontortus proksimal, lengkung Henle, tubulus kontortus distal, kemudian menuju tubulus pengumpul.

2). Penyerapan Kembali (Reabsorpsi)

Ketika filtrat dipindahkan, darah di arteriol eferen glomerulus menjadi sangat pekat. Hal tersebut terjadi karena hilangnya begitu banyak air. Selain itu, filtrasi mengandung substansi-substansi besar yang tidak dapat melewati dinding kapiler glomerulus, seperti sel darah, protein-protein besar, dan kepingan-kepingan lemak. Sementara itu, urine primer yang dihasilkan dari kapsula Bowman, memasuki tubulus kontortus proksimal. Di titik pertautan antara kapilerkapiler yang melingkupi tubulus, diserap glukosa dan asam amino serta ion Na^+.

Urine primer yang memasuki lengkung Henle telah lebih isotonik dengan darah di kapiler. Pada lengkung Henle terjadi penyerapan garam NaCl dan air. Penyerapan berlanjut di tubulus kontortus distal. Di sini terjadi penyerapan urea, kreatinin, bahan obat-obatan, H^+, dan NH_4. Sementara itu, garam NaCl dan air serta ion HCO_3^- kembali diserap. Perhatikan gambar berikut.



PDG 2017

Urine yang dihasilkan dari tubulus kontortus distal, disebut **urine sekunder**. Hasil reabsorpsi ini mengandung air, garam, urea, dan pigmen empedu yang memberikan bau dan warna pada urine.

3). Pengumpulan (Augmentasi)

Urine sekunder dari tubulus kontortus distal akan memasuki tubulus pengumpul. Di tubulus ini, masih terjadi penyerapan kembali air, garam NaCl, dan urea sehingga terbentuk urine yang harus dibuang dari tubuh. Dari tubulus pengumpul, urine memasuki pelvis renalis, lalu mengalir menuju ureter menuju kandung kemih (vesika urinaria). Ketika kandung kemih penuh, orang akan merasakan keinginan untuk buang air kecil. Beberapa hal yang memengaruhi volume urine, di antaranya zat-zat diuretik, suhu, konsentrasi darah, dan emosi. Jika sering mengonsumsi kopi dan teh, zat diuretik (kafein) yang dikandungnya akan menghambat reabsorpsi air sehingga volume urine meningkat.

Pada saat terjadi peningkatan suhu, kapiler di kulit melebar dan air berdifusi keluar serta kelenjar keringat menjadi aktif. Saat volume air turun, penyerapan air di ginjal berkurang sehingga volume urine menurun. Begitu pula halnya ketika konsentrasi darah meningkat, atau ketika darah menjadi lebih cair karena banyak mengonsumsi cairan. Emosi tertentu merangsang peningkatan atau pengurangan volume urine, contohnya orang menjadi lebih sering buang air kecil pada saat gugup, tegang, atau takut.

b. Gangguan pada sistem ekskresi yang umum terjadi antara lain sebagai berikut.

1) **Sistitis** (*Cystitis*) adalah peradangan yang terjadi di kantung urinaria.Biasanya, terjadi karena infeksi oleh bakteri yang masuk ke dalam tubuh.
2) **Hematuria**, terjadi ketika ditemukan eritrosit dalam urine. Penyebabnya bermacam-macam, seperti adanya batu dalam ginjal, tumor di rena pelvis, ureter, kandung kemih, kelenjar prostat atau uretra.
3) **Glomerulonefritis** adalah peradangan yang terjadi di glomerulus sehingga proses filtrasi darah terganggu.
4) **Batu ginjal** adalah adanya objek keras yang ditemukan di pelvis renalis ginjal. Komposisi batu ginjal adalah asam urat, kalsium oksalat, dan kalsium fosfat. Batu ginjal terjadi karena terlalu banyak mengonsumsi garam mineral, tetapi sedikit mengonsumsi

PLPG 2017

air. Batu ginjal tersebut sering mengakibatkan iritasi dan pendarahan pada bagian ginjal yang kontak dengannya.

5) **Gagal ginjal**, terjadi karena ketidakmampuan ginjal untuk melakukan fungsinya secara normal. Hal ini dapat terjadi karena senyawa toksik, seperti merkuri, arsenik, karbon tetraklorida, insektisida, antibiotik, dan obat penghilang sakit pada tingkat yang tinggi. Gagal ginjal dapat diatasi dengan **dialisis**. Kita lebih mengenalnya sebagai proses cuci darah. Jika kerusakan ginjal sangat parah, dapat dilakukan transplantasi ginjal yang baru.
6) **Dermatitis** adalah suatu peradangan yang terjadi di kulit, yang berulang-ulang dan sering kambuh. Contoh dermatitis yang umum adalah eksim.
7) **Prostatis** adalah peradangan di prostat. Akibat peradangan tersebut, penderitanya sulit buang air seni.
8) **Impetigo** adalah penyakit kulit yang disebabkan oleh infeksi bakteri. Penyakit ini terjadi pada anak-anak, terutama pada mereka yang kekurangan gizi. Impetigo ditandai dengan kulit yang berbintik-bintik berisi nanah yang biasanya timbul di wajah dan tangan.
9) **Penyakit kuning** yang disebabkan oleh tersumbatnya saluran empedu karena adanya penumpukan kolesterol dan membentuk batu empedu. Feses penderita akan berwarna cokelat abu-abu, sedangkan darahnya kekuningan karena cairan empedu masuk ke aliran darah.
10) **Glikosuria, hematuria**, dan **albuminaria**. Glikosuria adalah kelainan yang dicirikan dengan ditemukannya glukosa pada urine. Hal tersebut menunjukkan adanya kelainan pada tubulus ginjal. Hematuria adalah kelainan dengan tanda ditemukannya sel darah merah di dalam urine. Penyebabnya adalah peradangan pada ginjal atau karena iritasi akibat bergesekan dengan batu ginjal. Albuminaria adalah kelainan, yang ditandai dengan ditemukannya zat putih telur (albumin) dalam urine. Hal tersebut disebabkan kerusakan membran pada kapsula Bowman yang menyebabkan protein berukuran besar seperti albumin dapat lolos dari filtrasi.

F. SISTEM REPRODUKSI PADA MANUSIA

PLPG 2017

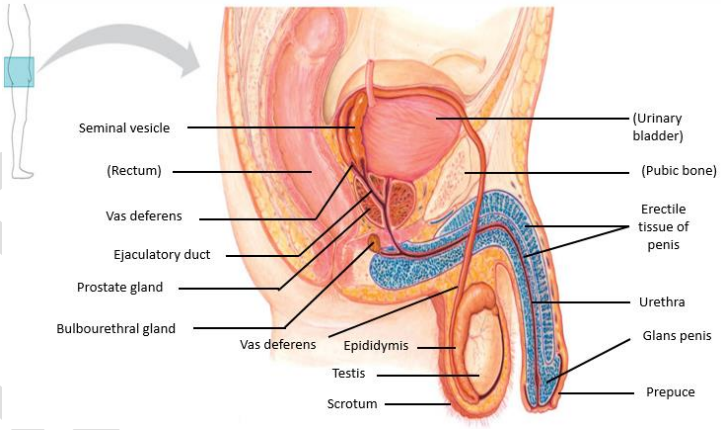
Semua makhluk hidup harus berkembang biak agar dapat mempertahankan jenisnya. Cara perkembangbiakan pada makhluk hidup ini dinamakan **reproduksi**. Sistem organ yang mendukung peran reproduksi tersebut dinamakan **sistem reproduksi**. Kerja sistem reproduksi berkaitan erat dengan proses kedewasaan.

1. Sistem Reproduksi Pria

Kerja sistem reproduksi pada manusia, erat kaitannya dengan proses kedewasaan, baik pada manusia atau organisme lainnya. Ketika mencapai masa pubertas, hormon berperan memicu seorang lelakiatau wanita memasuki masa reproduksi. Pada pria, masa pubertas dipicuoleh hormon testosteron dan androgen pada usia sekitar 13–15 tahun.

Hormon tersebut menyebabkan munculnya ciri-ciri primer dan sekunder kematangan seksual pada pria, yaitu: mulai aktif memproduksi sel sperma; suara semakin membesar; tumbuh rambut-rambut di sekitar alat kelamin dan bagian lain, sepertikumis dan janggut; terbentuk jakun dan bahu yang melebar.

a. Organ Reproduksi Pria



Gambar Struktur Organ Reproduksi Laki-laki
Neil Campbell and Jane Reece. Biology. Eight Edition.

Alat kelamin pria

berfungsi menghasilkan gamet jantan,yaitu spermatozoa (sperma). Alat kelamin pria dibedakan menjadi alat kelamin dalam dan alat kelamin luar.

1) Alat Kelamin Dalam

a) Testis

Testis memiliki bentuk bulat telur dan berjumlah sepasang, terdapat pada skrotum (zakar). Testis merupakan tempat pembentukan sel kelamin jantan (spermatozoa) dan hormone kelamin (testosteron).Pada testis terdapat pembuluh-pembuluh halus yang disebut *tubulus seminiferus*. Pada dinding tubulus seminiferous terdapat calon-calon sperma (spermatogonium yang diploid. Di antara tubulus seminiferus terdapat sel-sel interstisiil yang menghasilkan hormon testosteron dan hormon kelamin jantan lainnya. Selain itu, terdapat pula sel-sel berukuran besar yang berfungsi menyediakan makanan bagi spermatozoa, sel ini disebut *sel sertoli*.

b) Saluran reproduksi

Saluran reproduksi terdiri atas duktus *epididimis*, yaitu tempat pematangan sperma lebih lanjut dan tempat penyimpanan sementara sperma. Selanjutnya, terdapat *vasdeferens* yang merupakan suatu saluran untuk mengangkutsperma ke *vesikula seminalis* (kantung sperma). Arah vas deferens ini ke atas, kemudian melingkardan salah satu ujungnya berakhir pada kelenjar prostat dan di belakang kandung kemih, saluran ini bersatu membentuk duktus ejakulatorius pendek yang berakhir di uretra. Uretra dari duktus ejakulatorius sama-sama berakhir di ujung penis.

c) Kelenjar kelamin

Saluran kelamin dilengkapi dengan tiga kelenjar yangdapat mengeluarkan getah atau semen. Kelenjar-kelenjar ini,antara lain vesikula seminalis, kelenjar prostat, dan kelenjar bulbouretral (Cowper).

(1). Vesikula seminalis

Vesikula seminalis berjumlah sepasang dan terletak di atasdan bawah kandung kemih.Vesikula seminalis menghasilkan 60% dari volume totalsemen. Cairan dari vesikula seminalis berwarna jernih,kental mengandung lendir, asam amino, dan fruktosa.Cairan ini berfungsi memberi makan sperma. Selain itu,vesikula seminalis juga mengekskresikan prostaglandinyang berfungsi membuat otot uterin berkontraksi untukmendorong sperma mencapai uterus.

(2). Kelenjar prostat

Kelenjar prostat berukuran lebih besar dibandingkan dua kelenjar lainnya. Cairan yang dihasilkan encer seperti susudan bersifat alkalis sehingga dapat menyeimbangkan

PLPG 2017

keasaman residu urin di uretra dan keasaman vagina. Cairan ini langsung bermuara ke uretra lewat beberapa saluran kecil.

(3). Kelenjar bulbouretral atau kelenjar Cowper.

Kelenjar inikecil, berjumlah sepasang, dan terletak di sepanjang uretra. Cairan kelenjar ini kental dan disekresikan sebelum penis mengeluarkan sperma dan semen.

d). Uretra

Uretra adalah saluran di dalam penis yang berfungsi sebagai saluran urin dari kandung (vesica urinaria) keluar tubuh dan sebagai saluran jalannya semen dari kantong semen.

2) Alat kelamin luar

Alat kelamin luar pria, yaitu berupa penis dan skrotum. Penis adalah organ yang berperan untuk kopulasi (persetubuhan). Kopulasi adalah penyimpanan sperma dari alatkelamin jantan (pria) ke dalam alat kelamin betina (wanita). Penis pada pria dapat mengalami ereksi. Ereksi adalah penegangan dan pengembangan penis karena terisinya saluranpenis oleh darah. Skrotum pada pria di kenal dengan buah zakar. Di dalam buah zakar ini terdapat testis.

2. Organ Reproduksi pada Wanita

Alat reproduksi wanita seperti juga pada pria terdiri atas alat kelamin luar dan dalam organ reproduksi pada wanita adalah ovarium. Ovarium berfungsi menghasilkan sel telur(ovum).

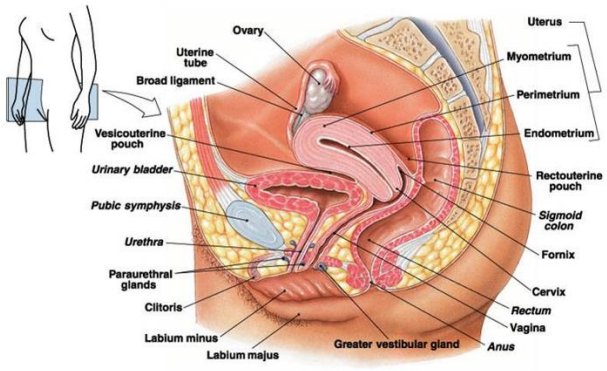
a. Alat kelamin luar

Alat kelamin luar terdiri atas:

1). Celah luar disebut vulva.

2). Sepasang bibir besar atau lipatan kulit disebut juga (Labiummayora) membatasi kedua belah celah dan sepasang bibirkecil lipatan disebut (Labium minora). Di bagian depan labium minor terdapat tonjolan yang disebut klitoris. Klitoris merupakan suatu berkas jaringan yang peka. Klitoris berasal dari bahasa Yunani, yang berarti sebuah bukit kecil.

PLPG 2017



Neil Campbell and Jane Reece. Biology. Eight Edition.

3). Muara saluran urin dan muara saluran kelamin yang berada di dalam vulva

b. Alat Kelamin dalam

Alat kelamin dalam terdiri atas:

1). Ovarium (indung telur)

Ovarium terdapat dalam rongga badan di daerah pinggang, yaitu di sebelah kanan dan kiri. Dalam ovarium terdapat kelenjar endokrin dan jaringan tubuh yang membuatsel telur (ovum) yang disebut *folikel*. Sel folikel akan memproduksi sel telur pada ovarium wanita. Peristiwa pelepasan sel telur(ovum) dari ovarium setelah folikel masak disebut *ovulasi*. Ovulasi pada wanita berlangsung sebulan sekali. Pada saatfolikel telur tumbuh, ovarium menghasilkan hormon estrogen,dan setelah ovulasi menghasilkan hormon progesteron.

2). Saluran tuba fallopii

Saluran tuba fallopii atau oviduk berjumlahsepasang, di kanan dan di kiri. Saluran inimenghubungkan ovarium dengan rahim. Bagianpangkalnya berbentuk corong disebut *tubainfundibulum*. Tuba infundibulum ini dilengkapidengan jumbai-jumbai yang dinamakan *fimbriae*. Fimbriaeberfungsi menangkap sel telur yang telah masak dan lepas dariovarium. Tuba fallopii berfungsi untuk menggerakkan ovumke arah rahim dengan gerak peristaltik dan dengan bantuansilia.

3). Uterus (rahim)

Rahim manusia memiliki satu ruangan dan berbentuk buahpir, pada bagian bawahnya mengecil dan disebut *leher Rahim* atau serviks uteri, bagian ujung yang besar disebut *badan Rahim* atau corpus uteri. Lapisan terdalam yang membatasi ronggarahim terdiri

PLPG 2017

atas jaringan epitel yang disebut *endometrium* atauselaput rahim. Lapisan ini menghasilkan banyak lendir danpembuluh darah. Sebulan sekali, pada saat menstruasi (haid)lapisan ini dilepaskan diikuti dengan pendarahan.

Dinding pada rahim selalu mengalami perubahan ketebalan, peristiwa ini dipengaruhi hormon, di antaranya adalah:

a) Menjelang ovulasi dinding menebal, karena pengaruhhormon estrogen.
b) Dinding rahim akan semakin menebal setelah ovulasi,karena pengaruh hormon progesteron.
c) Pada saat menstruasi dinding rahim tipis kembali, karenadinding endometrium mengelupas. Setelah menstruasi,dinding dibentuk kembali, peristiwa ini disebut siklusmenstruasi.
d) Uterus atau rahim merupakan ruangan tempat janinmenempel, tumbuh dan berkembang.

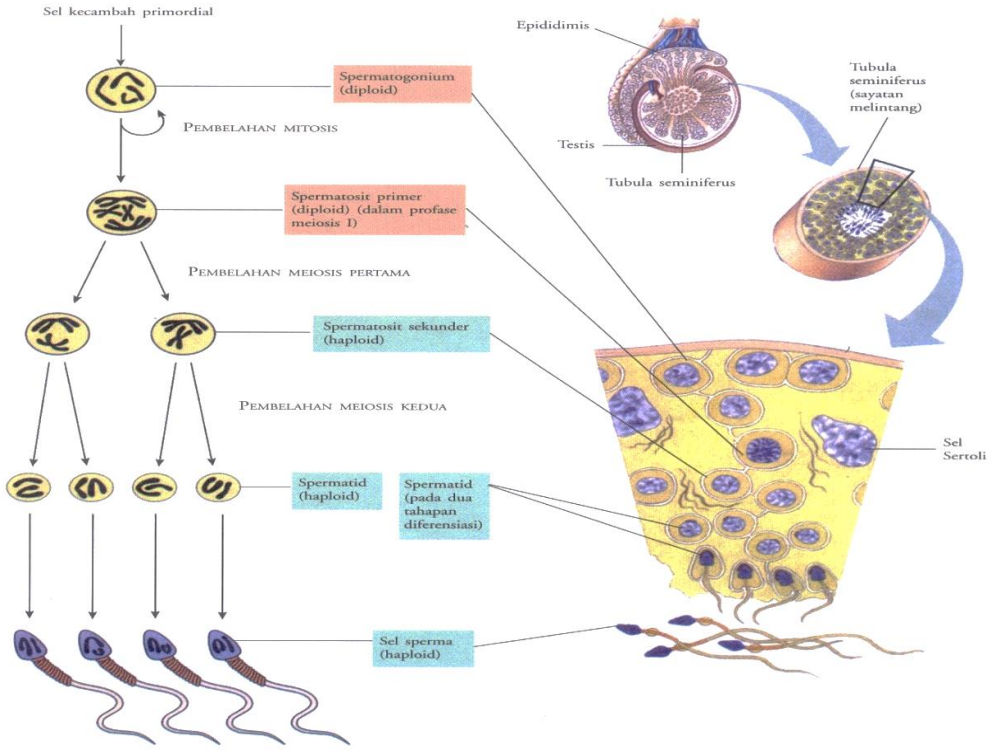
4). Vagina

Vagina adalah sebuah tabung berlapiskan otot yang membujur ke arah belakang dan atas. Dinding vagina lebih tipisdari rahim dan banyak lipatan-lipatan. Hal ini untuk mempermudah jalan kelahiran bayi. Selain itu, juga terdapat lendir yang dihasilkan oleh dinding vagina dan suatu kelenjar, yaitu kelenjar *barlholini*.

3. Gametogenesis

Pembentukan individu baru dimulai dengan gametogenesis. Gametogenesis adalah pembentukan telur dan sperma padakedua induknya. Pembentukan sperma disebut *spermagenesis*, sedangkan, pembentukan sel telur disebut *oogenesis*.Selama gametogenesis berlangsung pembelahan secara meosis (berasal dari bahasa Yunani = *meioun*, yang berartiberkurang), yaitu berkurangnya jumlah kromosom dari keadaan diploid menjadi haploid. Jika dua gamet bersatu pada waktu fertilisasi, gabungan kedua nukleusnya akan membentuk 2n kromosom.

PLPG 2017



Neil Campbell and Jane Reece. Biology. Eight Edition.

Gambar Spermatogenesis

a. Spermatogenesis

Spermatogenesis terjadi pada organ reproduksi pria, yaitu testis. Spermatogenesis dimulai dengan pertumbuhan spermatogonium menjadi sel yang lebih besar disebut spermatosit primer. Sel-sel ini membelah secara mitosis menjadidua spermatosit sekunder yang sama besar, kemudian mengalami pembelahan meiosis menjadi empat spermatid yang sama besar. Spermatid adalah sebuah sel bundar dengan sejumlah besar protoplasma dan merupakan gamet dewasa dengan sejumlah kromosom haploid.

Pada akhir proses, terjadi pertumbuhan dan perkembangan atau diferensiasi yang rumit, tetapi bukan pembelahan sel, yaitu mengubah spermatid menjadi sperma yang fungsional. Nukleus mengecil dan menjadi kepala sperma, sedangkan sebagian besar sitoplasma dibuang. Sperma ini mengandung enzim yang memegang peranan dalam menembus membran sel telur.

Spermatogenesis terjadi di tubulus seminiferus. Di setiap satu bagian tubulus, berbagai tahapan tersebut berlangsung secara berurutan. Pada bagian tubulus yang berdekatan,

sel cenderung berada dalam satu tahapan lebih maju atau lebih dini. Pada manusia, perkembangan spermatogonium menjadi sperma matang membutuhkan waktu 16 hari. Spermatogenesis dipengaruhi oleh hormon gonadotropin berfungsi untuk merangsang kelenjar hipofisa bagian depan (anterior) agar mengeluarkan hormon FSH dan LH. *Follicle Stimulating Hormone* (FSH) berfungsi mempengaruhi dan merangsang perkembangan tubulus seminiferus dan sel sertoli untuk menghasilkan ABP (Androgen Binding Protein) yang memacu pembentukan sperma. *Luteinizing hormone* (LH) berfungsi merangsang sel-sel interstitial (sel leydig) agar mensekresi hormon testosteron (androgen), dan hormon testosterone berfungsi merangsang perkembangan organ seks primer pada saat embrio, mempengaruhi perkembangan alat reproduksi danciri kelamin sekunder serta mendorong spermatogenesis.

b. Oogenesis

Oogenesis/proses pembentukan ovum terjadi di dalam ovarium. Pada ovarium yang ada di dalam tubuh embrio atau fetus terdapat sekitar 600.000 buah sel induk telur atau disebut *oogonium*. Pada saat umur fetus(embrio) lima bulan, oogonium memperbanyak diri secara mitosis, membentuk kurang lebih 7 juta oosit primer.Pada saat embrio (fetus) umur 6 bulan, oosit primer dalam tahap meiosis (profase I). Setelah itu, terjadi pengurangan jumlah oosit primer sampai lahir. Pada saat lahir dua ovarium mengandung 2 juta oosit primer. Selanjutnya, oosit primer yangsedang tahap membelah tersebut istirahat sampai masa pubertas. Pada waktu anak berumur 7 tahun jumlahnya susut lagi menjadi sekitar 300.000 - 400.000 oosit primer.

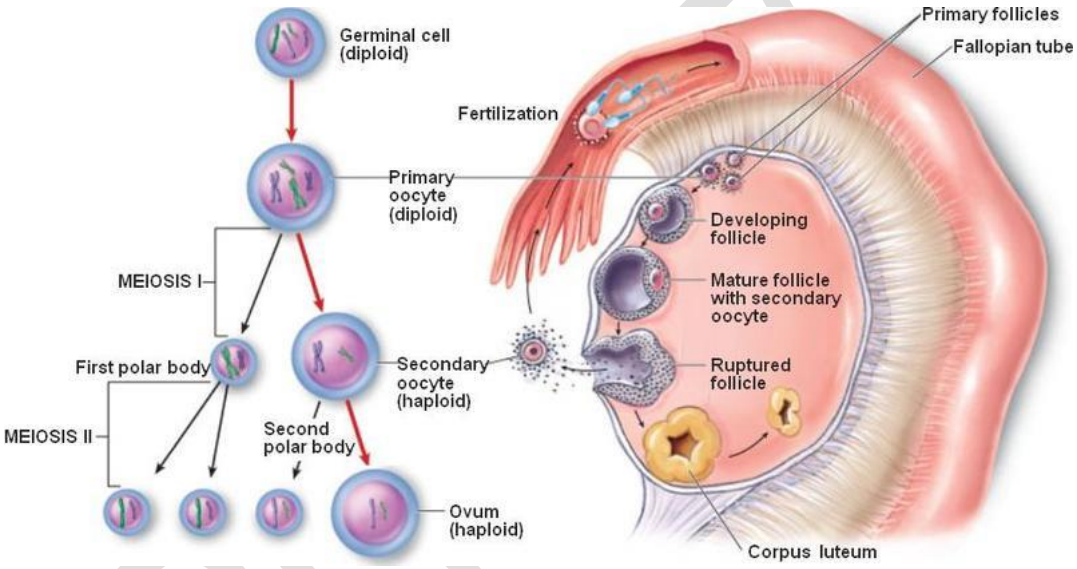
Setelah masuk masa pubertas, perempuan akan mengalami menstruasi atau haid. Saat itu kelenjar hipofisis mampu menghasilkan FSH, dan oosit primer yang terbentuk melanjutkan pembelahan meiosis menghasilkan dua sel yang ukurannya tidak sama. Sel yang berukuran besar disebut oosit sekunder dan yang berukuran kecil disebut badan polar pertama.

Penyelesaian tahap meiosis I sekitar menjelang ovulasi. Oosit sekunder melanjutkan tahapan meiosis II dan berhenti pada metafase II. Jadi, pada saat ovulasi, yang dikeluarkan bukan ovum melainkan oosit sekunder pada metafase II. Jika tidak terjadi penetrasi oleh sperma, oosit sekunder mati. Jika terjadi penetrasi sperma, oosit sekunder akan melengkapi tahapan meiosis II. Hasilnya adalah satu sel yang besardi sebut ootid dan

PLPG 2017

satu sel yang kecil disebut badan polar kedua. Sedangkan, badan polar I menghasilkan 2 badan polar. Pada saat menjelang terjadinya peleburan inti sel telur dengan inti sperma, ootid berkembang menjadi ovum (telur).

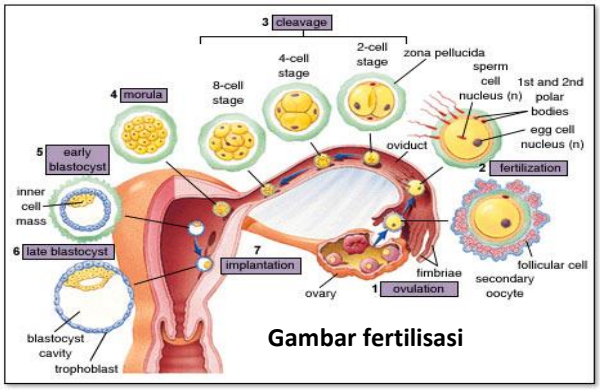
Ketiga badan polar yang menempel padaovum tidak berfungsi dan mengalami degenerasi. Dengan demikian, hasil oogenesis adalah selovum yang besar dan tiga sel badan polar yang menempel di ovum. Seperti halnya spermatogenesis, proses oogenesis juga dipengaruhi oleh berbagai jenis hormon. Hormon-hormon tersebut dapat dihasilkan oleh hipofisa, dan ovarium.



Neil Campbell and Jane Reece. Biology. Eight Edition.

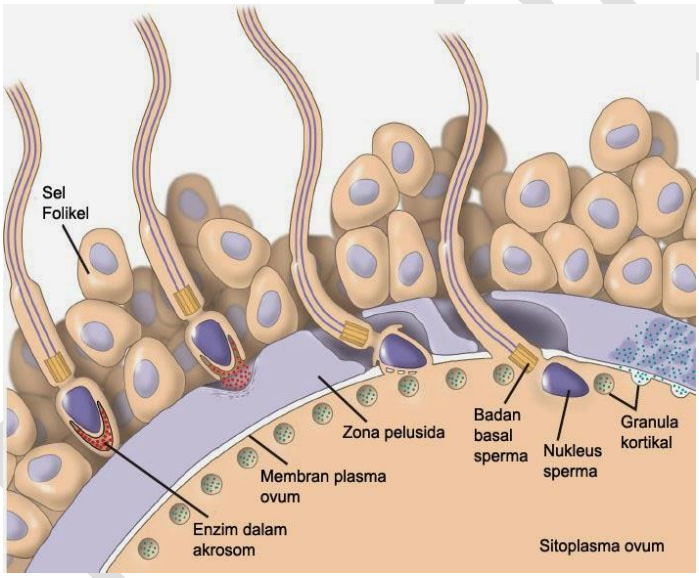
4. Fertilisasi

Setelah sel telur berkembang menjadi matang dan mampu mengadakan penyatuan dengan sperma akan terjadi ovulasi. Sel telur ini akan ditangkap oleh infundibulum, kemudian melewati tuba fallopii. Jika di tuba fallopii terdapat sperma makaakan terjadi peleburan antara sperma dan sel telur, proses inidisebut dengan *fertilisasi*.



Gambar fertilisasi

Fertilisasi internal memerlukan kopulasi, yaitu penyimpanan sperma dari alat kelamin jantan ke dalam alatkelamin betina. Biasanya terdapat suatu mekanisme neural dan hormonal yang rumit agar terjadi daya tarik dan perilaku prakopulasi yang diperlukan untuk kopulasi. Pada waktu kopulasi, sperma yang tersimpan terutama di dalam epididymis disemprotkan oleh kontraksi mendadak dari otot di dalam dandi sekitar saluran reproduksi jantan dan bersamaan dengan itu kelenjar kelamin aksesori mengeluarkan sekresinya. Cairan seminal yang dikeluarkan demikian itu dapat mengandung 400.000.000 sperma. Lendir di dalam cairan seminal berguna sebagai wahana bagi sperma. Setelah semen dideposisikan dalam vagina, enzim proteolitik mengubah lendir tersebut menjadi cairan yang lebih encer agar sperma menjadi sangatmotil. Fruktosa merupakan sumber energi bagi sperma, zat basa mencegah matinya sperma karena suasana asam yang lazimnya terdapat di dalam vagina.



Gambar fertilisasi

Sumber: http://3.bp.blogspot.com/

Tiap telur hanya dibuahi oleh sebuah sperma, tetapi meskipun demikian jika sperma tidak dilepaskan dalam jumlah jutaan, maka tidak akan terjadi fertilisasi. Salah satu sebabnya ialah hanya sebagian kecil sperma yang dapat sampai ke bagian atas tuba fallopii, yang lainnya hancur di perjalanan. Sel telur masuk ke dalam tuba fallopii masih dilapisi oleh sebagian darisel folikel yang membungkusnya di dalam ovarium dan sperma tidak dapat menembusnya jika lapisan ini tidak hilang.

5. Menstruasi

Pada siklus ovulasi, sel telur yang tidak dibuahi harus dikeluarkan dari dalam tubuh bersamaan dengan pendukung implantasi bayi di dinding rahim,yaitu **endometrium**. Proses peluruhan dinding rahim dan dibuangnya seltelur yang tidak dibuahi ini, disebut **menstruasi**.Secara hormonal, proses ini diawali dengan diproduksinya hormone gonadotropin (*gonadotropin releasing hormone*) yang akan memerintahkan pituitari untuk menghasilkan hormon FSH (*folikel stimulating hormone*) danLH (*luteinizing hormone*). FSH dan LH ini akan menginisiasi (merangsang) pembentukan folikel tempat pematangan sel telur di dalam ovarium. Folikel yang berkembang akan menghasilkan hormon estrogen.

FSH, LH, dan hormon estrogen akan berpengaruh terhadap pematangansel telur selama lebih kurang dua minggu hingga tiba waktu ovulasi. Estrogenyang dihasilkan akan berpengaruh pada perkembangan folikel, merangsangpembentukan endometrium, serta merangsang diproduksinya FSH dan LHlebih banyak. Hormon FSH dan LH yang melimpah di hari ke-12 siklus menstruasi akan memengaruhi masa meiosis II hingga terjadi ovulasi. Ovulasiterjadi di hari ke-14 dan pada waktu ini seorang wanita dikatakan berada dalam keadaan subur. Masa subur tersebut berlangsung selama lebih kurang 24 jam saja.

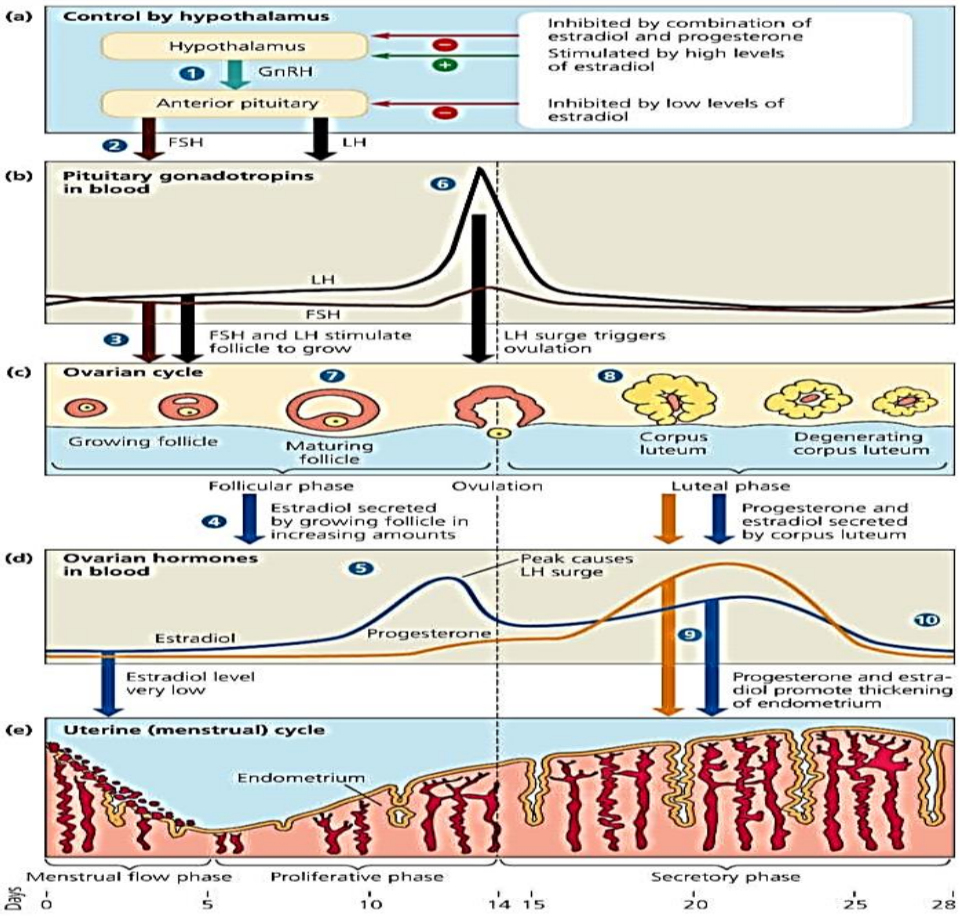
Folikel yang telah ditinggalkan oleh sel telur disebut **badan kuning** atau **corpus luteum** yang menghasilkan hormon estrogen serta progesteron. Kedua hormon ini bekerja menghambat sintesis FSH dan LH sehingga jumlahnya menjadi lebih sedikit. Selain itu, mengakibatkan penghambatan pematangan folikel lain di ovarium.

Estrogen dan progesteron bersama-sama mempersiapkan kehamilan dengan mempertebal dinding endometrium hingga mencapai ketebalan 5 mm. Jika tidak terjadi kehamilan atau fertilisasi, corpus luteum akan berdegenerasi sehingga produksi estrogen dan progesteron menurun. Jika kedua hormon ini menurun, tidak ada lagi yang mempertahankan keberadaan endometrium sehingga endometrium mengalami degenerasi. Proses ini terjadi di hari ke-27 atau 28 dan terjadilah menstruasi.

6. Kehamilan

Seorang wanita disebut hamil jika sel telur berhasil dibuahi oleh sel sperma laki-laki (Fertilisasi). Hasil pembuahan akan menghasilkan zigot, yang lalu berkembang menjadi embrio.

PPG 2017



Gambar Fase Menstruasi
Sumber: Neil Campbell and Jane Reece. Biology. Eight Edition.

Pada kehamilan dan persalinan melibatkan perkembangan zigot disertai kerjasama hormon sejak terjadinya pembuahan sampai kelahiran. Setelah ovulasi atau pelepasan sel telur, seltelur akan masuk ke dalam tuba fallopi (oviduk). Di saluranini, ovum akan dikelilingi oleh banyak sperma, tetapi hanya satu sperma yang dapat membuahi sel telur, sedangkan ekorsperma tertinggal di luar. Kemudian, terjadi persatuan inti seltelur dengan inti sperma membentuk zigot yang mengandung separuh sifat ayah dan separuh sifat ibu. Selanjutnya, zigot membelah secara mitosis sampai pada bentuk terakhir saat embrio terdiri atas 32 sel dan disebut *morula*.

Morula menyerap cairan yang dikeluarkan olehtuba fallopii, dan segera membentuk rongga blastosel dan disebut *blastosit*. Lapisan terluar blastosit disebut *trofoblas*. Blastosit ini bergerak menuju uterus untuk mengadakan implantasi (perlekatan dengan dinding uterus).Selama proses ini, korpus luteum membentuk hormone progesteron untuk mengadakan persiapan implantasi dengan merangsang

pertumbuhan dinding uterus. Dinding uterus menjadi tebal, lunak, dan lembut, serta mengeluarkan sekret seperti air susu (uterinmilk) sebagai makanan embrio. Selanjutnya, dinding rahim atau endometrium akan membuat hormone progesteron sehingga mencegah terjadinya menstruasi.Setelah menjadi blastosit, zigot berkembang menjadi trofoblas, kemudian embrio dan akhirnya menjadijanin. Janin ini mendapat makanan dari tubuh induknya denganperantaraan plasenta (ari-ari atau tembuni).

Selaput pembungkus embrio terdiri atas sakus vitelinus, amnion, korion, dan alantois.

a. Sakus vitelinus (kantong kuning telur)

Sakus vitelinus terletak di antara amnion dan plasenta, merupakan tempat pemunculan sel-sel darah dan pembuluh-pembuluh darah yang pertama. Selaput-selaputtersebut berfungsi untuk melindungi embrio terhadap kekeringan da goncangan-goncangan dan membantuproses pernapasan, eksresi dan fungsi-fungsi pentinglainnya selama kehidupannya didalam rahim.

b. Amnion

Amnion merupakan selaput yang menghasilkan getah berupa air ketuban yang berguna untuk menjaga embriotetap basah dan tahan goncangan.

c. Korion

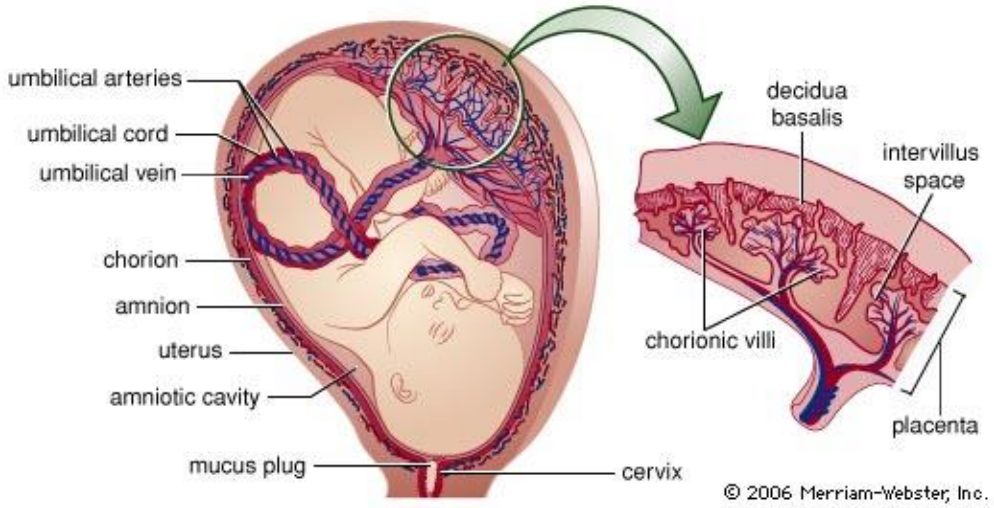
Korion merupakan selaput yang terdapat di sebelah luaramnion. Korion mengandung banyak pembuluh pembuluh darah yang berhubungan dengan peredaran darah induknya dengan perantaraan plasenta (tembuni).

d. Alantois

Alantois terletak di dalam tali pusat. Jaringan epitelnya menghilang dan yang menetap adalah pembuluh-pembuluh darah yang berfungsi untuk menghubungkan sirkulasi embrio dengan plasenta.

Bila pertumbuhan dan perkembangan janin telah sempurna, janin akan keluar melalui vagina.Selubung janin akan pecah, diikuti keluarnya plasenta. Pada saat proses kehamilan, progesterone dan estrogen merangsang pertumbuhan kelenjarair susu, tetapi setelah kelahiran hormon prolactin yang dihasilkan kelenjar hipofisis yang merangsang produksi air susu.

PLPG 2017



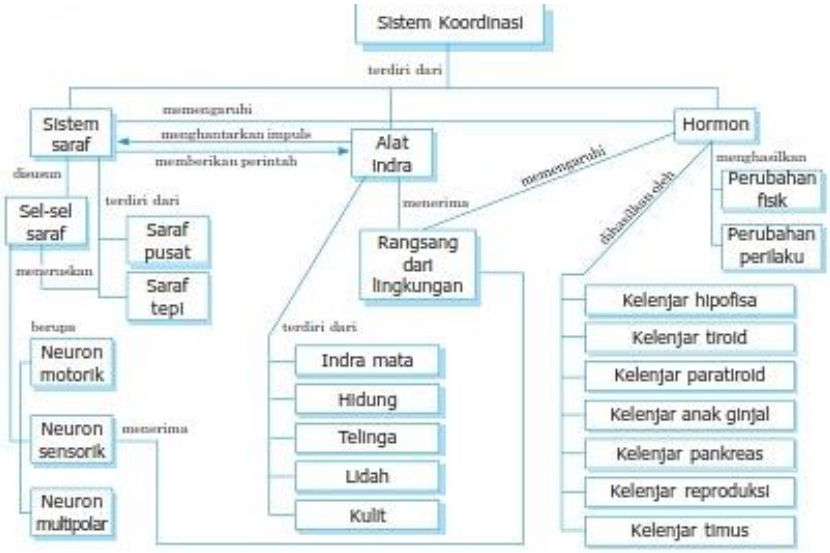
Gambar Pembungkus embrio
Sumber: http://2.bp.blogspot.com/.

G. SISTEM KOORDINASI PADA MANUSIA

Seperti telah Anda ketahui, di dalam tubuh manusia terdapat beberapa sistem organ. Agar seluruh sistem organ itu dapat bekerja dengan baik dan saling mendukung satu sama lain, tentunya harus ada sistem lain yang berfungsi untuk mengatur seluruh proses kerjasistem organ tersebut. Sistem yang dimaksud adalah *sistem koordinasi.* Sesuai dengan namanya, sistem ini berfungsi untuk mengatur sistem organ tubuh yang lain agar dapat menjalankan fungsinya dan bekerja sama secara serasi dan efisien.

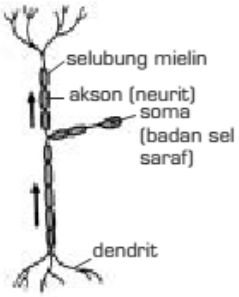
Dalam tubuh kita, dibedakan menjadi dua sistem koordinasi berdasarkan sifat kerjanya, yaitu sistem koordinasi yang dilakukan oleh *sistem saraf* dan yang dilakukan oleh *sistem endokrin* (hormonal). Di antara keduanya terdapat perbedaan. Koordinasi oleh sistem saraf berlangsung cepat untuk menanggapi adanya perubahan lingkungan yang memerlukan tanggapan segera, sedangkan pengaturan oleh sistem hormon berlangsung jauh lebih lambat, namun lebih teratur. Sebagai contoh, cara kerja sistem koordinasi, ketika seseorang melakukan aktivitas lari, otak akan memantau perubahan kadar oksigen dan karbon dioksida dalam darah. Apabila telah diketahui apa yang terdeteksi, otak melalui sistem saraf akan mengirimkan impuls-impuls saraf ke diafragma, otot, jantung, dan paru-paruuntuk memberikan tanggapan terhadap impuls-

PLPG 2017



impuls saraf yang telah dikirimkan otak. Dalam hal ini, sistem koordinasi dilakukan oleh sistem saraf.

1. Sel Saraf



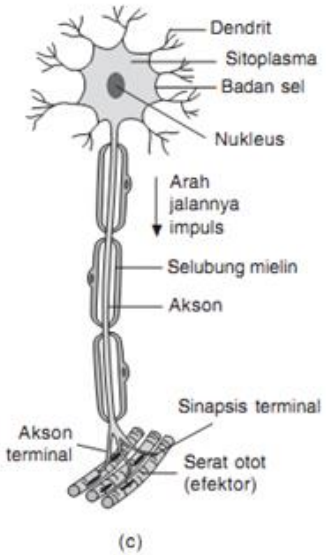
Sistem saraf dibangun oleh sel-sel saraf (neuron), yang bentuk dan fungsinya berbeda-beda. Sel saraf memiliki tugas khusus untuk menghantar impuls. Setiap sel saraf terdiri atas badan sel saraf yang berisi inti sel, neurit (akson), yaitu serabut yang keluar dari badan sel dengan panjang yang berbeda-beda (sampai 2 meter pada beberapa jenis hewan). Neurit berfungsi sebagai tempat merambatnya impuls dari badan sel. Selain badan sel dan neurit, sel saraf memiliki dendrit, serabut tempat masuknya rangsang dan merambatnya impuls ke badan sel. Sel saraf ada tiga macam, yaitu sel saraf sensorik, sel saraf motorik, dan sel saraf penghubung.

a. Sel saraf sensorik,

PKG 201

Sel saraf sensorik bekerja menerima rangsang dari luar untuk dilanjutkan ke sel saraf berikutnya. Sel saraf sensorik memiliki badan sel yang letak-nya beradadi luar pusat saraf, yaitu diseluruh bagian tubuh yang dapat disentuh oleh rangsang, misalnya, di bagian kulit dan dipanca indera. Di kiri kanan sumsum tulang belakang, saraf sensorik berkumpul dalam bentuk ***ganglion***.

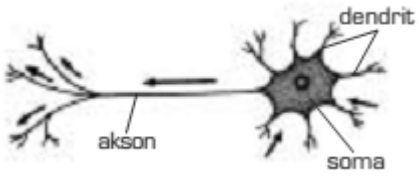
b. Sel saraf motorik,



(c)

Sel saraf motorik bekerja menerima rangsang atau pesan dar ipusat saraf (otak dan sumsum Tulang belakang) dan merambatkan impulsnya ke efektor. Efektor, yaitu bagian tubuh yang melakukan kontraksi sebagai respons terhadap rangsang. Sel saraf motorik memiliki badan sel yang terletak di dalam pusat saraf. Dendritnya pendek, tetapi neuritnya panjang.

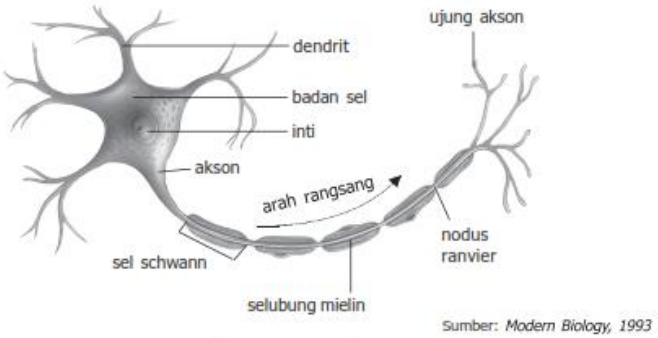
c. Sel saraf penghubung,



Sel saraf penghubung terletak dipusat saraf. Bekerja menghubungkan sel-sel saraf tepi (sensorik ataupun motorik). Sel saraf penghubung bentuknya pendek. Neurit dan dendrit ukurannya sama. Dendritnya membentuk hubungan dengan ujung saraf sensorik, membentuk hubungan dengan dendrit saraf motorik. Saraf penghubung menerima impuls saraf dari saraf sensorik, kemudian menyampaikan impuls tersebut ke pusat saraf.

PPG 2017

Setelah pusat saraf menerjemahkan impuls saraf menjadi sebuah pesan, pesan tersebut disampaikan oleh saraf penghubung melalui aksonnya kepada saraf motorik.



Sumber: *Modern Biology, 1993*

Masing-masing neuron memiliki *badan sel,* terdiri atas inti (nukleus) yang dikelilingi oleh sitoplasma. Badan sel dilengkapi pula oleh uluran-uluran pendek sitoplasma yang disebut *dendrit* dan satu uluran panjang sitoplasma yang disebut *neurit* atau *akson.* Dendrit, neurit, dan soma (badan sel) dapat berhubungan dengan neuron-neuronlainnya. Neurit ditutupi oleh selubung mielin dan schwann.

Terdapat tiga fungsi sistem saraf, antara lain:

1) menerima dan meneruskan rangsang (baik luar maupun dalam),

2) menafsirkan (interpretasi) rangsang tersebut, dan

3) memberi respon terhadap rangsang dalam bentuk sekresi kelenjar atau kontraksi otot.

Melalui ketiga fungsi di atas, sistem saraf melaksanakan peranannya mengatur dan mengoordinasikan segala aktivitas tubuh. Secara anatomi, sistem saraf terdiri atasdua bagian, yaitu sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi.

2. Sistem Saraf Pusat

Sistem saraf pusat terdiri atas otak (ensefalon) dan sumsum tulang belakang (medula spinalis).

a. Otak

Otak terletak di dalam rongga kepala terlindung oleh tulang tengkorak (kranium), selaput otak (meninges), dan cairan otak(cairan serebrospinal). Permukaannya tidak merata karena adanya belahan-belahan otak (lobus), gelang-gelang otak (girus), dan alur-

PLPG 2017

alurotak (fisura). Otak dibedakan atas tiga bagian utama, yaitu otak besar (serebrum), otak kecil (serebelum), dan batang otak (medula oblongata).

1) Otak besar otak depan, disebut serebrum; talamus, hipotalamus, dan hipofisis;

2) otak tengah berisi lobus optikus (pusat penglihatan pada vertebrata rendah)

3) otak belakang terdiri atas serebelum dan medulla oblongata.

Fungsi Otak

Seperti telah dinyatakan di depan, saraf pusat merupakan pengatur seluruh kegiatan tubuh. Di otak, terdapat dua belas pasang saraf pengatur kegiatan tubuh, sedangkan di sumsum tulang belakang ada 31 pasang saraf pengatur aktivitas tubuh.

a) Fungsi batang otak

Awal pembentukan otak adalah batang otak (kadang-kadang disebut otak bagian bawah). Ada 3 bagian batang otak, yaitu medula oblongata, pons, dan otak tengah. Ketiganya berfungsi dalam penyesuaian dengan kondisi lingkungan luar tubuh, pergerakan, penghantaran, dan pengiriman informasi ke pusat otak yang lebih tinggi.

Medulla oblongata berfungsi mengatur pernapasan, jantung, aktivitas pembuluh darah, proses menelan, muntah, dan pencernaan. Pons berfungsi sama dengan medulla oblongata, terutama dalam pengaturan pusat pernapasan di medula. Seluruh akson saraf sensoris dan motoris yang mengatur lalu lintas informasi dan instruksi wilayah otak bagian atas akan melewati batang otak, diatur oleh pons dan medula. Selain itu, pons dan medula mengatur koordinasi gerakan tubuh, misalnya berjalan.

Otak tengah berfungsi sebagai pusat penerimaan berbagai jenis informasi dari sel saraf sensorik, sebagai pusat proyeksi informasi untuk dikirim ke otak depan (serebrum). Nukleus pada otak tengah berperandalam sistem pendengaran (auditori) dan refleks penglihatan (visual). Pusat penglihatannya sendiri sudah terintegrasi dalam serebrum.

b) Fungsi serebelum

Bagian otak berikutnya, yaitu serebelum atau biasa disebut otak kecil. Fungsi utamanya adalah mengoordinasi pergerakan, posisi persendian dan panjang otot, menerima informasi dari sistem auditori dan visual. Serebelum juga menerima pemberitahuan dari serebrum melalui saraf motorik, untuk melakukan berbagai tindakan

PLPG 2017

sehingga terjadi koordinasi antara gerakan dan keseimbangan. Banyak respons motoris yang dikoordinasi oleh serebelum.

c) Fungsi serebrum

Serebrum merupakan bagian otak yang ukurannya paling besar. Didalamnya terdapat talamus, hipotalamus, dan hipofisis. Talamus merupakan pusat penerima informasi dari saraf sensorik yang menujuke serebrum, dan menjadi pusat pengeluaran informasi melalui saraf motoris yang meninggalkan serebrum. Ibarat pintu, talamus adalah pintu informasi bagi serebrum. Informasi dari semua indra diseleksi dalam talamus untuk segera dikirimkan ke pusat otak bagian atas untuk diinterpretasi lebih lanjut. Hipotalamus merupakan pintu serebrum yang mengatur emosi dan sikap tubuh di saat jaga (terbangun), juga mengatur penyesuaian tubuh terhadap lingkungan (homeostatis). Di dalam hipotalamus terkandung hormon pituitari posterior dan hormon pituitari inferior. Hipotalamus juga pengatur pusat lapar, haus, respons seksual, perilaku kawin, respons semangat hidup, dan rasa nikmat. Hipotalamus juga dapat mengatur jam biologis manusia.

Serebrum merupakan pusat integratif paling kompleks. Hampir semua pusat pengaturan tubuh dilakukan oleh serebrum. Banyak contohnya, seperti gerakan otot rangka, respons tubuh terhadap semuaindra, seperti penglihatan, pendengaran, penciuman, pengecapan,respons rasa sakit, dingin, panas, sentuhan, dan tekanan. Serebrum juga mengatur kemampuan berbicara, bahasa, perhitungan, dan proses pengolahan informasi yang cepat. Kemampuan-kemampuan tersebut diatur oleh belahan serebrum kiri. Belahan kanan mengatur persepsi melalui emosi dan bahasa serta tekanan suara, dan kreativitas.

b. SumsumTulang Belakang

Sumsum tulang belakang merupakan lanjutan atau kepanjangan dariotak. Seperti halnya otak, sumsum tulang belakang tersusun atas jaringan saraf, yaitu sel-sel saraf (neuron) dan sel-sel penyokongnya, yaitu neuroglia atau sel-sel glia. Sumsum tulang belakang terletak di bagian punggung, dilindungi dalam tulang-tulang belakang (vertebrata). Manusia memiliki33 vertebra, 7 di leher, 12 di daerah belakang dada, 5 di pinggang, 5 dipanggul, dan 4 tulang ekor.

PPG 2017

Sumsum tulang belakang memiliki bagian yang berwarna putih dan kelabu. Bagian kelabu membentuk huruf H, tersusun dari badan sel saraf, neuroglia, dendrit, dan serabut-serabut saraf. Karena tidak diselaputi mielin yang merupakan zat lemak, bagian ini berwarna kelabu. Bagian putih merupakan jalur serabut saraf (kumpulan neurit) yang bermielin. Sumsum tulang belakang berperan dalam koordinasi aktivitas tubuh, terutama yang berhubungan dengan aktivitas otonom.

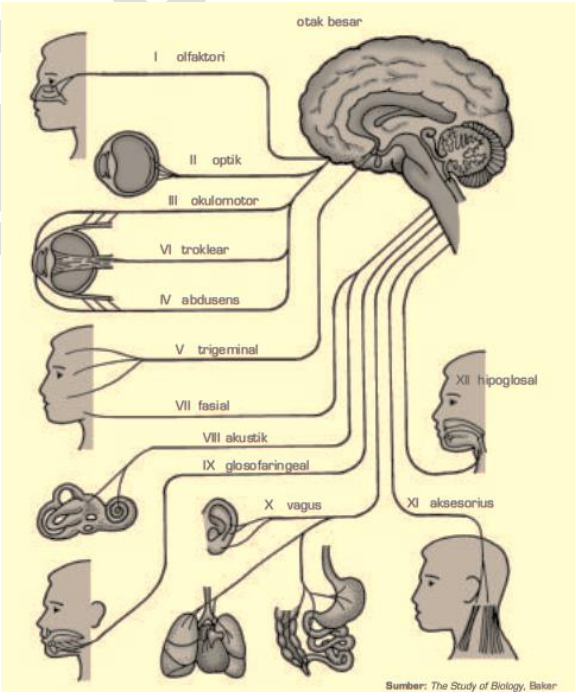
3. Saraf Tepi

Saraf tepi adalah sel-sel saraf yang terletak di luar pusat saraf. Terdapat diseluruh tubuh, baik otot, kelenjar, tulang, bahkan sel-sel tubuh. Saraf tepi adalah perluasan atau percabangan dari otak dan sumsum tulang belakang. Saraf tepi merupakan alat penyampai rangsang tubuh ke pusat saraf untuk direspons.

Ada tiga kelompok saraf tepi, yaitu: saraf kranial, saraf spinal, dan saraf otonom.

a. Saraf Kranial

Dua belas pasang saraf keluar dari permukaan belakang otak manusia,terdiri atas saraf sensorik dan saraf motorik. Dua belas pasang saraf kranialini menerima informasi dan mengendalikannya dalam bentuk aksi dari berbagai organ dan bagian-bagian kepala, di antaranya mata, telinga, hidung,lidah, dan wajah.



PIDG 2017

Tabel spesifikasi kerja neuron

No.	Nama Neuron	Jenis Neuron	Hal yang Diatur
I	olfaktorius	sensorik	penciuman
II	optikus	sensorik	Melihat
III	okulomotorus	motorik	Mengering
IV	troklearis	motorik	Mengunyah
V	trigeminus	motorik	menggerakkan bola mata
VI	abdusen	sensorik	sakit, tekanan, pedas dan suhu
VII	fasialis	motorik	menggerakkan bola mata
VIII	vestibuloakustikus	motorik	mimik muka
IX	glosofaringus	sensorik	Mengecap
X	vagus	sensorik	keseimbangan dan mendengar
XI	aksesorius	motorik	Menelan
XII	hipoglosus	sensorik	Mengecap

b. Saraf Spinal

Sumsum tulang belakang membentuk banyak pasangan saraf. Pada manusia terdapat 31 pasang saraf. Setiap pasang saraf keluar dari celah yang terbentuk antara 2 vertebra. Setiap pasang saraf ini merespons rangsang kegiatan tubuh, diluar daerah kepala. Seluruh saraf spinal merupakan gabungan saraf sensorik (aferen) dan motorik (eferen). Saraf spinal berhubungan dengan sistem kerja saraf otonom.

c. Saraf Otonom

Sistem saraf otonom disusun oleh kinerja saraf-saraf motorik yang terdapat pada sumsum tulang belakang dan beberapa saraf kranial yang mengatur gerakan-gerakan dalam tubuh, seperti gerakan otot jantung, gerakan otot-otot saluran pencernaan, dan sekresi hormon dan enzim oleh

kelenjar. Kamu dapat melihat secara lengkap sistem saraf otonom yang mengatur kerja organ-organ tubuh secara kinetis dan hormonal. Sistem saraf otonom bekerja di bawah kontrol saraf tak sadar. Ada dua macam sistem saraf otonom yang bekerja antagonis. Pertama, sistem saraf parasimpatetik, sel-sel sarafnya berasal dari sumsum tulang leher dan sumsum ruas terbawah tulang belakang. Kedua, sistem saraf simpatetik, sel-sel sarafnya keluar dari sumsum bagian tengah ruas-ruas tulang belakang. Pada umumnya, kedua sistem saraf otonom ini bekerja pada organ yang sama, misalnya, sistem simpatetik mengeluarkan hormon norepinephrin meningkatkan kecepatan denyut

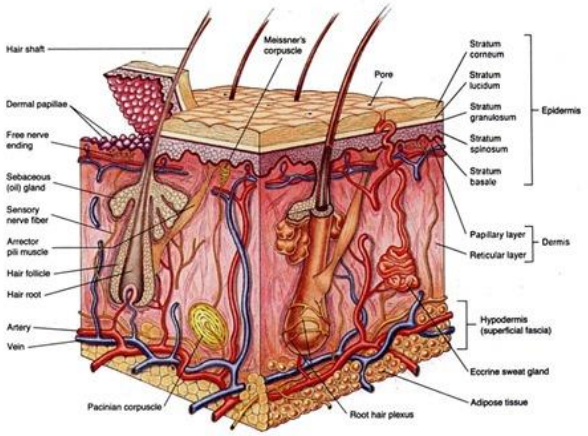
PLPG 2017

jantung, maka sistem parasimpatetik mengeluarkan hormon asetilkolin yang memperlambat denyut jantung akibat kerja hormon norepinephrin.

H. Alat Indra

1. Kulit (Indra Perasa)

Pada kulit manusia terdapat lima macam sel saraf sensoris yang berfungsi sebagai reseptor, yaitu penerima rangsang atau penerima informasi dari luar, antara lain reseptor untuk merasakan sentuhan, gerakan, tekanan, rasa sakit, dan suhu (panas dan dingin).



Gambar Struktur kulit manusia

a. Reseptor Sentuhan

Tampak pada Gambar reseptor sentuhan, yang disebut korpus kulus/badan meisner, terletak di bagian bawah lapisan epidermis. Letak reseptor ini tidak sama seperti yang ditemukan pada lidah atau ujung jari. Reseptor sentuhan dapat merasakan rangsang berupa tekanan ringan pada kulit sehingga impuls yang disampaikan keotak akan diterjemahkan berupa pesan untuk membedakan rasa halus, kasar, lunak,dan keras. Reseptor lain pada kulit, juga ditemukan pada pangkal rambut.

b. Reseptor Tekanan

Reseptor tekanan terdiri dari korpus kulus vater dan badan pacini. Reseptor tekanan merupakan ujung saraf yang letaknya di sebelah bagian dalam kulit yang disebut dermis.

c. Reseptor Rasa Sakit

Reseptor yang berfungsi untuk menerima rangsangan rasa sakit terdapat pada lapisan epidermis dan dermis.

d. Reseptor Suhu

Pada kulit tubuh manusia juga ditemukan reseptor untuk menerima pesan berupa rasa panas dan dingin. Reseptor ini disebut juga termoreseptor.

2. Lidah (Indra Pengecap)

Pada lidah manusia terdapat berbagai reseptor yang fungsinya berbeda-beda, seperti reseptor yang peka terhadap rasa sakit, sentuhan, dan mengecap berbagai rasa. Reseptor untuk menerima berbagai rasa pada lidah merupakan reseptor yangbersifat khusus. Pada lidah, reseptor-reseptor rasa itu disebut kuncup rasa yang merupakan reseptor yang sangat peka terhadap adanya rangsang yang berupa zat-zat kimia (kemoreseptor).

3. Hidung (Indra Pencium)

Di dalam rongga hidung bagian atas terdapat ujung-ujung sel saraf pembau. Ujung-ujung sel saraf pembau ini dilengkapi dengan rambut-rambut halus pada bagian ujungnya dan diliputi lapisan lendir sebagai pelembab.

4. Telinga (Indra Pendengar)

Sebenarnya apa yang kita sebut mendengar tidak lain adalah kemampuan selsaraf reseptor pada telinga untuk mendeteksi getaran yang biasa kita sebut suara.Getaran dapat ditangkap reseptor oleh telinga melalui udara.

a. Telinga Bagian Luar

Telinga bagian luar berfungsi menampung getaran dan meneruskannya ke telinga bagian tengah. Telinga bagian luar terdiri atas beberapa bagian, yaitu daun telinga(pinnae), saluran telinga luar (liang telinga), dan gendang telinga.

b. Telinga Bagian Tengah

Getaran yang berasal dari gendang telinga, disalurkan melalui telinga bagian tengah. Selain itu, telinga tengah juga berfungsi sebagai alat pengatur keseimbangan tubuh, seperti mengatur keseimbangan tekanan udara luar dan tekanan udara yang terdapat di dalam telinga.

PLPG 2017

Penerus getaran pada telinga bagian tengah adalah tulang-tulang pendengaran yang terdiri atas tulang martil (malleus), tulang landasan (incus), dan tulang sanggurdi(stapes). Getaran akan diteruskan oleh tulang sanggurdi ke telinga bagian dalam yang disebut jendela oval. Di samping ketiga macam tulang yang disebutkan tadi, didalam telinga bagian tengah terdapat saluran berisi udara yang berfungsi untuk menghubungkan telinga dengan rongga mulut. Saluran penghubung ini disebut saluran eustachius. Dengan adanya saluran eustachius ini, keadaan tekanan udara di dalam telinga dan tekanan udara luar dapat disetarakan.

c. Telinga Bagian Dalam

Pada telinga bagian dalam terdapat sederetan ruang dan saluran yang berisi cairan. Telinga bagian dalam ini terbagi menjadi dua bagian dengan fungsi yang berbeda.Pada bagian atas telinga dalam terdapat tiga saluran setengah lingkaran yang berfungsi untuk alat keseimbangan, sedangkan di bagian bawah telinga dalam terdapat saluran berupa rumah siput (koklea). Di dalam koklea terdapat sel-sel saraf sensoris yang dihubungkan ke otak oleh saraf pendengaran.

5. Mata (Indra Penglihatan)

Mata berfungsi sebagai alat pengenal warna maupun bentuk. Hal ini dimungkinkan dengan reseptor khusus cahaya yang disebut fotoreseptor. Setiap mata mempunyai suatu lapisan reseptor, yaitu lensa untuk memfokuskan cahaya pada reseptor cahaya, dan sel-sel saraf untuk menghantarkan impuls dari reseptor ke otak.

Nama Bagian Mata	Fungsi
Bintik buta	Daerah tempat saraf optik meninggalkan bagian dalam bola mata, tidak mengandung sel konus dan batang
Badan siliaris	Penyokong lensa, mengandung otot yang memungkinkan lensa berubah bentuk dan mensekresikan aqueous humor
Aqueous humor	Menyangga bentuk kantong depan bola (cairan bola mata) mata
Kornea (bintik kuning)	Bagian retina yang mengandung sel kerucut
Pupil	Pengendali ukuran pupil, sedangkan pigmennya mengurangi lewatnya cahaya
Konjungtiva	Pelindung kornea dari gesekan
Nama Bagian Mata	Fungsi

PPG 2017

Kornea	Memungkinkan lewatnya cahaya dan merefleksikan cahaya
Koroid	Mengandung pembuluh darah, penyuplai retina dan
Lensa	Untuk memfokuskan, dapat berubah-ubah bentuk (mencembung atau mencekung)
Retina	Mengandung sel batang dan kerucut
Sklera	Melindungi bola mata dari kerusakan mekanis dan memungkinkan melekatnya otot
Vitreous humor	Penyokong lensa dan menolong dalam menjaga bentuk bola mata

I. SISTEM ENDOKRIN

Sistem endokrin pada manusia dibangun oleh sejumlah kelenjar endokrin (kelenjar buntu) yang tersebar di tempat-tempat tertentu dalam tubuh. Kelenjar ini menghasilkan satu atau beberapa hormon yang bermuara langsung ke dalam pembuluh darah.

Hormon adalah senyawa organik yang dibuat di dalam tubuh oleh sel-sel tertentu, dibebaskan oleh kelenjar endokrin, diperlukan dalam jumlah yang sangat kecil, tetapi memiliki kemampuan kerja yang besar untuk memelihara fungsi normal tubuh (seperti homeostatis, reproduksi, metabolisme, dan tingkah laku

Di dalam tubuh manusia terdapat beberapa kelenjar endokrin, yaitu kelenjar hipotalamus, kelenjar hipofisis (hypofisis gland), kelenjar gondok (tiroid), kelenjar anak gondok (paratiroid), dan kelenjar anak ginjal (adrenal atau suprarenal). Selain itu, terdapat pula kelenjar pankreas (kelenjar langerhans), kelenjar kacangan (kelenjar timus), kelenjar endokrin pada usus dan lambung, serta kelenjar kelamin.

Kelenjar Hipofisis (pituitary) disebut juga **master** of **gland** atau kelenjar pengendali karena menghasilkan bermacam-macam hormon yang mengatur kegiatan kelenjar lainnya. Kelenjar ini berbentuk bulat dan berukuran kecil, dengan diameter 1,3 cm.

PLPG 2017

Kelenjar Endokrin	Hormon
Piluitari Lobus anterior Lobus tengah Lobus pasterior	Hormon pertumbuhan, ACTH Tirotropin, Gonadotropin Prolatin, LH, FSH Intermedin Vasopresin, Oksitosin
Pineal	Melatonin
Tiroid	Tiroksin, Kalsitonin
Paratiroid	Hormon paratiroid
Timus	Timosin
Lambung	Gastrin
Pankreas Pulau-pulau Langerhans	Insulin, Glukagon
Adrenal Korteks Medula	Berbagai kortikosteroid Adrenalin, Noradrenalin
Ginjal	Hipertensin
Usus halus	Sekretin
Kelenjar-kelenjar kelamin Ovarium (wanita) atau testis (pria)	Berbagai hormon kelamin

Gambar Kelenjar endokrin pada manusia

PLPG 2017

Soal Latihan REPRODUKSI PADA MANUSIA DAN HEWAN

1. Reproduksi seksual melibatkan dua individu yang masing-masing menyumbangkan satu sel reproduktif khusus yang disebut ....

a. gamet

b. zigot

c. embrio

d. oognesis

2. Testis merupakan alat reproduksi jantan. Alat ini berfungsi untuk menghasilkan ....

a. air seni dan sperma

b. sperma dan hormon

c. sperma, hormon, dan enzim

d. sperma

3. Proses peleburan antara sel sperma dengan ovum disebut ....

a. mitosis

b. penyerbukan

c. fertilisasi

d. meiosis

4. Pada manusia, fertilisasi terjadi di ....

a. ovarium

b. oviduk atau tuba fallopii

c. uterus dan ovarium

d. uterus

5. Spermatozoa manusia terbentuk di ....

a. vas deferens

b. tubulus seminiferus

c. testis

d. epididimis

6. Lepasnya sel telur dari folikel disebut ....

a. menstruasi

b. ovulasi

c. fertilisasi

d. singami

7. Pada saat terjadi kehamilan, janin akan melekat di ....

a. ovarium

b. oviduk

c. uterus

d. vas deferent

8. Spermatogenesis adalah ....

a. proses pembentukan sperma

b. dikeluarkannya sperma pada saat kopulasi

c. penghambatan keluarnya sperma

d. proses pembentukan sel telur atau ovum

9. Dalam spermatogenesis, satu buah spermatogonium menghasilkan .... buah sperma

a. 1

b. 2

c. 3

d. 4

10. Hormon pada pria, di antaranya adalah ....

a. hormon testosteron

b. hormon estrogen

c. hormon progesteron

d. hormon prolaktin

d. Soal Latihan

1. Hewan muda yang memiliki bentuk sama dengan hewan dewasa terdapat pada . . . .

a. kupu-kupu

b. nyamuk

c. katak

d. kecoak

2. Planaria yang putus tubuhnya akan membentuk organisme baru. Peristiwa ini disebut…

a. Degenerasi

b. Regenerasi

c. Organogenesis

d. Metamorphosis

3. Pernyataan yang benar tentang metamorphosis sempurna dan tidak sempurna adalah..

	Metamorfosis sempurna	**Metamorfosis tidak semprna**
a.	Telur-larva-imago	Telur-pupa-imago
b.	Telur-nimfa-imago	Telur-larva-imago
c.	Telur-larva-piupa-imago	Telur-nimfa-imago
d.	Telur-pupa-imago	Telur-nimfa-imago

4. Tipe regenerasi pada hewan yaitu, kecuali..

a. morfolaksis,

b. intermediet,

c. epimorfik

d. blastemik

5. pernyataan yang benar tentang regenerasi pada hewan tingkat rendah secara umum adalah...

a. tidak memiliki regenerasi

b. regenerasi terbatas pada jaringan

c. regenerasi hingga pada tingkat organ

d. regenerasi tidak dapat dilakukan sendiri, perlu adanya bntuan.

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017

MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN

BIOLOGI

BAB XIII

REPRODUKSI PADA HEWAN DAN MANUSIA

Dra. Ely Rudyatmi, M.Si.
Dra. Endah Peniati, M.Si.
Dr. Ning Setiati, M.Si.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

PLPG 2017

Kompetensi Inti Guru (KI)

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu

Kompetensi Guru Mata pelajaran (KD)

Memahami lingkup dan kedalaman biologi sekolah

A. EMBRIOGENESIS PADA HEWAN DAN MANUSA

Zigot hasil fertilisasi antara sel kelamin betina dan sel kelamin jantan membelah secara mitosis sampai pada bentuk terakhir saat embrio terdiri atas 32 sel dan disebut ***morula***. Morula kemudian menyerap cairan yang dikeluarkan oleh tuba fallopii, dan segera membentuk rongga blastosel dan disebut ***blastosit*****.** Lapisan terluar blastosit disebut ***trofoblas*****.** Blastosit ini bergerak ke uterus untuk mengadakan implantasi (perlekatan dengan dinding uterus). Selama proses ini, korpus luteum membentuk hormone progesteron untuk mengadakan persiapan implantasi dengan merangsang pertumbuhan dinding uterus. Dinding uterus menjadi tebal, lunak, dan lembut, serta mengeluarkan sekret seperti air susu (uterin milk) sebagai makanan embrio. Selanjutnya, dinding rahim atau endometrium akan membuat hormone progesteron sehingga mencegah terjadinya menstruasi. Setelah menjadi blastosit, zigot berkembang menjadi trofoblas, kemudian embrio dan akhirnya menjadi janin. Janin ini mendapat makanan dari tubuh induknya dengan perantaraan plasenta (ari-ari atau tembuni). Selaput pembungkus embrio terdiri atas amnion, korion, sakus vitelinus dan alantois.

B. ORGANOGENESIS PADA HEWAN DAN MANUSA

Tahapan Organogenesis:

1. Histogenesis

Tahap awal dari Organogenesis adalah Histogenesis. Histogenesis adalah suatu proses diferensiasi dari sel yang semula belum mempunyai fungsi menjadi sel yang mempunyai fungsi khusus. Dengan kata lain, histogenesis adalah differensiasi kelompok sel menjadi jaringan, organ, atau organ tambahan.

Setiap jaringan mengandung sekelompok sel yang sama. Sel jaringan ini sudah merupakan sel khusus, kecuali sel epitel dan jaringan ikat dipertimbangkan sebagai sel

PLPG 2017

kurang khusus jika dibandingkan dengan sel saraf atau otot. Bentuk umum dan struktur dari sel dimodifikasi selama perkembangan sehingga setiap jaringan mengandung sel dengan fungsi khusus. Ketiga lapisan benih akan mengalami spesialisasi selama periode ini dan karena itu, setiap lapis benih menghasilkan sel yang fungsional pada jaringan tempatnya berbeda. (Puja *et.al.* 2010)

2. Organogenesis (Morfogenesis)

Organogenesis adalah proses pembentukan organ tubuh atau alat tubuh, mulai dari bentuk primitif (embrio) hingga menjadi bentuk definitif (fetus). Fetus memiliki bentuk yang spesifik bagi setiap famili hewan. Artinya tiap bentuk fetus hewan memiliki ciri khas tersendiri yang mencerminkan spesiesnya.

Organogensis dimulai akhir minggu ke 3 dan berakhir pada akhir minggu ke 8. Dengan berakhirnya organogenesis maka cirri-ciri eksternal dan system organ utama sudah terbentuk yang selanjutnya embryo disebut fetus.

Organogenesis memiliki dua periode atau tahapan yaitu :

a. Periode pertumbuhan antara

Pada periode ini terjadi transformasi dan diferensiasi bagian–bagian tubuh embrio sehingga menjadi bentuk yang definitif, yang khas bagi suatu spesies.

b. Periode Pertumbuhan akhir

Periode pertumbuhan akhir adalah periode penyelesaian bentuk definitif menjadi suatu bentuk individu (pertumbuhan jenis kelamin, roman / wajah yang khas bagi suatu individu). Namun pada aves, reptil dan mamalia batas antara periode antara dan akhir tidak jelas. Organ yang dibentuk ini berasal dari masing-masing lapisan dinding tubuh embrio pada fase gastrula. Contohnya :

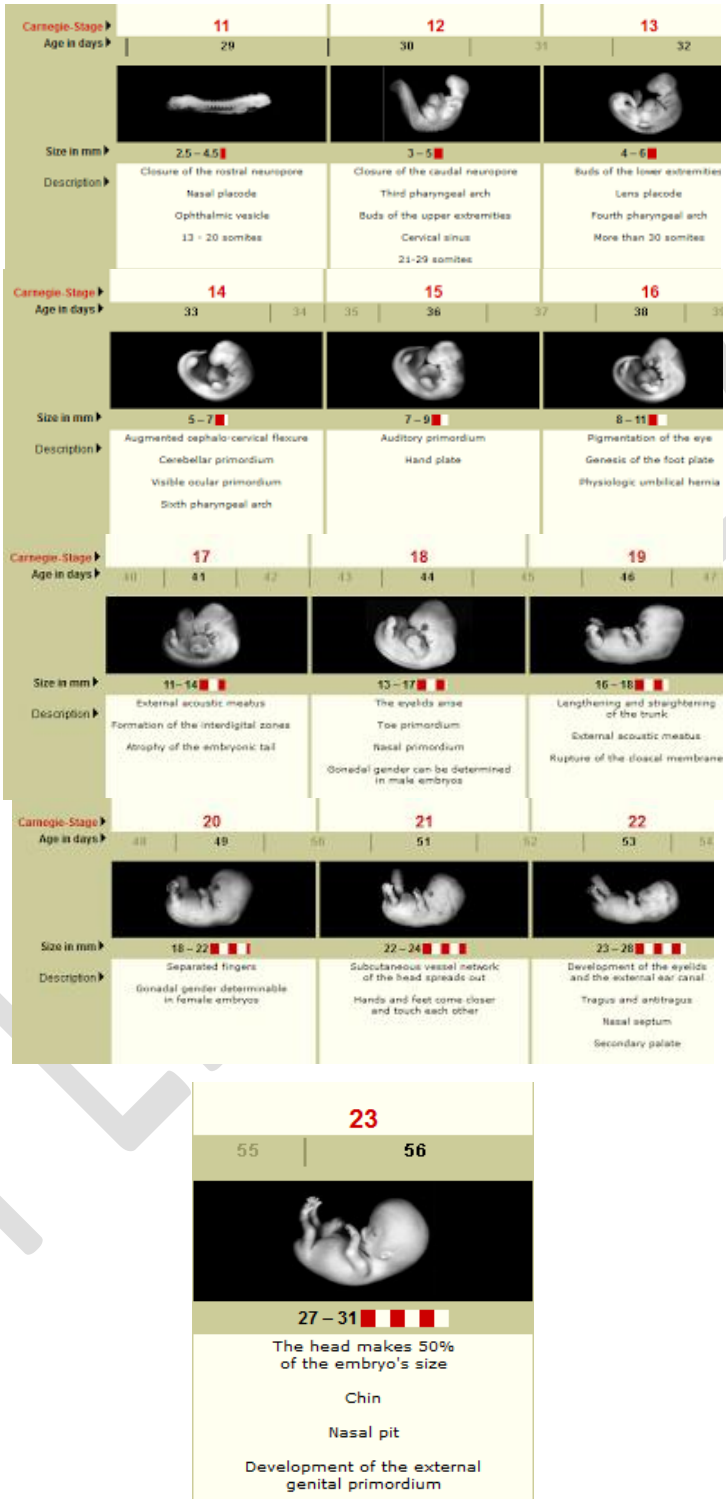
1). Lapisan Ektoderm akan berdiferensiasi menjadi cor (jantung), otak (sistem saraf), integument (kulit), rambut dan alat indera.

2). Lapisan Mesoderm akan berdiferensiasi menjadi otot, rangka (tulang/osteon), alat reproduksi (testis dan ovarium), alat peredaran darah dan alat ekskresi seperti ren.

3). Lapisan Endoderm akan berdiferensiasi menjadi alat pencernaan, kelenjar pencernaan, dan alat respirasi seperti pulmo. Imbas embrionik yaitu pengaruh dua lapisan dinding tubuh embrio dalam pembentukan satu organ tubuh pada makhluk hidup. Contohnya :

PLPG 2017

Lapisan mesoderm dengan lapisan ektoderm yang keduanya mempengaruhi dalam pembentukan kelopak mata.



Gambar 1. Tahapan organogenesis
http://www.embryology.ch/carnegie/carnegieen.html?number=18

3. Transformasi Dan Differensiasi

Pada akhir dari proses gastrulasi, lapisan benih telah berdiferensiasi, tetapi belum dapat berfungsi. Sel masih tidak berfungsi sampai pada proses diferensiasi khusus yang disebut *histological differentiation* atau *cytodifferentiation.* Hasil dari proses diferensiasi khusus ini adalah terbentuknya protein baru dalam sel. Protein khusus ini memungkinkan sel tertentu mampu berfungsi untuk hanya satu fungsi.

Transformasi dan diferensiasi bagian-bagian embrio bentuk primitif berupa :

a. Ekstensi dan pertumbuhan bumbung-bumbung yang terbentuk pada tubulasi.
b. Evaginasi dan invaginasi daerah tertentu setiap bumbung.
c. Pertumbuhan yang tak merata pada berbagai daerah bumbung.
d. Perpindahan dari sel-sel dari setiap bumbung ke bumbung lain atau ke rongga antara bumbung-bumbung.
e. Pertumbuhan alat yang terdiri dari berbagai macam jaringan, yang berasal dari berbagai bumbung.
f. Pengorganisasian alat-alat menjadi sistem : sistem pencernaan, sistem peredaran darah, sistem urogenitalia, dan seterusnya.
g. Penyelesaian bentuk luar (morfologi, roman) embrio secara terperinci, halus dan individual.

4. Proses morfogenesis

Bentuk dari organisme tergantung dari dua faktor, yaitu bentuk sel dan posisi relative dari sel tersebut. Jadi, morfogenesis terjadi pada beberapa tingkat, yaitu pada tingkat organisme, organ tubuh, jaringan organ, dan tingkat seluler. Karena itu, morfogenesis terjadi tidak hanya pada pembentukan organisme, tetapi juga pada pembentukan sel. Dengan kata lain, morfogenesis merupakan proses yang menyangkut perubahan pada tingkat sel dan supra seluler.

5. Lapisan Benih Ektoderm

Lapis benih ektoderm menghasilkan atau menumbuhkan bagian epidermal, neural tube, dan sel neural crest.

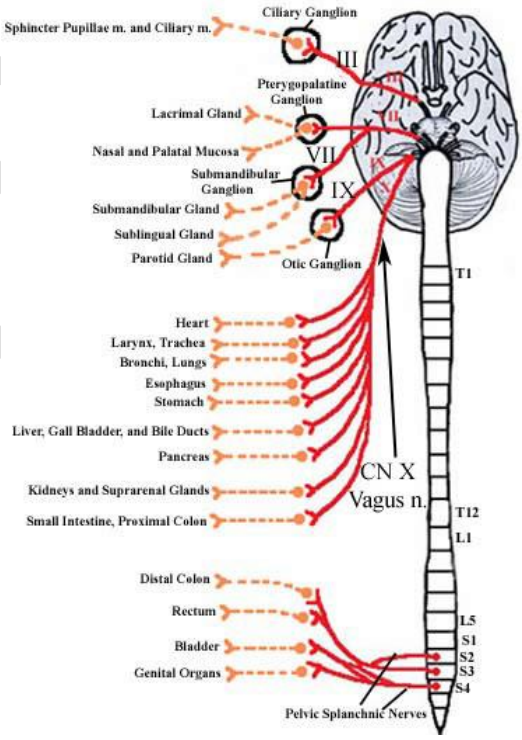
a. Epidermal ectoderm akan menumbuhkan organ antara lain : (1) lapisan epidermis kulit, dengan derivatnya yang seperti sisik, bulu, kuku, tanduk, cula, taji, kelenjar minyak bulu, kelenjar peluh, kelenjar lugak, kelenjar lendir, dan kelenjar mata., (2)

PLPG 2017

organ perasa sepertai lensa mata, alat telinga dalam, indra pembau, dan indra peraba, dan (3) epithelium dari rongga mulut (stomodium), rongga hidung, sinus paranasalis, kelenjar ludah, dan kelenjar analis (proctodeum).

b. Neural tube akan menumbuhkan organ antara lain : otak, spinal cord, saraf feriper, ganglia, retina mata, beberapa reseptor pada kulit, reseptor pendengaran, dan perasa, neurohifofisis.
c. Neural crest akan menumbuhkan organ antara lain : neuron sensoris, neuron cholinergik, sistem saraf parasimpapetik, neuron adrenergic, sel swann dan ginjal, sel medulla adrenal, sel para folikuler kelenjar tyroid, sel pigmen tubuh, tulang dan yang lainnya.

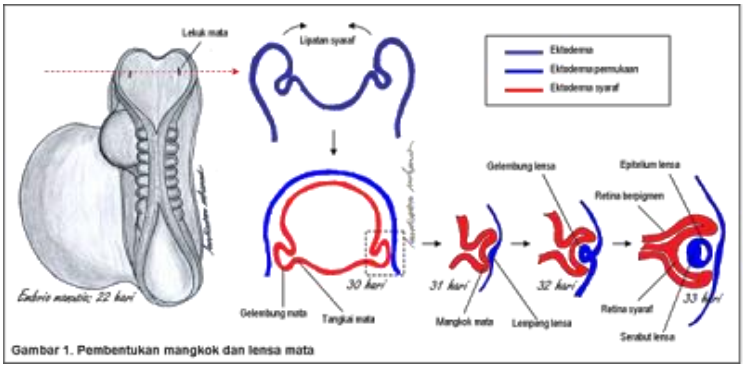
Sistem saraf terdiri atas sistem sistem saraf pusat (SSP) dan sistem saraf tepi (perifer), yaitu system saraf kranial, spinal, dan autonom. SSP berasal dari bumbung neural yang dihasilkan oleh proses neurulasi. Bumbung neural beserta salurannya (neurosoel) berdiferensiasi menjadi otak dan medulla spinalis (sumsum tulang belakang: STB) Saluran di dalam otak terdiri atas 4 ventrikel dan di dalam STB sebuah kanalis sentralis (Gambar 2).



Gambar 2. Sistem saraf manusia

Otak embrio mula-mula terdiri atas 3 wilayah: 1) prosensefalon, 2) mesensefalon, 3) rombensefalon. Kemudian, otak berkembang menjadi 5 wilayah yaitu prosensefalon berkembang menjadi (1) telensefalon (bakal serebrum) dan (2) diensesefalon. Adapun mesensefalon tetap sebagai mesensefalon (3) Sementara itu, rombensefalon berkembang menjadi (4) metensefalon (bakal serebelum) dan (5) mielensefalon (bakal PonsVarolii dan medula oblongata atau batang otak). Saluran di dalam telensefalon (telosoel) lateral kiri dan kanan ialah ventrikel I dan ventrikel II. Ventrikel III adalah telosoel median dan diosoel. Ventrikel IV ialah metasoel dan mielosoel. Mesosoel tidak membentuk ventrikel, dan disebut duktus Sylvius. Dinding SSP awalnya ialah neuroepitelium yang merupakan sumber sel-sel saraf dan neuroglia. Kemudian, neuroepitelium pada batang otak dan STB akan terdiri atas lapisan ependum/ventricular (yang membatasi lumen), mantel (materi kelabu), dan marginal (materi putih) Materi kelabu (mengandung banyak sel saraf dan neuroglia) dan materi putih (berisi banyak akson bermielin) padaotak anterior dari batang otak, letak kedua materi itu kebalikan dari kedudukannya di dalam STB

Hipofisis dibentuk dari 2 komponen, yaitu kantung Rathke (dari stomodeum) dan infundibulum (dari diensefalon), masing-masing menjadi lobus anterior dan lobus posterior dari hipofisis. Lobus intermedia terletak pada perbatasan kantung Rathke bagian posterior dengan infundibulum. Tiap lobus menghasilkan hormon yang berbeda. Pembentukan organ indera ditandai dengan adanya penebalan (plakoda) pada ektoderm yang berhadapan dengan otak. Plakoda nasal (olfaktorius), plakoda optik, dan plakoda otik (auditorius) masing-masing berhadapan dengan telensefalon, diensefalon, dan mielensefalon. Selain berasal dari plakoda optik (bakal lensa), mata berasal juga dari bagian diensefalon, yaitu vesikula optik (bakal retina) Bakal telinga yang mulai dibentuk adalah bakal telinga dalam yang berasal dari plakoda otik, baru kemudian bakal telinga tengah, dan terakhir bakal telinga luar (bagi hewan yang memiliki daun telinga atau pina).



Gambar 3. Pembentukan alat optik

6. Lapisan Benih Mesoderm

Lapisan benih mesoderm akan menumbuhkan notochord, epimer, mesomer dan hypomer. Notochord umumnya berkembang dengan baik pada amphioxus, sedangkan pada vertebrata menumbuhkan sumsum tulang belakang. Epimer akan berkembang menjadi dermatome (dermis kulit), sklerotome (sumsum tulang), dan myotom (otot kerangkang). Mesomer akan berkembang menjadi organ pengeluaran seperti ginjal dan urethra, ovarium dan testis serta saluran genital dan korteks adrenalis. Hypomere akan berkembang menjadi somatopleura (peritoneum), splanchnopleura (masentrium, jantung, sel darah, sum – sum tulang, pembuluh darah) dan coeclon (rongga tubuh).

a. Epimere

Bagian sclerotome memisahkan diri dari somit berupa sekelompok sel mesenkim, pindah ke median mengelilingi notochord dan ke dorsal mengelilingi bumbung neural. Kelompok sel mesenkim ini membentuk vertebrae yang menyelaputi notochord dan bumbung neural.

Somit kemudian kembali menyusun diri menjadi bumbung yang terdiri dari 2 bagian, yaitu Dermatome (sebelah luar) dan Myotome (sebelah dalam). Rongganya disebut myocoel sekunder.

Dermatome menghasilkan mesenkim yang akan berpindah ke bawah epidermis membentuk lapisan dermis.

Mesomere dibedakan atas 2 daerah, yaitu Genital ridge (mengandung sel-sel untuk membina gonad) dan Nephrotome (tumbuh menjadi ginjal dan saluran-salurannya)

b. Hypomere

Somatic mesoderm dan splanchnic mesoderm akan menumbuhkan :

1) Kantung insang (branchial pouches) di daerah pharynx foregut. Kantung-kantung insang itu berpasangan, dibina oleh endoderm sebelah dalam, ectoderm sebelah luar, dan mesoderm di tengah.
2) Selaput rongga tubuh dan alat dalam : pericardium, pleura, peritonium, mesenterium. Semua selaput ini terdiri dari sel sel epitel gepeng disebut mesothelium, serta jaringan pengikat.

PPG 2017

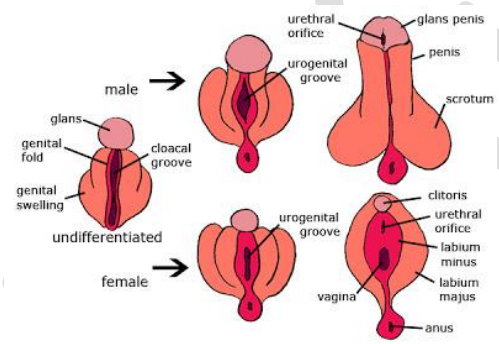
Splanchnic mesoderm sendiri di daerah jantung membina epimyocardium, serta mesocardium yang merupaka selaput penggantung jantung. Somatic mesoderm sendiri menumbuhkan lapisan dermis kulit di daerah lateral dan ventral embrio.(Yatim *et al.1984*)

Turunan mesoderm dibagi menjadi 5 daerah:

1) Kordameseoderm : Membentuk notochord (sumbu tubuh)
2) Mesoderm Dorsal (Paraksial) : Membentuk jaringan ikat tubuh, tulang otot, tulang rawan, dan dermis.
3) Mesoderm Intermediet : Membentuk system urogenital
4) Mesoderm Lateral : Membentuk system sirkulasi, permukaan rongga tubuh, dan komponen anggota tubuh.
5) Mesoderm Kepala : Membentuk otot pada wajah/muka.

c. Organogenesis Urogenital

Organ-organ turunan mesoderm, di antaranya ialah ginjal dan gonad beserta saluran-salurannya, jantung dan pembuluh darah, anggota badan, dan vertebra. Terdapat tiga macam ginjal, berdasarkan kesempurnaan perkembang-annya yaitu pronefros, mesonefros, dan metanefros. Kepemilikan jenis-jenis ginjal ini sejalan dengan derajat tingginya hewan.



Gambar 4. Pembentukan urogenital

Selama perkembangan embrio suatu hewan, ginjal yang lebih primitif dari ginjal definitifnya selalu atau pernah dimilikinya meskipun hanya sebentar dan mungkin tidak berfungsi, melainkan akan berdegenerasi dan bersamaan dengan itu ginjal yang lebih maju terbentuk posterior dari yang pertama. Komponen ginjal ialah jaringan nefrogenik yang berasal dari mesoderm intermedier yang perkembangannya diinduksi oleh saluran nefros.

Ginjal yang paling sempurna adalah metanefros, terletak paling posterior. Ginjal ini dibentuk sebagai hasil induksi resiprokal antara tunas metanefros (tunas ureter)

dengan jaringan metanefrogenik yang menghasilkan unit-unit nefron. Tunas metanefros awalnya merupakan cabang dari saluran mesonefros, tetapi kemudian memisahkan diri. Gonad berasal dari mesoderm splanknik dekat mesonefros (mesoderm intermedier) berupa pematang genital (epitel germinal), yang akan terdiri dari korteks pada bagian luar dan medula di bagian dalam. Terdapat tahap indiferen sebelum terdiferensiasi menjadi testis atau ovarium. Pada tahap ini terdapat saluran Wolff, bakal vasa deferensia, dan juga saluran Muller, bakal oviduk. Dari epitel germinal dibentuk pita-pita seks primer ke dalam medula.

Pada bakal testis, pita seks berkembang pesat di dalam medula sebagai pita medula (pita testis) yang menjadi terpisah dari epitel germinal, dibatasi oleh tunika albuginea. Pita medula adalah bakal tubulus seminiferus, terdiri atas sel-sel kelamin dan sel Sertoli. Sel-sel medula lainnya menjadi sel Leydig. Korteks tetap tipis, sedangkan medula tebal. Saluran Müller berdegenerasi, sedangkan saluran Wolff menjadi vasa deferensia.(Yohana *et al.*2007).

7. Lapisan Benih Endoderm

Lapis benih ini akan menumbuhkan beberapa sel seperti, epithelium saluran pencernaan dan derivatnya seperti hati, pancreas, vesika urinaria. Lapis benih juga menumbuhkan sel epitel saluran pernapasan, saluran perkencingan, dan beberapa kelenjar endokrin seperti tyroid dan parathyroid.

Organ-organ turunan endoderm yang utama adalah saluran pencernaan makanan (SPM) dan kelenjar- kelenjarnya, serta paru-paru dan saluran respiratori (pernapasan) Selain itu, beberapa kelenjar endokrin berasal dari endoderm juga. Pembentukan SPM diawali dengan terbentuknya arkenteron, yang pada anamniota dari awal sudah berbentuk rongga yang akan membentuk saluran. Pada amniota, saluran baru terbentuk melalui pelipatan-pelipatan splanknopleura di bagian anterior, posterior, dan lateral. Di bagian tengah saluran, terdapat bagian yang terbuka yaitu pada tangkai yolk yang menghubungkan saluran dengan kantung yolk.

SPM terbagi menjadi wilayah usus depan, usus tengah, dan usus belakang. Usus depan akan menjadi faring, esofagus, lambung, dan duodenum anterior. Usus tengah adalah bakal duodenum posterior dan sebagian dari kolon. Usus belakang ialah bakal

PLPG 2017

kolon dan rektum. Lubang mulut terdapat di ujung anterior usus depan, dari pertemuan ektoderm stomodeum dengan endoderm faring yang kemudian pecah membentuk lubang mulut Ektoderm stomodeum masuk ke dalam rongga mulut. Oleh karena itu, epitel rongga mulut adalah ektoderm. Hal yang sama terjadi di bagian kaudal, epitel rongga anus atau rongga kloaka adalah ektoderm yang berasal dari ektoderm proktodeum.

Faring memperlihatkan banyak derivat yaitu evaginasi laterad berupa kantung faring yang selengkapnya ada 6 pasang. Pada kantung faring bagian distal terdapat bakal tonsil, timus dan paratiroid. Bakal tiroid berupa divertikulum, tampak medioventral dari faring. Kantung faring nomor 2 adalah saluran timpani bagian telinga. Kantung faring bertemu dengan lekukan ektoderm bermesoderm yaitu lekuk/celah faring (viseral), yang dibatasi oleh lengkung faring ke arah anterior dan posterior. Lengkung faring 1 adalah lengkung mandibula, yang kedua ialah lengkung hioid. Celah di antara kedua lengkung itu ialah celah hiomandibula. Lengkung III dan seterusnya adalah lengkung insang. Derivat-derivat SPM lainnya keluar dari medioventral usus depan ialah laringotrakea, hati, pankreas ventral dan pankreas dorsal. Dari pangkal divertikulum hati, dibentuk kantung empedu dengan duktus sistikus. Divertikulum hati bercabang-cabang membentuk pita-pita hati dan duktus hepatikus. Duktus hepatikus bertemu dengan duktus sistikus membentuk saluran empedu (ductus choledochus) yang bermuara di dalam duodenum. Kedua bakal pankreas (ventral dan dorsal) bergabung di bagian dorsal dan berdiferensiasi, sampai terjadi sitodiferensiasi. Saluran pankreas bermuara di dalam duodenum Pankreas berdiferensiasi membentuk bagian eksokrin dan bagian endokrin (pulau Langerhans) Hasil sitodiferensiasi ialah terbentuknya berbagai sel khusus di dalam pulau Langerhans. Masing-masing sel khusus (A, B, dan C) menghasilkan hormon tertentu, misalnya hormon glukagon dan hormon insulin yang masing-masing dihasilkan oleh sel A dan sel B.

Divertikulum laringotrakea tumbuh ventroposteriad dan bercabang dua (bifurkasi) menjadi bronkus ekstrapulmonalis. Ujung percabangan selalu menggelembung yaitu bakal paru-paru. Selanjutnya, percabangan berlangsung beberapa generasi menghasilkan bronkus intrapulmonalis, bronkiolus, sampai ke terminal percabangan yaitu alveolus-alveolus. Semua percabangan intrapulmonalis akan diselaputi oleh mesoderm yang mengisi ruang antarcabang-cabang membentuk paru-paru. Paru-paru terdiri atas 3 lobus

PLPG 2017

sebelah kanan dan 2 lobus sebelah kiri. Paru-paru merupakan organ yang paling akhir berfungsi, yaitu saat lahir/menetas. Agar alveoli tidak lengket satu sama lain sehingga tidak collapse, dihasilkan senyawa surfaktan oleh sel-sel alveoli, yang mengatur tegangan permukaan.

8. Organogenesis Pada Bumbung-Bumbung (Tubulasi)

Tubulasi adalah pertumbuhan yang mengiringi pembentukan gastrula atau disebut juga dengan pembumbungan. Daerah-daerah bakal pembentuk alat atau ketiga lapis benih ectoderm, mesoderm dan endoderm, menyusun diri sehingga berupa bumbung, berongga. Yang tidak mengalami pembumbungan yaitu notochord, tetapi masif. Mengiringi proses tubulasi terjadi proses differensiasi setempat pada tiap bumbung ketiga lapis benih, yang pada pertumbuhan berikutnya akan menumbuhkan alat (organ) bentuk definitif.

Bersamaan dengan tubulasi ectoderm saraf juga terjadi differensiasi awal pada daerah-daerah bumbung itu, bagian depan tubuh menjadi encephalon (otak) dan bagian belakang menjadi medulla spinalis bagi bumbung neural (saraf). Pada bumbung endoderm terjadi differensiasi awal saluran atas bagian depan, tengah dan belakang. Pada bumbung mesoderm terjadi differensiasi awal untuk menumbuhkan otot rangka, bagian dermis kulit dan jaringan pengikat lain, otot visera, rangka dan alat urogenitalia.

a. Bumbung *Epidermis*

Menumbuhkan :

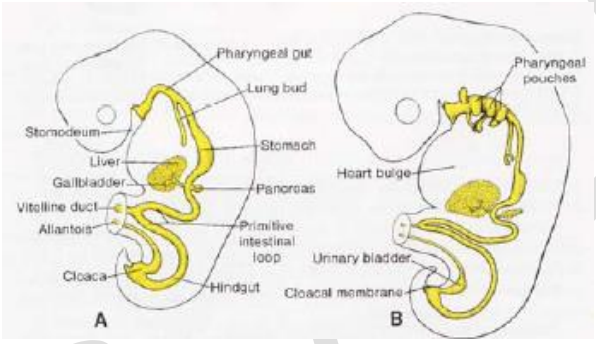
1) Lapisan epidermis kulit, dengan derivatnya yang bertexture (susunan kimia) tanduk : sisik, bulu, kuku, tanduk, cula, taji.
2) Kelenjar-kelenjar kulit : kelenjar minyak bulu, kelenjar peluh, kelenjar ludah, kelenjar lendir, dan kelenjar air mata.
3) Lensa mata, alat telinga dalam, indra bau dan indra raba.
4) Stomodeum menumbuhkan mulut, dengan derivatnya seperti lapisan enamel (email) gigi, kelenjar ludah, dan indra kecap.
5) Proctodeum, menumbuhkan dubur bersama kelenjarnya yang menghasilkan bau tajam.

PLPG 2017

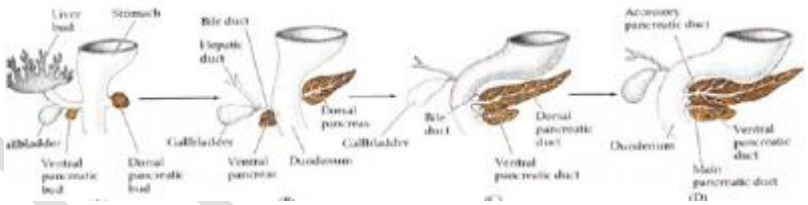
b. Bumbung *Endoderm (metenterom)*

Menumbuhkan :

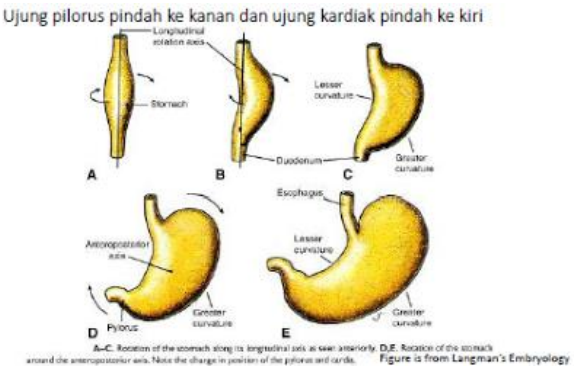
1) Lapisan epitel seluruh saluran pencernaan sejak pharynx sampai rectum.
2) Kelenjar-kelenjar pencernaan : hepar, pancreas, serta kelenjar lendir yang mengandung enzim dalam oesophagus, gaster dan intestinum.
3) Lapisan epitel paru atau insang.
4) Cloaca yang menjadi muara ketiga saluran : pembuangan (ureter), makanan (rectum), dan kelamin (ductus genitalis).
5) Lapisan epitel vagina, uretra, vesica urinaria, dan kelenjar-kelenjarnya.



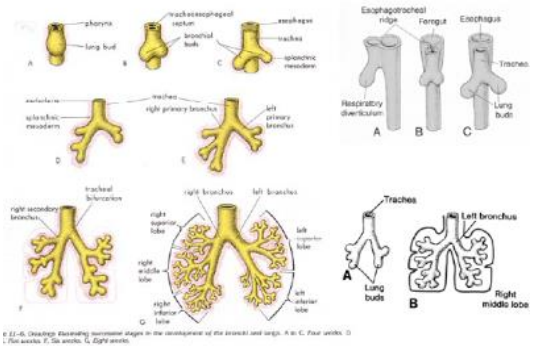
Gambar 5. Perkembangan saluran pencernaan



Gambar 6. Perkembangan Hati, Empedu, dan Pankreas



Gambar 7. Perkembangan Lambung



Gambar 8. Perkembangan Paru-paru

c. Bumbung Neuran (saraf*)*

Menumbuhkan :

1) Otak dan sumsum tulang belakang
2) Saraf tepi otak dan punggung
3) Bagian persarafan indra, seperti mata, hidung, dan raba
4) Chromatophore kulit dan alat-alat tubuh yang berpigmen.

d. *Bumbung mesoderm*

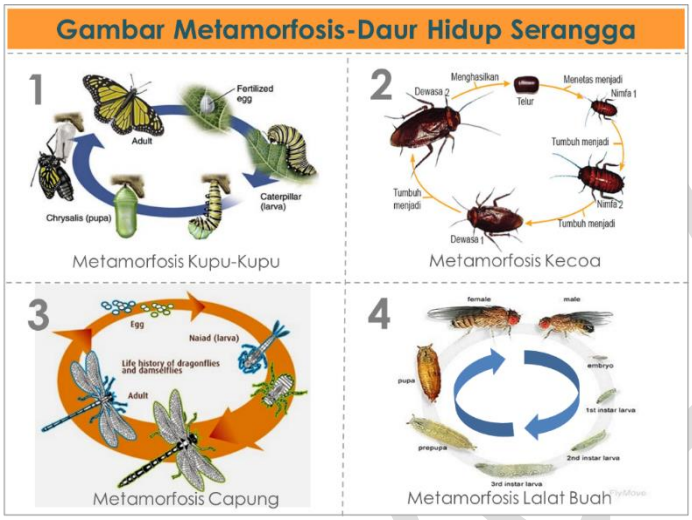
Menumbuhkan banyak ragam alat :

1) Jaringan pengikat dan penunjang
2) Otot : lurik, polos, dan jantung
3) Mesenchyme yang dapat berdiferensiasi menjadi berbagai macam sel dan jaringan. (sedikit ada juga mesenchyme sesungguhnya dari bumbung ectoderm epidermis)
4) Gonad, saluran serta kelenjar-kelenjarnya
5) Ginjal dan ureter
6) Lapisan otot dan jaringan pengikat (tunica muscularis, tunica adventitia, tunica muscularis mucosa dan serosa) berbagai saluran dalam tubuh, seperti pencernaan, kelamin, dan pembuluh darah.
7) Lapisan rongga tubuh dan selaput-selaput berbagai alat pleura, pericardium, peritonium, dan mesenterium.

PLPG 2017

C. METAMORFOSIS

Metamorfosis diartikan sebagai perubahan bentuk dan struktur dari larva ke dewasa. Proses perbuahan tersebut terjadi karena perubahan fungsi. Pada tingkat sel, metamorfosis terjadi pada spermiogenesis. Pada tingkat organisme terjadi pada Avertebrata maupun Vertebrata. Yang menarik perhatian pada insekta dan Ampfibia.



Gambar 9. Bentuk metamorfosis pada Insekta

Tabel. Contoh bentuk-bentuk larva pada berbagai jenis binatang

No.	Nama larva	Jenis binatang (phylum / Classis)
1	Amphi blastula	Porifera
2	Planula	Coelenterata
3	Larva Muller	Cacing pipih
4	Trochophore	Mollusca
5	Nauplius	Crustacea
6	Ulat/nympha	Insekta
7	Pluteus /Bipinaria	Echinodermata
8	Tornaria	Hemi chordata
9	Lepto cephalus	Pisces
10	Berudu	Amphibia

Pada Amphibia (Urodela) dikenal metamorfosis sekunder yang pada musim reproduksi Salimandra masuk ke air untuk bertelur. Pada serangga dikenal

hipermetamorfosis yang perubahan bentuk dan struktur yang disesuaikan dengan perilaku. Contoh hipermetamorfosis pada larva yang biasa menjadi larva yang parasit padaHemiptera.

Proses metamorfosis menyangkut perubahan struktural (perubahan populasi organela), kemudian sel, pergantian / resorbsi sel, penyusunan kembali sel / jaringan, pergantian organ. Antara metamorfosis serangga dengan Vertabrata terdapat perbedaan prinsip. Sel dan jaringan serangga mengalami reorganisasi dan membentuk zat baru seperti pada kulit Chitin. Sel dan jaringan / organ Vertabrata sebagian mengalami pergantian misalnya pada kulit anak katak merupakan derivat dari lapis germinativum, bukan merupakan proliferasi dari sel epitel kulit berudu. Baik metamorfosis serangga maupun Amphibia distimulasi oleh hormon atau enzim-enzim yang terbentuk pada waktu metamorfosis.

a. Metamorfosis serangga

Perkembangan pada embrio insekta ada 3 pase yaitu Ametabola pada insekta tidak bersayap; hemimetabola (metamorfosis tak sempurna, lewat pase nympha) dan holometabola (metamorfosis sempurna,). Pada hemimetabola terjadi perkembangan sayap dan gonade pada ekdisis 1-5. Contoh pada Orthoptera, Hemiptera dan Homoptera. Holometabola terjadi kepompong yaitu pada Lepidoptera dan Diptera, lalat buah ; Drosophyla.

metamorfosis serangga dikendalikan oleh hormon. Antara sistem saraf dan hormon terjadi koordinasi dalam proses metamorfosis. Otak atau ganglion mengeluarkan neurosekresi untuk memacu kelenjar sehingga menghasilkan hormon atau enzim yang akhirnya mempengaruhi sel/organ target, sistem yang tersangkut yaitu otak ganglion ventral (penghasil prothoracicotropic hormon/brain hormone) dan corpus cardiaca (organ neuro-humoral), corpus allatum penghasil hormon juvenil, kelenjar prothorax penghasil ecdyson (moulting hormone). Mekanisme kerja dari sistem yang terkait diperankan oleh hormon dari otak. Hormon juvenil mempertahankan kehidupan larva. Sekresi hormon otak dapat mempengaruhi kelenjar prothorax sehingga menghasilkan ecdyson. Sementara itu kadar hormon juvenil menurun.

Hormon ecdyson dapat mempengaruhi sel epidermis di bawah khitin menghasilkan enzim yang melisiskan lapisan chitin (apolisis). Oleh karena itu terjadi

pemisahan antara chitin dan sel epidermis, kemudian sel epidermis mensintesis chitin baru yang masih lunak sebagai pengganti chitin yang sudah rapuh. Tekanan hidrostatik cairan tubuh menyebabkan chitin lama pecah di bagian dorsal kepala. Pecah makin memanjang di bagian dorsal, badan yang baru muncul sedikit demi sedikit akhirnya muncul sampai duri-duri baru pada kaki.

b. Metamorfosis pada Amphibia

Metamorfosis Amphibia dikenal sebagai perubahan bentuk berudu menjadi anak katak. Yang dapat diamati secara langsung yaitu pertumbuhan kaki dan hilangnya ekor. Lama kehidupan larva Amphibia bervariasi dari satu bulan sampai dua tahun. Larva Bufo selama 1 bulan, Hyela 2 bulan, Rana cancrivora 3 bulan, Rana clamitara 1 tahun, Rana catesbiena 2 tahun.

Metamorfosis terjadi karena penyesuaian lingkungan hidup dari air ke darat. Oleh karena itu terjadi perubahan sistem organ tubuh untuk menyesuaikan terhadap lingkungannya. Antara lain terjadi perubahan sistem pernafasan dari insang ke paru-paru, ekskresi dari pronefros ke mesonefros, sistem saraf: linea lateralis kemudian hilang; sistem pencernaan : dari herbivora menjadi carnivora dan sebagainya. Proses metamorfosis secara bertahap yaitu premetamorfosis, prometamorfosis, metamorfosis dan postmetamorfosis. Kecepatan metamorfosis dipengaruhi oleh temperatur, makanan dan pengaruh hormon.

Metamorfosis Amfibia dikendalikan oleh hormon tiroksin. Besar kecilnya kadar troksin diekspresikan dalam tahapan metamorfosis. Pengaturan skresi tiroksin dilakukan oleh poros hipothalamus-hipofisis-kelenjar tiroid. *Thyrotropin Releasing Hormon* (TRH) dari hipothalamus mempengaruhi sekresi*Thyroid Stimulating Hormon* (TSH) dari hipofise. TSH mempengaruhi pertumbuhan dansekresi kelenjar tiroid untuk menghasilkan hormon tiroksin. Kadar tiroksin paling kecilmenstimulasi pembentukan kaki belakang. Bila kadar tiroksin meningkat sedikitmempengaruhi resorbsi intestinum. Kadar meningkat lagi mempengaruhi pembentukankaki depan. Kadar paling tinggi menyebabkan pembentukan resorbsi ekor Percobaan untuk membuktikan peranan tiroid yaitu dilakukan thyroidectomi; maka metamorfosis tidak terjadi. Sebaliknya bila larva dipelihara dalam lingkungan tiroksin, maka metamorfisislebih cepat, tetapi tidak sempurna karena

PLPG 2017

pertumbuhan kaki tertinggal. Selain tiroksin,hormon yang terkait dalam metamorfosis yaitu prolaktin dari adenohipofisis. Prolaktin sebagai imbangan tiroksin. Bila pengaruh tiroksi terlalu kuat maka ditahan oleh *prolaktin*(sebagai antimetamorfosis). Tiroksin tinggi menyebabkan banyak kehilangan air,sedangkan prolaktin menghambat kehilangan air. Interaksi tiroksin-prolaktin menyebabkanmetamorfosis sekunder pada salamandra.

Pada metamorfosis terjadi regresi organ larva dan perkembangan organ dewasa. Organ yang mengalami regresi antara lain : insang, intestinum dan ekor. Organ yang mengalami perkembangan yaitu : paru-paru, anggota badan, kulit dan alat ekskresi. Serum (hemoglobin) mengalami perubahan dari fungsi pengikat O terlarut dalam air menjadi pengikat O dari udara. Regresi jaringan dengan cara antolesis, sedangkan perkembangan terjadi secara diferensiasi.

Sistem pencernaan, integumentum, pernafasan, dan ekskresi mengalami spesialisasi.

Sistem pencernaan. Sebagai herbivora, berudu bergigi tanduk, intestinum panjang, pancreas sebagai eksokrin. Pada waktu metamorfosis gigi tanduk tanggal. Intestinum menjadi lebihpendek karena sebagian besar sel-selnya mengalami resorbsi. Sel baru berasal darilapisan basal menggantikan sel yang sudah degenerasi.

Sistem integumentum. Kulit berudu terdiri dari lapisan epitel yang sederhana, tidak banyak sel yang menyusun. Setelah metamorfosis sel-sel yang menyusun kulit menjadi kompleks dan banyak jenis sel yang menyusun, diantaranya sebagai sel kelenjar.

Sistem pernafasan. Insang mengalami degenerasi karena pengaruh tiroksin. Sedangkan kuntum paru-paru mengalami proliferasi dan diferensiasi membentuk alveolus.Ada kalanya saat pergantian sistem ini sebagai masa kritis bila yang mengalami regresi sudah lanjut tetapi alat baru belum berkembang.

Sistem ekskresi. Alat ekskresi larva semua sebagai pronefros dan mengalami degenerasi. Mesonefros berkembang menggantikan prenefros. Anggota badan Kaki terbentuk dan berkembang karena stimulasi dari tiroksin. Diferensiasi kuntum kaki dipengaruhi oleh kadar tiroksin yang tidak terlalu tinggi.

D. REGENERASI

Semua organisme memiliki respon biologis terhadap kerusakan, tetapi kemampuan mereka untuk pulih bervariasi. Mamalia memiliki beberapa sistem organ

yang mampu beregenerasi seperti darah dan hati, tetapi berbeda dibandingkan dengan amfibi dan ikan teleostei, yang memiliki kapasitas untuk meregenerasi organ yang rusak termasuk hati, sumsum tulang belakang, retina, dan anggota badan atau sirip (Han et al., 2013). Hewan memiliki kemampuan untuk memperbaiki kerusakan-kerusakan bagian tubuh secara ekstensif baik akibat kecelakaan pada kondisi alamiah maupun akibat disengaja dalam suatu percobaan melalui proses regenerasi.

Kerusakan yang diperbaiki itu mungkin berupa pemulihan kerusakan akibat hilangnya bagian tubuh utama, seperti anggota badan biasanya hanya berupa penggantian kerusakan-kerusakan yang terjadi dalam proses fisiologi (Lukman, 2009).

Regenerasi merupakan proses pembentukan kembali jaringan dan organ yang hilang setelah proses perkembangan tubuh dan diferensiasi sel-sel telah selesai (Nakatani et al., 2008). Ada tiga tipe regenerasi yaitu regenerasi morfolaksis, intermediet, dan epimorfik. Regenerasi pada sirip ikan digolongkan sebagai regenerasi epimorfik.

Tipe regenerasi ini ditandai dengan pembentukan epidermis penutup luka, pembentukan blastema pluripoten, diferensiasi blastema, sintesis dan deposisi matriks ekstra seluler dan pertumbuhan serta restorasi morfologi (Nakatani et al., 2008; Shao et al., 2009). Menurut Lukman (2009) regenerasi morfolaksis yakni suatu proses perbaikan yang melibatkan reorganisasi bagian tubuh yang masih tersisa untuk memulihkan kembali bagian tubuh yang hilang. Pemulihan bagian yang hilang itu sepenuhnya diganti oleh jaringan lama yang masih tertinggal. Regenerasi intermediet melibatkan pembelahan sel-sel tetapi mempertahankan fungsi sel yang telah terdiferensiasi.

Regenerasi epimorfik merupakan salah satu tipe regenerasi yang melibatkan dediferensiasi struktur dewasa untuk membentuk masa sel yang belum terdiferensiasi. Masa sel tersebut dikenal dengan blastema. Blastema akan direspisifikasi membentuk struktur baru untuk menggantikan struktur yang hilang. Regenerasi epimorfik terjadi pada pergantian membra (alat gerak) contohnya kaki dan sirip (Tanaka dan Reddien, 2011). Sousa et al. (2011) menambahkan regenerasi epimorfik adalah proses yang mengarah ke pergantian organ atau jaringan yang disebabkan oleh cedera atau amputasi, ditandai dengan pembentukan struktur sementara yang disebut blastema. Blastema berperan penting dalam proses regeneratif dan terdiri dari sebuah kumpulan proliferatif sel yang bertanggung jawab untuk pemulihan jaringan yang hilang. Akimenko et al., (2003)

menyatakan, sebagian besar penelitian mengenai diferensiasi sel selama regenerasi sirip telah berfokus pada analisis regenerasi tulang. Blastema pada hemiray sirip akan saling.

PLPG 2017

Latihan Soal Bab 13 Uraian

1. Jelaskan secara singkat prinsip organogenesis pada manusia. !
2. Jelaskan Perbedaan metamorfosis sempurna dan tidak sempurna pada serangga.!

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017

MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN

BIOLOGI

BAB XIV METABOLISME

Dra. Ely Rudyatmi, M.Si.
Dra. Endah Peniati, M.Si.
Dr. Ning Setiati, M.Si.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

PLPG 2017

Kompetensi Inti Guru (KI)

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu

Kompetensi Guru Mata pelajaran (KD)

Memahami lingkup dan kedalaman biologi sekolah

A. METABOLISME

Metabolisme merupakan serangkaian reaksi kimia, terjadi secara bertahap di dalam sel/organisme yang memungkinkan adanya kehidupan. Dalam prosesnya terjadi pengubahan senyawa organik baik dipecah untuk dikeluarkan energinya maupun diubah untuk disimpan atau untuk membangun struktur sel. Pada organisme tertentu (tumbuhan hijau) dapat membangun zat organik dari zat anorganik dan air yang ada di lingkungan dengan bantuan cahaya.

Jalur metabolisme yang membebaskan energi dengan cara memecah senyawa organik kompleks menjadi senyawa sederhana dikenal dengan proses katabolisme. Jalur metabolisme yang menggunakan energi untuk membentuk/membangun senyawa organik kompleks dari senyawa sederhana atau senyawa anorganik dikenal dengan proses anabolisme. Senyawa kompleks yang dipecah maupun dibangun oleh organisme yang perannya sebagai sumber energi adalah karbohidrat, lemak dan protein.

Pada manusia, karbohidrat, lemak dan protein yang terkandung dalam makanan setelah dicerna secara mekanik dan kimiawi menjadi bentuk halus dan sederhana yang dapat diserap oleh tubuh. Setelah diserap oleh sel epitel usus halus hasil pencernaan akan masuk ke dalam sistem peredaran darah, dibawa ke berbagai jaringan yang akhirnya akan diserap oleh sel dan dioksidasi untuk menghasilkan energi atau disimpan sebagai cadangan energi dalam tubuh.

Di dalam tubuh proses pemecahan karbohidrat, lemak dan protein berlangsung serempak, artinya baik proses pemecahan (katabolisme) maupun pembentukan (anabolisme) menjadi senyawa lain berjalan bersama-sama. Kedua proses ini saling melengkapi dan saling berhubungan satu dengan yang lainnya. Tumbuhan hijau tidak memerlukan makanan, hal ini dikarenakan tumbuhan hijau dapat membuat makanannya

PLPG 2017

sendiri (karbohidrat) melalui proses anabolisme dan hasilnya dipecah atau dikatabolisme untk menghasilkan energi atau disimpan sebagai cadangan makanan.

B. ANABOLISME

Padi yang ditanam di tempat yang terkena matahari bijinya padat berisi, tetapi yang di tanam di tempat yang terlindung bijinya rapuh dan tidak padat berisi. Mengapa terjadi perbedaan hasil penanaman padi di tempat yang berbeda ?

Salah satu ciri hidup yang hanya dimiliki oleh tumbuhan hijau adalah kemampuan-nya dalam menggunakan karbon dari udara untuk diubah menjadi senyawa organik (karbohidrat) serta diasimilasi dalam tubuh tumbuhan. Proses pengubahan karbon menjadi senyawa organik memerlukan energi cahaya, maka anabolisme karbohidrat pada tumbuhan hijau disebut juga dengan fotosintesis. Fotosintesis adalah proses pengubahan zat anorganik H_2O dan CO_2 oleh klorofil menjadi senyawa organik (karbohidrat) dengan bantuan energi cahaya, dinyatakan dengan persamaan reaksi kimia sebagai berikut :

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{cahaya, klorofil}} C_6H_{12}O6 + 6O_2$$

Hasil fotosintesis disimpan sebagai cadangan makanan dalam bentuk amilum. Padi merupakan salah satu jenis tumbuhan hijau yang menyimpan cadangan makanan dalam bentuk amilum di dalam biji. Pembentukan amilum memerlukan cahaya, tanpa cahaya yang cukup produksi amilum tidak maksimal. Bagaimana cahaya berperan dalam pembentukan amilum dapat dijelaskan sebagai berikut. Proses fotosintesis terjadi di dalam kloroplast berlangsung melalui 2 tahap reaksi yaitu: (1) reaksi terang (reaksi yang memerlukan cahaya), mengubah energi cahaya menjadi energi kimia; dan (2) reaksi gelap (reaksi yang tidak memerlukan cahaya), mensintesis gula dari CO_2 menggunakan energi yang dihasilkan dari reaksi terang.

Pada reaksi terang ini terdapat 2 bagian proses yaitu (1) Fotosistem I, yang menyangkut penyerapan energi matahari pada panjang gelombang sekitar 700 nm, tidak melibatkan proses pelepasan oksigen; (2) Fotosistem II, menyangkut proses penyerapan

PLPG 2017

energi matahari pada panjang gelombang 680 nm, melibatkan proses pembentukan oksigen dan air (H_2O).

Fotosistem I merupakan satu partikel yang disusun sekitar 200 molekul klorofil-a, 50 molekul klorofil –b, 50 sampai 200 molekul pigmen karotenoid, dan satu molekul penerima energi matahari yang disebut P700. Energi matahari (foton) yang ditangkap oleh pigmen pelengkap, dipindahkan melalui beberapa molekul pigmen, disebut proses pemindahan eksiton, yang akhirnya diterima oleh P700. P700 melepaskan elektron yang mempunyai energi tinggi. Proses penangkapan foton dan pemindahan eksiton di dalam fotosistem ini berlangsung dengan sangat cepat dan dipengaruhi oleh suhu. Dengan mekanisme yang sama, proses penangkapan foton dan pemindahan eksiton terjadi pula pada fotosistem II, yaitu pada panjang gelombang 680. Partikel fotosistem I dan II terdapat di dalam membram kantong tilakoid secara terpisah.

Fotosistem I dan II merupakan komponen penyalur energi dalam rantai pengangkutan elektron fotosintesis secara kontinu, dari molekul air sebagai donor elektron ke $NADP^+$ sebagai akseptor elektron. Pengangkutan elektron dalam fotosintesis terdiri dari 3 bagian yaitu: (1) bagian pendek, dari H_2O ke fotosistem II; (2) bagian dari fotosistem II ke Fotosistem I yang dirangkaikan dengan reaksi pembentukan ATP dari ADP + Pi; dan (3) bagian dari fotosistem I ke $NADP^+$ yang menghasilkan NADPH. Penyerapan foton oleh molekul pigmen fotosistem I menyebabkan tereksitasinya molekul tersebut, menghasilkan eksiton berenergi tinggi yang kemudian ditangkap oleh molekul P700. Akibatnya P700 melepaskan electron dan memindahkannya ke molekul penerima elektron pertama, yaitu P430. Selanjutnya elektron dialirkan melalui deretan molekul pembawa elektron sampai ke $NADP^+$ menjadi NADPH. Dalam proses ini diperlukan dua elektron untuk mereduksi satu molekul NAD^+. Lepasnya satu elektron dari P700 mengakibatkan berubahnya molekul ini menjadi bentuk teroksidasinya $P700^+$, yang kekurangan satu elektron. Untuk mengisi kekurangan elektron pada P700 ini, satu elektron dialirkan melelui sederetan molekul pembawa elektron, dari molekul P680 dalam fotosistem II. Dalam hal ini pengaliran elektron hanya terjadi setelah terlebih dahulu terjadi penyinaran terhadap fotosistem II, yaitu tereksitasinya P680 yang segera melepaskan elektron ke penerima elektron pertamanya, yaitu C550. Ini mengakibatkan teroksidasinya bentuk P680 menjadi $P680^{+\cdot}$ Kekurangan electron pada $P680^+$ dipenuhi

dari reaksi oksidasi molekul H_2O menjadi O_2. Proses pengangkutan elektron dari H_2O ke $NADP^+$ yang didorong oleh energi matahari ini disebut pengangkutan tidak mendaur dalam elektron fotosintetik. Dalam hal ini satu molekul H_2O melepaskan dua elektron yang diperlukan untuk mereduksi satu molekul $NADP^+$ menjadi NADPH, dirangkaikan dengan pembentukan ATP dari ADP dan Pi, disebut proses fotofosforilasi atau fosforilasi dalam fotosintesis.

Proses pengangkutan elektron dalam fotosintesis dari H_2O ke $NADP^+$. Pada proses ini digunakan energi matahari yang ditangkap oleh molekul P700 dari Fotosistem I dan molekul P680 dari Fotosistem II. Elektron yang sudah tereksitasi di fotosistem II selanjutnya dialirkan ke fotosistem I melalui molekul penerima elektron; sitokrom 559 (sitokrom b_3 = cyt. b_3), plastoquinon (PQ), sitokrom 553 (sitokrom f = cyt. f), plastosianin (PC), dan molekul P700 di fotosistem. Pengangkutan elektron dari PQ ke cyt. f dirangkaikan dengan pembentukan ATP dari ADP + Pi. Sementara itu elektron yang telah tereksitasi di fotosistem I, dialirkan berturut-turut ke molekul substrat feredoksin (FP), dan akhirnya ke $NADP^+$, dimana molekul ini terduksi NADPH. Dalam keadaan tertentu, elektron yang tereksitasi di fotosistem I tidak dialirkan ke $NADP^+$, tetapi kembali ke P700 melalui molekul penerima elektron lainnya, sitokrom 564 (sitokrom b_6 = cyt. b_6), yang selanjutnya melalui cyt. b_3 dialirkan ke P700 di fotosistem I. Mekanisme pengangkutan electron ini disebut pengangkutan electron mendaur dalam fotosintesis (fotofosforilasi siklik). Sedangkan pengangkutan elektron dari H_2O ke $NADP^+$ melalui fotosistem I dan fotosistem II, disebut pengangkutan elektron tak mendaur dalam fotosintesis (fotofosforilasi non siklik).

Pada tahap reaksi gelap, energi kimia yang dihasilkan dari reaksi terang (NADPH dan ATP) digunakan dalam reaksi ini untuk sintesis glukosa dari CO_2, untuk selanjutnya digunakan dalam reaksi pembentukan pati, selulosa dan polisakarida lainnya sebagai hasil akhir fotosintesis dalam tumbuhan.

Jalur metabolisme tahap pembentukan glukosa dari CO_2 ini merupakan jalur metabolisme mendaur yang pertama kali diusulkan oleh M. Calvin, sehingga disebut daur Calvin. Pada prinsipnya daur Calvin merupakan tahapan reaksi pembentukan karbohidrat, dengan memanfaatkan energi hasil reaksi terang yaitu NADPH dan ATP. Pada daur Calvin reaksi yang pertama kali terjadi adalah reaksi antara karbondioksida yang difiksasi atau

PLPG 2017

diikat dari udara atau atmosfer. Pada reaksi ini hasilnya adalah glukosa yang bila tidak segera digunakan akan disimpan oleh sel sebagai cadangan karbohidrat yaitu amylum atau zat tepung. Ada juga sebagian yang lain digunakan untuk membentuk polisakarida penyusun sel yaitu sellulosa. Juga digunakan untuk membentuk sukrosa dan zat kimia yang lain yang sangat dibutuhkan oleh tanaman.

Reaksi pertama dari daur (siklus) Calvin terjadi reaksi antara 6 molekul CO_2 dari udara bereaksi dengan 6 molekul ribulosa 1,5-difosfat, dikatalisis oleh enzim ribulosa difosfat karboksilase (disebut juga ribulosa difosfat karboksidismutase), menghasilkan 12 molekul 3-fosfogliserat, melalui pembentukan senyawa antara 2-karboksi 3-ketoribitol 1,5-difosfat.

Tahap reaksi kedua, 12 molekul 3-fosfogliserat diubah menjadi 12 molekul gliseraldehida 3-fosfat melalui pembentukan 1,3-difosfogliserat, dikatalisis oleh enzim fosfogliserat kinase dan gliseraldehidafosfat dehidrogenase, menggunakan 12 ATP dan 12 NADPH.

Tahap ketiga dari daur Calvin terjadi reaksi antara 12 gliseraldehida 3-fosfat diubah menjadi 3 molekul fruktosa 6-fosfat melalui pembentukan senyawa dihidroksi aseton fosfat dan fruktosa 1,6-difosfat. Satu dari 3 molekul fruktosa 6-fosfat yang terbentuk diubah menjadi glukosa sebagai hasil akhir, melalui pembentukan glukosa 6-fosfat, dikatalisa oleh enzim glukosafosfat isomerase dan glukosa 6-fosfatase.

C. KATABOLISME

Bekerja membersihkan pekarangan rumah di pagi hari tidak terasa berat, tetapi lama kelamaan tubuh terasa lemas. Setelah istirahat baru ingat kalau belum makan pagi, maka setelah membersihkan badan segera makan p[agi. Setelah makan pagi tubuh menjadi bertenaga kembali untuk bekerja, mengapa bisa terjadi hal-hal tersebut ?

Hal ini dikarenakan setelah makan nasi yang banyak mengandung karbohidrat, glukosa hasil pencernaan nasi akan diedarkan ke seluruh tubuh. Di dalam sel, glukosa akan mengalami pemecahan (katabolisme) untuk dimanfaatkan energinya atau mengalami pengubahan untuk disimpan dalam bentuk glikogen atau lemak sebagai cadangan energi. Proses pemecahan glukosa yang terjadi di dalam sel hidup dikenal dengan istilah respirasi sel. Respirasi sel menyangkut proses enzimatik di dalam sel, tidak hanya molekul glukosa (karbohidrat), tetapi juga lemak (asam lemak dan gliserol) dan

PLPG 2017

protein (asam amino) diuraikan menjadi karbondioksida, air dan urea (amonia / asam urat) dengan konversi energi biologis yang sangat bermanfaat. Hasil konversi energi biologis inilah yang mengakibatkan tubuh menjadi bertenaga kembali setelah makan.

Bagaimana setelah makan makanan yang banyak mengandung karbohidrat tubuh terasa bertenaga kembali dapat dijelaskan sebagai berikut. Glukosa di dalam sel akan dioksidasi sempurna menjadi 6CO2 dan 6H2O dan dihasilkan 36 /38 ATP. Oksidasi atau pembakaran tersebut memerlukan oksigen bebas, sehingga reaksi keseluruhannya adalah sebagai berikut :

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6\,CO_2 + 6H_2O + 36 / 38\ ATP$$

Pengubahan glukosa menjadi CO_2 dan H_2O dan dihasilkan 36 / 38 ATP, terjadi melalui 4 tahap yaitu: (1) glikolisis; (2) dekarboksilasi oksidatif asam piruvat; (3) siklus Krebs; dan (4) transport elektron.

Tahap 1. Glikolisis

Glikolisis disebut juga reaksi Embden Meyerhoff atau Embden Meyerhoff Parnas, merupakan rangkaian reaksi pengubahan 1 molekul glukosa menjadi 2 molekul asam piruvat, menghasilkan 2 NADH dan 2 ATP. Prosesnya adalah sebagai berikut:

Glikolisis terjadi di dalam sitoplasma, dalam mekanisme reaksinya terdiri atas 10 tahap reaksi. Secara rinci 10 reaksi tersebut adalah sebagai berikut:

1) Phosphorilasi glukosa menjadi glukosa 6 – phosphat.

   Langkah pertama glikolisis ini memerlukan energi dalam bentuk 1 molekul ATP dari suplai tubuh. Reaksinya dikatalisis oleh enzim heksokinase yang memerlukan ion Mg^{2+} sebagai kofaktor. Penambahan satu molekul phosphat oleh ATP terhadap glukosa menghasilkan glukosa -6 phosphat, dan ATP berubah menjadi ADP.

2) Pengubahan glukosa 6-phosphat menjadi fruktosa 6-phosphat

   Reaksi tahap ke-dua ini merupakan reaksi isomerisasi glukosa 6-phosphat menjadi fruktosa 6-phosphate, dikatalisis oleh enzim phosphoheksoisomerase yang juga mengkatalisis reaksi kebalikannya. Jadi pada tahap 2 ini reaksinya bersifat reversible

PLPG 2017

(dapat balik). Pada reaksi tahap ini tidak terjadi penguraian maupun pembentukan ATP.

3) Phosphorilasi fruktosa 6-phosphat menjadi fruktosa 1,6 – biphosphat

   Reaksi tahap 3 ini terjadi pemasukan gugus phosphat dari ATP, dikatalisis oleh enzim phosphofruktokinase dengan ion Mg^{2+} sebagai kofaktor menghasilkan fruktosa 1,6-bisphosphat. Reaksi ini sifatnya tidak dapat balik, artinya dalam reaksi pembentukannya tidak langsung merupakan kebalikannya dan dikatalisis oleh enzim yang sama.

4) Pemecahan fruktosa 1,6-biphosphat menjadi triosa phosphate

   Reaksi tahap keempat merupakan pemecahan senyawa karbohidrat beratom enam dalam bentuk fruktosa 1,6-biphosphat menjadi dua senyawa beratom tiga, yaitu gliseraldehida 3-phosphate dan dihidroksiasetonphosphat. Reaksi ini dikatalisis oleh enzim aldolase.

5) Interkonversi dari triosa phoshat

   Pada reaksi tahap lima ini terjadi reaksi isomerisasi bolak balik antara kedua senyawa beratom tiga ini, dikatalisis oleh enzim triosaphosphat isomerase. Dalam keadaan normal dihidrokdiaseton phosphat diubah seluruhnya menjadi gliseraldehida 3-fosfat sehingga kemungkinan kehilangan setengah dari energi molekul glukosa dapat dicegah. Sehingga pemecahan satu molekul fruktosa 1,6 biphosphat ini dihasilkan dua molekul gliseraldehida 3-phosphat.

6) Oksidasi gliseraldehida 3-phosphate menjadi 1,3 bisphosphogliserat

   Reaksi tahap keenam ini merupakan pengubahan gliseraldehida 3-phosphat menjadi asam 1,3-diphosphogliserat, yang melibatkan reaksi pemasukan satu gugus phosphat dari asam phosphat anorganik (Pi), dan oksidasi molekul aldehida menghasilkan molekul asam karboksilat. Reaksi oksidasi ini dikatalisis oleh gliseraldehida 3-phosphat dehidrogenase dan dirangkaikan dengan reaksi reduksi pembentukan NADH (bentuk reduksi dari nikotinamida adenine dinukleotida) dari NAD^+ (bentuk oksidasinya). Pada reaksi ke 6 ini dihasilkan 2 molekul NADH dan 2 molekul 1,3-biphosphoglieserat, yang masing-masing mempunyai satu ikatan phosphat berenergi tinggi.

7) Transfer phosphat dari 1,3 bisphosphogliserat ke ADP

PLPG 2017

Reaksi tahap ketujuh ini dikatalisis oleh enzim phosphogliserat kinase dengan ion magnesium sebagai kofaktornya. Enzim ini membantu mengubah asam 1,3-biphosphogliserat menjadi asam 3-phosphogliserat karena kehilangan satu molekul phosphat. Reaksi ketujuh pada glikolisis ini merupakan reaksi pertama yang menghasilkan energi. Pada tahap ini glikolisis menggunakan phosphorilasi tingkat substrat untuk menghasilkan ATP, gugus phosphate dari 1,3 diphosphogliserat ditransfer ke ADP untuk menghasilkan ATP. Sehingga pada reaksi ini dihasilkan 2 molekul ATP dan 2 molekul 3-phosphogliserat.

8) Pengubahan 3-phosphogliserat menjadi 2-phosphogliserat

Tahap reaksi kedelapan ini terjadi isomerisasi asam 3-phosphogliserat menjadi asam 2-phosphogliserat , dikatalisis oleh enzim fosfogliserat mutase.

9) Dehidrasi 2-phosphogliserat menjadi phosphoenolpiruvat

Pada tahap reaksi kesembilan ini enzim enolase melepaskan satu molekul H_2O dari asam 2-phosphogliserat menghasilkan asam phosphoenolpiruvat yang memiliki ikatan phosphat berenergi tinggi. Reaksi ini merupakan reaksi dehidrasi yang disertai redistribusi energi dan molekul, meningkatkan phosphat pada posisi 2 ke tingkat energi tinggi sehingga terbentuk phosphoenolpiruvat.

10) Transfer gugus phosphat dari phosphoenolpirivat ke ADP.

Reaksi tahap akhir glikolisis adalah pembentukan asam piruvat dari phosphoenolpiruvat melalui senyawa antara enolpiruvat. Dalam reaksi yang dikatalisa oleh piruvat kinase ini (dengan ion magnesium sebagai kofaktornya) gugus phosphat yang dilepaskan oleh phosphoenolpiruvat digunakan untuk mensintesis ATP dari ADP. Perubahan enolpiruvat menjadi asam piruvat terjadi secara spontan. Phosphoenolpiruvat adalah senyawa terphosphorilasi dengan energi tertinggi dalam metabolisme. Hasil reaksi inii adalah 2 molekul ATP dan 2 molekul asam piruvat.

Tahap 2: Dekarboksilasi oksidasitif asam piruvat.

Oksidasi asam piruvat terjadi di dalam mitokondria, secara ringkas reaksinya adalah sebagai berikut:

2 Asam piruvat + 2 Ko-A +2 NAD $\longrightarrow$ 2 Asetil-KoA + 2 CO_2 + 2NADH + $2H^+$

Reaksi ini menghasilkan senyawa berkarbon 2 yang disebut asetil dan mengubah NAD^+ menjadi NADH. Reaksinya kompleks, melibatkan 5 tahap reaksi. Di akhir reaksi, kelompok asetil bergabung dengan koenzim-A sehingga terbentuk senyawa asetil-KoA.

Reaksi oksidasi asam piruvat menjadi asetilkoenzim-A, merupakan reaksi penghubung yang penting antara glikolisis dengan jalur metabolisme lingkar asam trikarboksilat (Daur Krebs). Reaksi ini dikatalisis oleh kompleks piruvat dehidrogenase, merupakan kerjasama tiga macam enzim dan lima macam koenzim, berlangsung dalam lima tahap reaksi. Kompleks enzim ini terdapat di dalam mitokondria sel-sel eukariotik dan di dalam sitoplasma sel prokariotik.

Kelima tahap reaksi pada oksidasi asam piruvat adalah sebagai berikut:

1) Pada reaksi tahap satu piruvat didekarboksilasi (kehilangan gugus karboksilnya) pada saat piruvat bereaksi dengan thiamin pirofosfat yang terikat pada piruvat dehidrogenase (E1) membentuk turunan hidroksietil dari cincin tiazol Thiamin Piro phosphate (TPP).
2) Terjadi pemindahan atom H dan gugus asetil dari TPP ke bentuk teroksidasi gugus prostetik lipolisil pada pusat enzim dihidrolipoil transasetilase membentuk asetil tioester pada gugus lipoid tereduksi.
3) Molekul Koenzim A bereaksi dengan turunan asetil dari dihidrolipoil transasetilase menghasilkan asetil-KoA dan bentuk tereduksi sempurna (dithiol) dari gugus lipoil.
4) Bentuk tereduksi dihidrolipoil transasetilase dikatalisis oleh dihidrolipoil dehidrogenase menyebabkan pemindahan atom hidrogen dari gugus lipoil tereduksi ke gugus prostetik FAD pada dihidrolipoil dehidrogenase,
5) Gugus FAD tereduksi pada dihidrolipoil dehidrogenase memindahkan hydrogen ke NAD^+ membentuk NADH.

Sistem piruvat dehidrogenase selain menghasilkan koenzim tereduksi (NADH) juga menghasilkan energi tinggi dalam bentuk ikatan thioester dalam asetil-KoA. Selain itu pengubahan asam piruvat menjadi asetil-KoA merupakan persimpangan jalan untuk menunju berbagai biosintesis yang lain. Asetil-KoA yang terbentuk kemudian masuk ke dalam siklus Krebs.

PLPG 2017

Tahap 3: Siklus Krebs.

Siklus Krebs disebut juga siklus asam trikarboksilat atau siklus asam sitrat merupakan jalur lingkar metabolisme dimana asetat (khususnya asetil-KoA) dipecah menjadi dua molekul CO_2 dan air dengan menggunakan oksigen. Siklus Krebs terjadi di dalam matriks mitokondria. Dalam mekanismenya melalui delapan tahap reaksi. Setiap satu molekul asetil-KoA yang masuk ke lintas siklus dihasilkan dua molekul CO_2, tiga NADH, satu $FADH_2$ dan satu GTP.

Delapan tahap reaksi dalam siklus Krebs adalah sebagai berikut:

1. Reaksi kondensasi

   Reaksi tahap satu dari siklus Krebs terjadi kondensasi antara senyawa berkarbon 2 yaitu asetil-KoA dengan senyawa berkarbon 4 yaitu oksaloasetat membentuk senyawa berkarbon 6, yaitu sitrat. Reaksi ini dikatalisis oleh enzim sitrat sintase dan merupakan reaksi yang tidak dapat balik (*irreversible)*.

2. Reaksi isomerisasi

   Pada reaksi ini terjadi melalui 2 tahap yaitu: (1) molekul air dibuang dari satu karbon; dan (2) air ditambahkan ke karbon yang berbeda. Hasilnya adalah gugus –H dan –OH bertukar posisi. Produknya adalah isositrat. Pembentukan isositrat dari sitrat melalui sis-akonitat, dikatalisis oleh enzim akonitase.

3. Oksidasi isositrat menjadi α-ketoglutarat dan CO_2

   Isositrat mengalami dekarboksilasi oksidatif menjadi α-ketoglutarat melalui pembentukan senyawa antara oksalosuksinat yang berikatan dengan enzim isositrat dehidrogenase dengan NAD^+ berperan sebagai koenzimnya. Mula-mula isositrat dioskidasi, menghasilkan sepasang elektron, dan mengubah NAD+ menjadi NADH. Kemudian terjadi dekarboksilasi, menghasilkan senyawa berkarbon 5 yaitu α-ketoglutarat. Pada reaksi ini dihasilkan satu molekul NADH dan dilepaskan satu molekul CO_2.

4. Oksidasi α-ketoglutarat menjadi suksinil-KoA

   α-ketoglutarat didekarboksilasi oleh kompleks enzim α-ketoglutarat dehidrogenase menjadi suksinil-KoA. Pada reaksi ini dihasilkan satu molekul NADH dan dilepaskan satu molekul CO_2.

PLPG 2017

5. Pengubahan suksinil-KoA menjadi Suksinat

Ikatan antara gugus berkarbon 4 suksinil dan Ko-A adalah ikatan berenergi tinggi. Melalui reaksi reaksi yang mirip dengan yang terjadi pada glikolisis, ikatan ini memisah. Energi yang dilepaskan dapat digunakan untuk phosphorilasi guanosin diphosphat (GDP) menjadi guanosin triphosphat (GTP). GTP siap diubah menjadi ATP. Fragmen berkarbon 4 yang terbentuk disebut suksinat. Pada reaksi pengubahan suksinil-KoA menjadi suksinat, dikatalisis oleh suksinil-KoA sintetase. Pada reaksi ini suksinil-KoA melepaskan koenzimA-nya dengan dirangkaikan reaksi pembentukan GTP dari GDP dan Phosphat anorganik.

6. Oksidasi suksinat menjadi fumarat

Pada tahap reaksi oksidasi suksinat menjadi fumarat, dikatalisis oleh enzim suksinat dehidrogenase yang berikatan dengan Flavin Adenin Dinukleotida (FAD) sebagai koenzimnya. Dalam reaksi ini FAD berperan sebagai akseptor hydrogen. Pada reaksi ini dihasilkan satu molekul $FADH_2$.

7. Hidratasi fumarat menjadi malat

Pada reaksi tahap hidratasi ini terjadi penambahan satu molekul air ke ikatan rangkap fumarat, menghasilkan malat. Reaksi ini dikatalisis oleh enzim fumarase.

8. Oksidasi malat menjadi oksaloasetat

Pada tahap akhir siklus Krebs ini, malat dioksidasi menjadi oksaloasetat oleh enzim malat dehidrogenase yang berikatan dengan NAD^+. Pada reaksi ini dihasilkan satu molekul NADH. Oksaloasetat berkarbon empat dapat bergabung dengan gugus asetil berkarbon dua yaitu asetil-KoA dan siklus Krebs kembali berulang.

Siklus Krebs merupakan seri reaksi dalam mitokondria yang merupakan oksidasii residu asetil menjadi CO_2 serta membebaskan hidrogen ekivalen yang akhirnya membentuk air. Residu asetil ini dalam bentuk asetil-KoA yang merupakan ester dari koenzim A. Produksi siklus Krebs adalah 1 molekul ATP per molekul asetil-KoA dan banyak elektron yang dapat diberikan ke transport elektron (3 NADH dan 1 $FADH_2$) untuk mensintesis lebih banyak ATP (11 ATP).

Asetil-KoA merupakan titik sentral jalur-jalur metabolik utama. Hampir semua molekul karbohidrat dan lemak membentuk asetil-KoA selama katabolisme oksidatifnya, demikian pula beberapa asam amino hasil pemecahan protein. Disamping itu asetil-KoA

berperan sebagai sumber unit asetil dalam proses anabolisme untuk sintesis asam lemak rantai panjang, kolesterol, steroid dan benda keton.

Fungsi utama siklus Krebs adalah sebagai jalur akhir oksidasi karbohidrat, lipid dan protein, karena glukosa, asam lemak dan beberapa asam amino dimetabolisme melalui asetil-KoA. Disamping itu asetil-KoA merupakan mekanisme pembebasan energi bebas dari karbohidrat, lipid dan protein. Selama oksidasi ini ekivalen reduksi dalam bentuk hidrogen atau elektron terbentuk akibat aktivitas dehidrogenase. Ekivalen reduksi ini kemudian masuk ke rantai respirasi dimana sejumlah besar fosfat berenergi tinggi dihasilkan dalam proses fosforilasi oksidatif.

Enzim-enzim yang dibutuhkan oleh siklus ini terdapat dalam matriks mitokondria, baik dalam keadaan bebas atau terikat pada membran bagian dalam mitokondria. Transfer ekivalen reduksi ke enzim-enzim pada rantai respirasi berlangsung pada bagian dalam membran mitokondria.

Siklus asam sitrat bersifat rangkap atau amfibolik, disamping peranannya dalam katabolisme juga dapat berperan sebagai sumber molekul-molekul dalam proses anabolisme seperti sintesis lemak, asam amino dan glukosa. Sebagai akibat oksidasi yang dikatalisis oleh enzim-enzim dehidrogenase, dihasilkan 3 molekul NADH, satu molekul $FADH_2$ dan satu molekul GTP untuk setiap molekul asetil-KoA yang masuk ke lintas siklus Krebs.

Tahap 4: Transport elektron dan fosforilasi oksidatif.

Rantai transport elektron dimana NADH dan $FADH_2$ memindahkan elektronnya ke alat angkut elektron yang berada di membran mitokondria. Energi dalam elektron digunakan untuk menghasilkan ATP.

Transport elektron atau pengangkutan elektron yang dirangkaikan dengan fosforilasi yang bersifat oksidasi (pembentukan ATP dari ADP + Pi) merupakan tahap metabolisme keempat atau tahap terakhir dari proses respirasi, yaitu oksidasi glukosa menghasilkan CO_2 + H_2O dan ATP. Transport elektron yang juga disebut dengan rantai respirasi, terjadi dalam membran mitokondria

Pengangkutan elektron dimulai dengan masuknya pasangan elektron atau ekivalen hidrogennya, dari senyawa substrat pernafasan ke dalam rantai pernafasan.

PLPG 2017

Elektron tersebut selanjutnya dialirkan sepanjang rantai melalui berbagai senyawa (dan enzim oksidasi-reduksi) pembawa elektron yang akhirnya ditangkap oleh molekul oksigen pada salah satu ujung rantai. Proses ini merupakan kegiatan sel yang utama untuk menghasilkan energi dalam bentuk ikatan fosfat, yaitu ATP, yang dihasilkan melalui suatu proses yang disebut fosforilasi oksidatif (fosforilasi yang bersifat oksidasi). Dalam reaksi ini reaksi endergonik pembentukan ATP dari ADP + Pi dirangkaikan dengan reaksi eksergonik oksidasi-reduksi pengangkutan elektron dari suatu molekul dengan potensial oksidasi-reduksi yang lebih negatif ke yang kurang negatif. Jadi mengalirnya elektron dalam rantai pernafasan berlangsung dari molekul pembawa elektron yang mempunyai potensial oksidasi-reduksi yang lebih negatif ke yang kurang negatif, atau dari yang kurang positif ke yang lebih positif.

Pengangkutan elektron ini pada organisme prokariotik terjadi pada sistem membran yang lain, hal ini dikarenakan organisme prokariotik tidak mempunyai mitokondria. Jumlah elektron per molekul pembawa elektron yang diangkut melalui rantai pernafasan terdiri dari 2 macam yaitu: (1) pengangkutan elektron dari NADH ke ubiquinon yang berlangsung dengan tahap dua elektron; dan (2) dari ubiquinon ke O_2 yang berlangsung dengan tahap satu elektron.

Fosforilasi bersifat oksidasi. Pada reaksi fosforilasi bersifat oksidasi ini dihasilkan 3 molekul ATP untuk setiap pasang elektron yang dibawa NADH ke O_2, atau 2 molekul ATP untuk pengangkutan elektron dari $FADH_2$ ke O_2. Dengan demikian setiap substrat yang melepaskan elektronnya ke NADH akan menghasilkan 3 molekul ATP dan mereduksi satu atom oksigen, sehingga nisbah P terhadap O (harga p/O) untuk substrat ini adalah 3.

D. RESPIRASI AEROB DAN RESPIRASI ANAEROB

Sebagian besar ATP yang dihasilkan respirasi seluler adalah hasil fosforilasi oksidatif, oleh karena itu hasilnya sangat tergantung pada pasokan oksigen yang cukup, dan disebut dengan respirasi aerob. Ada beberapa jenis tumbuhan yang kegiatan respirasinya menurun apabila kadar oksigen di udara berada di bawah normal, misalnya bayam, wortel dan beberapa tumbuhan lainnya.

Apabila konsentrasi oksigen dalam udara rendah sekali atau bahkan sama sekali tidak ada, bukan berarti kegiatan respirasi terhenti. Respirasi masih berlangsung secara

anaerob. Respirasi anaerob disebut pula fermentasi atau respirasi intramolekul. Tujuan fermentasi sama dengan respirasi aerob yaitu mendapatkan energi. Hanya saja, energi yang dihasilkan lebih sedikit daripada respirasi aerob. Fermentasi dapat terjadi pada fungi, bakteri, hewan dan manusia. Dua jenis yang umum dari fermentasi adalah fermentasi asam laktat dan fermentasi alkohol.

Fermentasi asam laktat. Fermentasi ini terjadi apabila transfer hidrogen (seperti yang terjadi pada respirasi seluler) tidak mungkin terjadi atau terhambat. Pada respirasi ini tidak ada oksigen, jadi apabila tidak ada oksigen atau oksigen tidak cukup atau terjadi blokasi, maka organisme akan berespirasi secara anaerob. Karena O_2 tidak ada, maka asam piruvat akan berlaku sebagai akseptor hidrogen (hal ini tidak seperti biasa, yaitu sebagai bahan bakar). Asam piruvat akan direduksi langsung oleh NADH membentuk asam laktat sebagai produk limbahnya, tanpa melepas CO_2. Seperti pada otot-otot yang bekerja terlalu berat, yang oksigennya tidak cukup untuk respirasi sel, maka asam piruvat akan direduksi oleh NADH menjadi asam laktat dikatalisis oleh laktat dehidrogenase. Energi yang tersimpan dalam NADH dialihkan kembali pada bagian karbohidratnya. Dalam hal ini energi yang dihasilkan hanyalah 7 % dari respirasi aerob, sebab blokasi dari lintasan CO_2 menyebabkan ATP biasa tidak terbentuk, juga karena asam piruvat berlaku sebagai akseptor, maka energi potensial padanya tidak dapat dipakai, sehingga sebagian besar energi yang ada di dalam bahan bakar itu (glukosa) masih terperangkap di dalam limbah (asam laktat). Selain itu proses tersebut juga dapat berbahaya, karena asam laktat adalah suatu asam maka pembentukannya di dalam otot dapat menurunkan pH sampai pada suatu titik yang mengakibatkan gangguan serius pada fungsi otot. Dalam keadaan normal laktat yang terakumulasi sebagai produk limbah dapat menyebabkan otot letih dan nyeri, tetapi secara perlan-lahan dibawa oleh darah ke hati untuk diubah kembali menjadi piruvat dan akhirnya disintesis menjadi glucosa kembali. Meskipun fermentasi asam laktat ini suatu pemborosan (hanya dihasilkan 2 ATP, sedangkan pada respirasi aerob dihasilkan 38 ATP), tetapi pada proses itu menghasilkan sumber ATP bagi sel-sel yang sangat memerlukannya karena sel-sel tersebut tidak bisa memperoleh cukup oksigen yang diperlukan untuk membantu respirasi aerob ketika dalam keadaan darurat, yakni ketika melakukan aktivitas fisik yang tinggi dan suplai oksigen kurang walaupun

PLPG 2017

pernapasan dipercepat. Fermentasi asam laktat oleh fungi dan bakteri tertentu digunakan dalam industri susu untuk membuat keju dan yogurt.

Fermentasi alkohol. Sampai terbentuknya asam piruvat, proses yang terjadi pada respirasi aerob sama dengan fermentasi alkohol. Pada fermentasi alkohol asam piruvat diubah menjadi etanol (etil alkohol) melalui 2 langkah reaksi, yaitu (1) pelepasan Karbon dioksida dari piruvat, menjadi senyawa asetaldehida berkarbon dua dikatalisis oleh piruvat dekarboksilase; (2) asetaldehida direduksi oleh NADH menjadi etanol dikatalisis oleh alkohol dehidrogenase. Dalam hal ini energi yang tersimpan dalam NADH akan dialihkan kembali pada bagian karbohidratnya. Sebagaimana halnya dengan proses fermentasi asam laktat (hasilnya 2 ATP), proses ini merupakan suatu pemborosan. Sebagian besar energi yang terkandung di dalam glukosa masih terdapat di dalam etanol (inilah sebabnya mengapa etanol sering dipakai sebagai bahan bakar mesin). Sebagaimana halnya dengan proses fermentasi asam laktat, proses ini juga berbahaya. Ragi meracuni diri sendiri jika konsentrasi etanol mencapai ± 13%. Fermentasi alkohol oleh ragi, suatu jamur, digunakan dalam pembuatan bir dan anggur. Banyak bakteri juga melakukan fermentasi alkohol dalam kondisi anaerobik.

E. HUBUNGAN METABOLISME KARBOHIDRAT, LEMAK DAN PROTEIN

Selama sehari ada 3 kondisi metabolisme yaitu kenyang (setelah makan), diantara waktu makan (pagi-siang dan siang-malam) dan sepanjang malam sewaktu tidur. Kalau jumlah dan kualitas makan serta waktu makan terpenuhi, maka tubuh akan terasa nyaman dan tidak terasa ada perbedaan. Mengapa demikian ?

Hal ini dikarenakan adanya hubungan atau keterkaitan antara metabolisme ketiga zat makanan, yaitu karbohiodrat, lemak dan protein. Dalam keadaan kenyang yang paling berperan sebagai sumber energi adalah karbohidrat, asam lemak dan gliserol lebih banyak diubah menjadi lemak untuk disimpan sebagai cadangan energi, asam amino lebih banyak diubah menjadi protein yang digunakan sebagai senyawa penyusun struktur tubuh sel. Dalam keadaan lapar yang paling berperan sebagai sumber energi adalah lemak, lemak lebih banyak diubah menjadi asam lemak dan gliserol untuk pemenuhan kebutuhan energi, protein hanya sedikit diubah menjadi asam amino untuk memenuhi kebutuhan tubuh. Pada lapar yang berkepanjangan protein lebih banyak diubah untuk

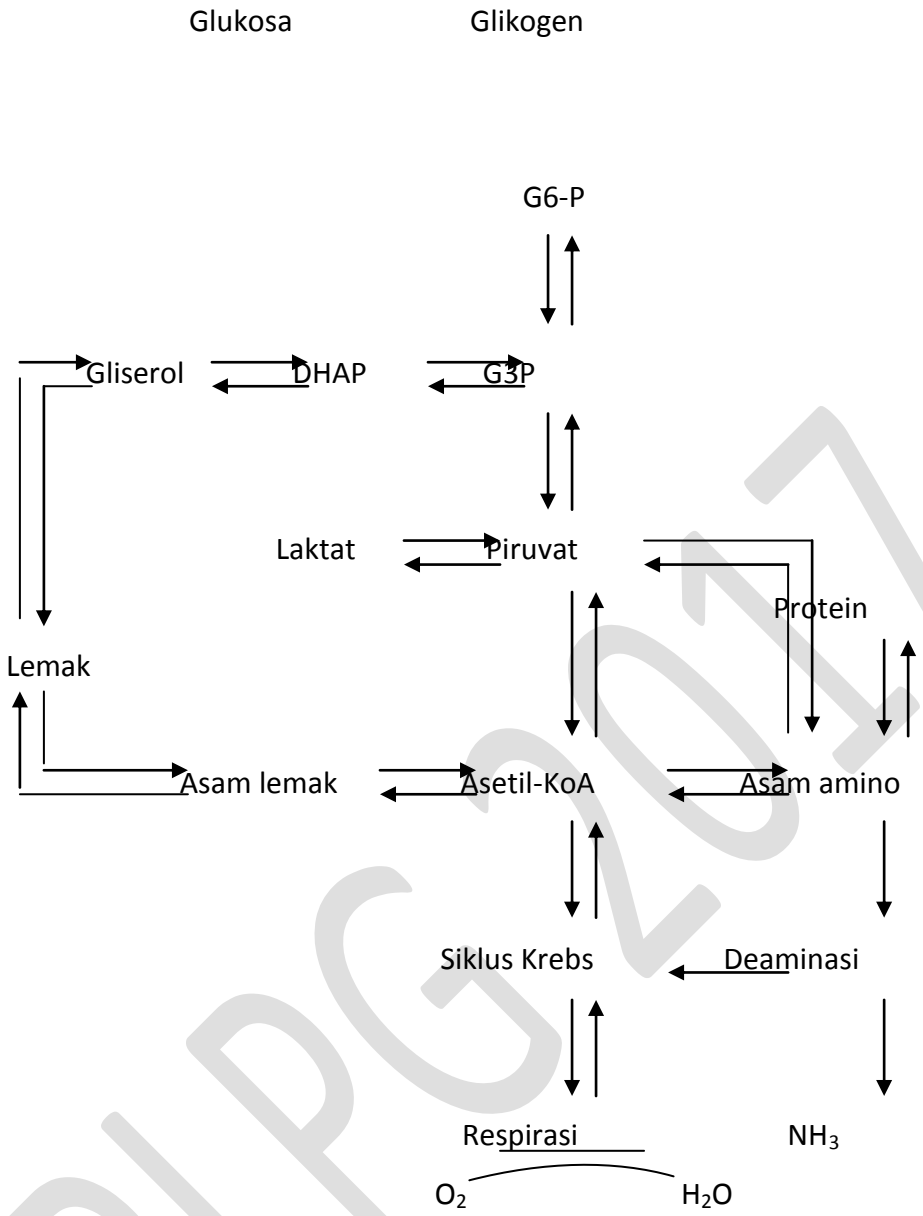
pemenuhan kebutuhan energi, hal ini dikarenakan cadangan lemaknya sudah menipis. Reaksi hubungan atau keterkaitan antara metabolisme karbohidrat, lemak dan protein dapat dilihat pada Gambar 1 dan prosesnya dapat dijelaskan sebagai berikut.

Degradasi molekul dalam proses metabolisme dibagi menjadi 3 tahap. Tahap pertama. Polisakarida dihidrolisis menjadi monosakarida, protein dihidrolisis menjadi asam amino dan lemak sebagai sumber utama lipid dihidrolisis menjadi asam lemak dan gliserol. Tahap kedua monosakarida, asam maino, gliserol dan asam lemak didegradasi lanjut menjadi asetil –KoA melalui proses pemebentukan beberapa senyawa fosfat kaya energi. Dalam glikolisis heksosa diubah menjadi asam piruvat kemudian menjadi asetil-KoA melalui reaksi yang glikolisis dan dekarboksilasi asam piruvat. Hal yang sama terjadi pada asam lemak rantai panjang dioksidasi menjadi asetil-KoA, sementara gliserol diubah menjadi asam piruvat, asetil-KoA dan glukosa. Khusus untuk degradasi asam amino keadaannya berbeda. Dalam tahap kedua asam amino alanin, serin, treonin, glisin dan sistein, didegradasi menjadi piruvat dan diubah kembali menjadi asetil-KoA.

Asam amino prolin, histidin, glutamin dan arginin, didegradasi menjadi asam glutamat melalui proses transaminasi menghasilkan α-ketoglutarat, molekul antara siklus Krebs. Asam aspartat dan asparagin ditransaminasi menjadi oksaloasetat, molekul antara dalam siklus Krebs. Asam-asam amino seperti leusin, triptofan, lisin, fenilalanin dan tirosin didegradasi menjadi asetoasetol-KoA dan diubah kembali menjadi asetil-KoA. Sementara asam-asam amino isoleusin, metionin dan valin diubah menjadi suksinil-KoA selama degradasi. Fenilalanin dan tirosin dapat juga didegradasi secara oksidatif membentuk fumarat.

Kerangka karbon asam amino menghasilkan senyawa antara untuk siklus Krebs atau asetil-KoA. Produk yang sama dihasilkan dari karbohidrat dan lipid selama oksidasi senyawa tersebut. Dalam tahap ketiga, ATP kaya energi dihasilkan melalui fosforilasi oksidatif.

PLPG 2017



Gambar 1. Keterkaitan antara metabolisme karbohidrat, lemak dan protein

Proses anabolisme makromolekul juga berlangsung dalam 3 tahap. Tahap pertama, sintesis protein dimulai dari pembentukan asam α-keto dan pemula yang lain. Sintesis lipid dimulai dengan pembentukan molekul asam asetat, malonat dan lainnya. Sintesis karbohidrat dimulai dari molekul piruvat, malat dan sebagainya. Selanjutnya pada tahap kedua, asam α-keto teraminasii oleh donor gugus amino membentuk asam amino, gugus asetil dibangun menjadi asam lemak, piruvat dan malat menjadi prekursor untuk pembentukan monosakarida. Tahap terakhir anabolisme, asam amino disusun menjadi

PLPG 2017

rantai polipeptida membentuk berbagai jenis protein; asam lemak dan molekul lain dirangkaian menjadi berbagai lipid; monosakarida dirangkai dengan ikatan glikosidik menjadi berbagai polisakarida.

F. KETERKAITAN METABOLISME KARBOHIDRAT DENGAN METABOLISME LEMAK

Secara garis besar, proses metabolisme karbohidrat dapat digambarkan sebagai berikut :

glukosa ⟶ piruvat ⟶ asetil-KoA ⟶ siklus Krebs ⟶ energi + CO_2 + H_2O

Gliserol hasil pemecahan lemak memasuki jalur metabolisme karbohidrat melalui reaksi antara glukosa dan piruvat (gliserol piruvat masuk jalur metabolime karbohidrat). Asam lemak mengalami beta oksidasi menjadi unit-unit yang terdiri atas dua karbon. Tiap unit dua karbon mengikat satu molekul KoA menjadi molekul asetil-KoA yang dapat masuk ke jalur metabolisme karbohidrat.

Gliserol dapat berubah menjadi glukosa atau piruvat, tergantung kebutuhan sel akan energi. Demikian pula asetil-KoA. Jika sel tidak membutuhkan energi atau kebutuhan energi telah tercukupi, maka asetil-KoA yang berasal dari beta oksidasi akan disintesis kembali menjadi komponen lemak. Karbohidrat pun jika berlebih akan diubah menjadi lemak yang disimpan di jaringan lemak tubuh di bawah kulit yaitu jaringan adiposa.

G. KETERKAITAN METABOLISME KARBOHIDRAT DENGAN METABOLISME PROTEIN

Protein tubuh berada dalam keadaan dinamis, yang secara bergantian dirombak dan disusun kembali menjadi protein. Suatu molekul asam amino terdiri dari gugus karboksil (-COOH) dan gugus amino (-NH_2). Asam amino paling sederhana adalah glisin ($CH_2(NH_2)COOH$). Protein merupakan sumber energi sesudah karbohidrat dan lemak. Artinya, tubuh akan membongkar protein untuk dilepaskan energinya apabila di dalam tubuh sudah tidak ada lagi karbohidrat dan lemak. Misalnya waktu berkerja keras atau waktu kelaparan yang sangat.

Tubuh makhluk hidup menjalankan semua proses metabolisme secara efisien sehingga senyawa antara yang tidak berlanjut ke tahapan berikutnya akan disintesis menjadi senyawa lain yang berguna bagi tubuh. Asam amino mengalami katabolisme melalui tiga cara, yaitu sebagai berikut :

PPG 2017

a. Asam amino glukogenik diubah menajdi piruvat. Asam piruvat kemudian akan memasuki jalur matabolisme karbohidrat.
b. Asam amino ketogenik diubah menjadi asetil-KoA yang dapat memasuki jalur metabolisme lemak.
c. Asama amino yang bukan glukogenik dan bukan ketogenik, misalnya asam glutamat, dideaminasi dan langsung memasuki siklus Krebs.

Melalui ketiga cara tersebut, akhirnya asam amino (protein) juga dapat menghasilkan energi dalam bentuk ATP, karbon dioksida, dan air, seperti halnya karbohidrat.

H. PERBEDAAN ANABOLISME DENGAN KATABOLISME

Anabolisme tidak merupakan reaksi kebalikan dari katabolisme meskipun anabolisme merupakan proses yeng menggunakan energi untuk membentuk/membangun senyawa organik kompleks dari senyawa sederhana atau senyawa anorganik dan katabolisme merupakan proses yang membebaskan energi dengan cara memecah senyawa organik kompleks menjadi senyawa sederhana. Mengapa demikian ?

Sel merupakan sistem kimia dalam keadaan mantap. Proses metabolisme, baik reaksi katabolisme maupun reaksi anabolisme merupakan proses yang berjalan serempak. Pembahasan yang dilakukan secara sendiri-sendiri hanya untuk mempermudah pemahaman dalam mempelajari reaksi-reaksi kimia dalam makhluk hidup.

Katabolisme dan anabolisme merupakan proses yang saling melengkapi dan berkaitan satu dengan yang lain. Secara keseluruhan proses anabolisme dan katabolisme harus berjalan bersama-sama, karena setiap pasang proses menyediakan energi atau bahan yang diperlukan oleh pasangan yang lain. Hubungan antara keduanya adalah sebagai berikut: (1) Aspek reduksi dan oksidasi, katabolisme menggunakan (NAD^+ + $NADP^+$) dan menghasilkan bentuk reduksi (NADH + NADPH) sementara proses anabolisme membutuhkan bentuk reduksi dan menghasilkan bentuk oksidasi; (2) Aspek energi, katabolisme merupakan eksergonik (menghasilkan energi) dengan menggunakan ADP dan Pi menghasilkan ATP. Senyawa ATP yang dihasilkan kemudian digunakan kembali

dalam reaksi endergonik (membutuhkan energi) pada proses anabolisme dan kembali menghasilkan ADP (dan AMP); (3) Aspek materi, produk akhir antara yang dihasilkan dalam katabolisme umumnya menjadi materi awal dalam anabolisme.

I. FAKTOR YANG MEMPENGARUHI FOTOSINTESIS

Tanaman hijau yang ditanam di tempat yang lingkungannya berbeda, produksi maupun pertumbuhannya juga berbeda. Mengapa demikian ?

Produksi maupun pertumbuhan tumbuhan hijau dipengaruhi oleh laju fotosintesis. Laju fotosintesis dipengaruhi oleh beberapa faktor, baik faktor eksternal maupun faktor internal. Faktor eksternal yang mempengaruhi laju fotosintesis adalah: (1) Intensitas cahaya, semakin rendah intensitas cahaya semakin rendah laju fotosintesis karena energi yang diserap tidak mencukupi untuk fotosintesis; (2) kadar karbondioksida, laju fotosintesis dapat ditingkatkan dengan meningkatnya kadar CO_2 udara tetapi bila kadarnya terlalu tinggi dapat meracuni atau menyeba kan stomata tertutup sehingga laju fotosintesis terganggu; (3) suhu, semakin tinggi suhu semakin tinggi pula laju fotosintesis sampai pada batas rentang suhu tertentu; (4) kadar air, kekurangan air atau kekeringan menyebabkan stomata menutup, menghambat penyerapan karbon dioksida sehingga mengurangi laju fotosintesis.

Faktor internal yang mempengaruhi laju fotosintesis diantaranya adalah: (1) kandungan klorofil, daun yang menguning menunjukkan kadar korofil berkurang. Hal ini akan menurunkan laju fotosintesis; (2) kadar fotosintat (hasil fotosintesis), jika kadar fotosintat seperti gula berkurang, laju fotosintesis akan naik. Bila kadar fotosintat bertambah atau bahkan sampai jenuh, laju fotosintesis akan berkurang; dan (3) tahap pertumbuhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa laju fotosintesis jauh lebih tinggi pada tumbuhan yang sedang berkecambah bila dibandingkan dengan tumbuhan dewasa. Hal ini dikarenakan tumbuhan berkecambah memerlukan lebih banyak energi dan makanan untuk tumbuh.

PLPG 2017

Latihan Soal Bab XIV Uraian

1. Jelaskan secara singkat keterkaitan antara metabolisme karbohidrat, lemak dan protein.!

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017

MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN

BIOLOGI

BAB XV EVOLUSI

Dra. Ely Rudyatmi, M.Si.
Dra. Endah Peniati, M.Si.
Dr. Ning Setiati, M.Si.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

PLPG 2017

Kompetensi Inti Guru (KI)

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu

Kompetensi Guru Mata pelajaran (KD)

Memahami lingkup dan kedalaman biologi sekolah

A. PRINSIP EVOLUSI

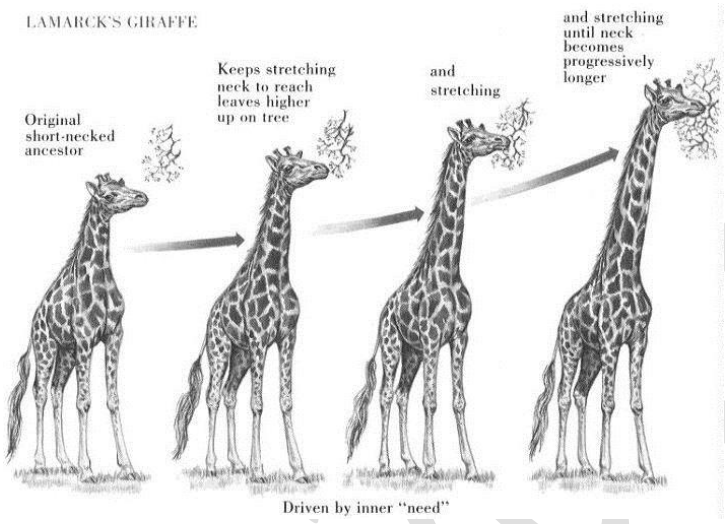
Evolusi merupakan proses perubahan makhluk hidup secara lambat dalam waktu yang sangat lama, sehingga berkembang menjadi berbagai spesies baru. Ada sejumlah ilmuwan yang menyampaikan pokok pikiran tentang evolusi, di antaranya Darwin, Lamarck, Weismann, dsb. Teori evolusi juga mengalami perkembangan dengan munculnya pendapat para ahli yang mempertanyakan kembali tentang kebenaran teori evolusi.

1. Hipotesis Lamarck Tentang Evolusi

Jean B. Lamarck membandingkan spesies yang hidup dengan fosil-fosil dan menemukan adanya hubungan garis keturunan antara makhluk hidup yang sekarang dengan fosil-fosil yang ditemukan. Setiap garis keturunan menunjukkan rangkaian kronologis dari fosil yang lebih tua ke fosil yang lebih muda, dan akhirnya ke spesies yang sekarang ada. Perubahan evolutif tersebut menunjukkan hubungan pola pada fosil dan kecocokan organisme dengan lingkungannya. Ada dua prinsip yang dikemukakan oleh Lamarck. Pertama adalah “use and disuse” atau “ digunakan dan tidak digunakan”. Maksudnya adalah bagian tubuh yang sering digunakan menjadi berukuran lebih besar dan kuat, sedangkan yang jarang digunakan menjadi lemah atau menyusut (*rudimenter*). Misalnya, nenek moyang jerapah pada awalnya berleher pendek selalu berusaha memanjangkan lehernya agar mendapatkan makanan berupa daun dengan posisinya lebih tinggi. Jerapah akan terus menerus memanjangkan lehernya untuk mendapatkan

PLPG 2017

makanan di pepohonan, sehingga terjadi perubahan fisik ukuran leher jerapah, sampai didapatkan jerapah berleher panjang (Gambar 1). Prinsip kedua adalah **pewarisan karakteristik yang diperoleh** (*inheritance of acquired characteristic*), bahwa suatu organisme dapat meneruskan modifikasi-modifikasi karakteristik yang diperolehnya kepada keturunannya.

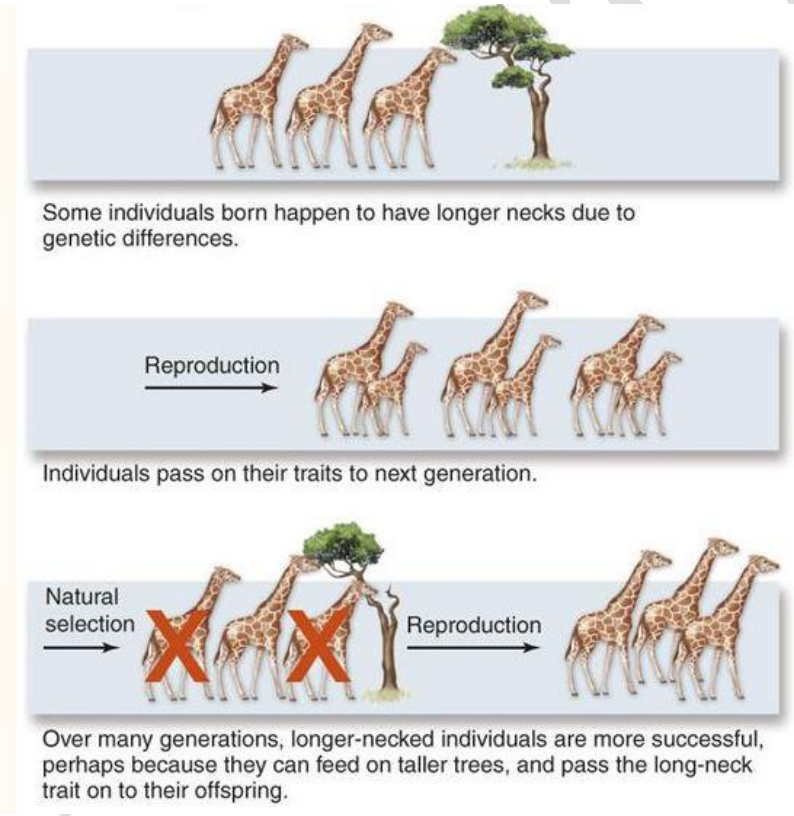


Gambar 1. Pandangan Lamarck tentang evolusi jerapah
(Sumber: www.bio.miami.edu)

2. Hipotesis Darwin tentang Evolusi

Teori evolusi melalui seleksi alam disampaikan oleh Charles R. Darwin pada buku "On the Origin of Species" pada tahun 1859, yaitu proses perubahan organisme dalam waktu yang lama sebagai akibat perubahan fisik atau tingkah laku yang bisa diwariskan. Perubahan yang memungkinkan suatu organisme beradaptasi lebih baik pada lingkungannya akan membantu bertahan hidup dan memiliki lebih banyak keturunan. Evolusi melalui seleksi alam didukung oleh bukti dari berbagai disiplin ilmu, termasuk paleontologi, geologi, genetika, biologi perkembangan. Seleksi alam adalah proses individu-individu dengan sifat tertentu cenderung menghasilkan lebih banyak keturunan pada generasi selanjutnya dibandingkan individu dengan sifat lain. Dua poin penting dalam teori evolusi menurut Darwin: pertama, semua makhluk hidup di bumi satu dengan yang lain berkaitan dan berhubungan; kedua, modifikasi populasi melalui seleksi alam terjadi ketika satu sifat lebih menguntungkan pada satu lingkungan tertentu dibandingkan dengan sifat lainnya.

Terkait dengan penemuan fosil-fosil jerapah, Darwin memiliki pandangan yang berbeda dengan Lamarck. Menurut Darwin pada awalnya memang terdapat variasi panjang leher jerapah. Namun seiring berjalannya waktu terjadi seleksi alam yang lebih menguntungkan jerapah berleher panjang karena lebih mudah untuk mendapatkan makanan dibandingkan jerapah berleher pendek. Karakteristik yang menguntungkan ini diwariskan pada generasi berikutnya dengan proporsi yang jauh lebih tinggi dibandingkan pada jerapah berleher pendek. Jumlah jerapah berleher pendek akan berkurang dari generasi ke generasi sampai akhirnya punah, sementara jerapah berleher panjang akan semakin banyak. Memang, masih tetap ada variasi panjang leher jerapah, namun menunjukkan kecenderungan peningkatan pada jerapah berleher panjang (Gambar 2).



Gambar 2. Pandangan Darwin tentang evolusi jerapah

B. MEKANISME EVOLUSI

Proses evolusi terus berjalan dan akan memunculkan spesies baru yang memiliki karakter berbeda dengan nenek moyangnya, karena adanya usaha penyesuaian (adaptasi) dengan lingkungannya. Jika evolusi berkaitan dengan perubahan sifat genetik yang diwariskan dari generasi ke generasi, sehingga dalam waktu yang sangat lama akan membentuk keturunan yang berbeda dengan nenek moyangnya. Mekanisme evolusi

berkaitan dengan adanya perubahan seleksi alam dan perubahan genetik.

1. Seleksi Alam

Sebenarnya konsep seleksi alam sudah muncul sebelum Darwin, namun Darwinlah orang pertama yang mengemukakan bahwa seleksi alam merupakan penyebab utama terjadinya. Hal itu disampaikannya dalam buku "The Origin of Spesies, by Means of Natural Selection" yang diterbitkan pada tahun 1859. Darwin mengemukakan pandangannya berdasarkan hasil pengamatan dari berbagai data yang ditemukannya selama perjalanannya menjelajah.

Proses seleksi alam yang dikemukakan Darwin memiliki empat komponen penting, yaitu:

a. Variasi. Organisme (dalam populasi) menunjukkan variasi individual dalam tampilan dan tingkah laku. Variasi-variasi tersebut termasuk ukuran tubuh, warna rambut, suara, atau jumlah keturunan. Di sisi lain, sejumlah sifat hanya sedikit atau bahkan tidak menunjukkan adanya variasi, misalnya jumlah mata pada vertebrata.
b. Pewarisan. Sejumlah sifat secara konsisten diwariskan dari induk pada keturunannya. Sifat semacam itu bisa diwariskan, sedangkan yag lain dipengaruhi oleh lingkungan dan heritabilitasnya rendah.
c. Laju pertumbuhan populasi yang tinggi. Sebagian besar populasi memiliki keturunan tiap tahun dibandingkan sumber daya lokal yang dapat mendukung sehingga terjadi perjuangan untuk mendapatkan sumber kehidupan. Tiap generasi dapat mengalami kemation dalam jumlah besar.

PLPG 2017

d. Perbedaan kelangsungan hidup dan reproduksi. Individu-individu yang memiliki kemampuan berjuang untuk mendapatkan sumber daya lokal akan menghasilkan keturunan lebih banyak pada generasi berikutnya.

2. Perubahan Genetik

Jika suatu spesies mengalami evolusi karena perubahan genetik, maka dampaknya adalah perubahan frekuensi gen pada kolam gen (*gene pool*), kondisi ini disebut dengan **mikroevolusi**. Setidaknya ada lima penyebab (agen) mikroevolusi yaitu mutasi, seleksi alam, hanyutan genetik (*genetic drifft*), aliran gen (*gene flow*), perkawinan tidak acak. *Genetic drifft* adalah perubahan dalam kumpulan gen suatu populasi kecil akibat kejadian acak, sedangkan *gene flow* yaitu pertukaran genetik akibat migrasi individu yang subur (fertil) atau

perpindahan gamet antar populasi (bisa dalam bentuk imigrasi maupun emigrasi). Perkawinan tidak acak umumnya terjadi pada perkawinan antar pasangan yang masih dekat hubungan kekerabatannya.

C. PEMAHAMAN MODEREN TENTANG EVOLUSI

Darwin belum mengetahui apapun mengenai genetika, yang diamatinya adalah pola evolusi, meskipun tidak tahu mekanismenya. Karena pada waktu itu belum diketahui bagaimana gen dapat mengkode sifat biologis atau tingkah laku yang berbeda, dan bagaimana gen diwariskan dari induk kepada keturunannya. Penggabungan genetika dan teori Darwin ini dikenal sebagai "sintesis evolusi moderen".

Perubahan fisik dan tingkah laku yang memungkinkan seleksi alam dapat terjadi pada level DNA dan gen. Perubahan semacam ini disebut dengan **mutasi** yang merupakan bahan dasar peristiwa evolusi. Mutasi dapat disebabkan kesalahan acak pada replikasi atau perbaikan DNA, atau oleh kerusakan yang disebabkan bahan kimia dan radiasi. Sebagian besar mutasi bersifat merugikan atau netral, namun bisa juga menguntungkan organisme (meskipun dengan porsi yang jauh lebih kecil). Dengan demikian mutan ini menjadi lebih umum didapatkan pada generasi berikutnya dan tersebar dalam

PLPG 2017

populasi. Melalui cara ini, seleksi alam mengarahkan proses evolusi, mempertahankan dan menambah mutasi menguntungkan, serta menolak yang tidak menguntungkan. Mutasi terjadi secara acak, namun seleksi terhadapnya tidak acak.

Seleksi alam bukanlah satu-satunya penyebab evolusi. Misalnya gen dapat ditransfer dari satu populasi ke populasi lain ketika organisme bermigrasi atau berimigrasi, suatu proses yang disebut aliran gen (*gene flow*). Frekuensi gen tertentu juga dapat berubah secara acak, yang disebut hanyutan genetik (*genetic drift*).

1. Evolusi Biokimiawi

Evolusi yang diperbincangkan pada era Darwin adalah evolusi pada tingkat individu-populasi. Selain itu masih ada kajian evolusi dari sudut pandang awal terbentuknya organisme secara biokimiawi, yang disebut Evolusi Biokimiawi. Ilmuwan yang dikenal memiliki ide ini adalah Alexander Ivanovich Oparin dan John B.S. Haldane, yang mengajukan empat tahapan evolusi biokimiawi, yaitu:

a. Sintesis abiotik (benda tak hidup) dan akumulasi molekul organik kecil atau monomer seperti asam amino dan nukleotida.

b. Penyatuan monomer-monomer menjadi polimer, termasuk protein dan asam nukleat.

c. Agregasi molekul yang diproduksi secara abiotik menjadi *droplet*/tetesan yang disebut protobion yang memiliki karakteristik yang berbeda dengan lingkungan sekitarnya.

d. Munculnya faktor hereditas yang diduga telah berlangsung sebelum tahapan *droplet* atau tetesan.

2. Pandangan Harun Yahya tentang Evolusi

Meskipun bukti-bukti evolusi dari catatan fosil, genetika, dan bidang sain lain melimpah, sejumlah kalangan masih mempertanyakan validitasnya. Salah satunya adalah Harun Yahya (Adnan Oktar) yang berasal dari Turki. Salah satu bukunya yang populer adalah ”Evolution Deceit” atau ”Keruntuhan Teori Evolusi” (2001). Harun Yahya

PLPG 2017

menggunakan data-data sains mutakhir untuk menunjukkan bahwa sesungguhnya secara ilmiah dengan temuan sains modern, teori evolusi sudah terbantahkan. Berdasarkan fakta ilmiah yang dibacanya, kemudian diinterpretasikan sesuai dengan cara pandang dan paradigma yang dipegang oleh Harun Yahya. Pandangan Harun Yahya seperti ini termasuk faham kreasionisme (*cretionism*), yaitu suatu paham yang meyakini bahwa makhluk hidup dan segala jenisnya diciptakan oleh Tuhan, secara terpisah (tidak ada kesamaan leluhur, atau bahwa satu jenis makhluk hidup tidak diturunkan dari jenis makhluk hidup lain).

Harun Yahya membantah Teori Evolusi Darwin berdasarkan dua pertimbangan:

Pertama, kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi pada masa Darwin dan Lamarck masih belum cukup berkembang untuk menjelaskan fenomena asal usul kehidupan. Memang pada masa Lamarck dan Darwin, belum dikenal Genetika dan Biokimia, sehingga mempersempit penjelasan Darwin tentang evolusi dari sudut pandang genetika dan biokimia. Kedua, komposisi dan susunan unsur genetik pada makhluk hidup yang sangat rumit menunjukkan ketidakvalidan mekanisme evolusi kehidupan. Harun Yahya berpednapat bahwa kerumitan yang ada dalam setiap unsur genetik tersebut merupakan hasil rancangan Sang Pencipta alam semesta ini.

Terkait dengan bukti evolusi, terutama catatan fosil dan perbandingan anatomi, Harun Yahya menunjukkan kelemahan-kelemahan bukti evolusi yang dikemukakan oleh Darwin. Tidak ada satu pun fosil bentuk transisi yang dapat ditemukan untukdigunakan sebagai petunjuk proses evolusi. Selain itu, perbandingan anatomi menunjukkan bahwa spesies yang diduga telah berevolusi dari spesies lain ternyata memiliki ciri-ciri anatomi yang sangat berbeda, sehingga mereka tidak mungkin memiliki hubungan nenek moyang dan keturunannya.

Mengenai seleksi alam, Harun Yahya mengungkapkan bahwa tidak pernah ada satu spesies pun yang mampu menghasilkan spesies lain melalui mekanisme seleksi alam. Tidak terjadi perubahan warna sayap kupu-kupu yang diturunkan. Yang ada adalah jumlah kupu-kupu yang berwarna cerah lebih banyak dimangsa oleh burung-burung pemangsa, karena kondisi lingkungan hidup kupu-kupu yang menjadi lebih gelap oleh jelaga. Hal ini menyebabkan kupu-kupu berwarna terang lebih mudah teramati oleh predator, sehingga

PLPG 2017

jumlah kupu-kupu berwarna cerah lebih sedikit dibanding kupu-kupu yang berwarna lebih gelap karena lebih cocok dengan lingkungan.

Evolusi didukung oleh banyak contoh perubahan pada berbagai spesies yang memunculkan keragaman makhluk hidup saat ini. Evolusi pada makhluk hidup secara umum mungkin masih mudah diterima bagi masyarakat, tetapi evolusi pada manusia akan menjadi suatu perdebatan yang panjang. Jika ada teori yang mampu memberikan penjelasan lebih baik daripada teori evolusi dan seleksi alam menurut Darwin, maka teori baru tersebut bisa jadi menggantikan teori yang lama. Namun, jika belum ada maka teori Evolusi Darwin akan tetap dipelajari secara akademis.

Contoh Persilangan Semu Hukum Mendel

Penyimpangan semu hukum Mendel terjadi karena adanya interaksi gen, dua atau lebih gen yang mengontrol satu fenotip. Suatu gen disebut bersifat e**psitasis** ketika menutup ekspresi gen lain (bukan alel lain) untuk satu fenotip yang sama, sedangkan gen yang tertutup ekspresinya disebut bersifat **hipostasis**. Disebut penyimpangan semu karena pada dasarnya hanya menghasilkan **modifikasi rasio** fenotip keturunan dihibrida 9:3:3:1. Ringkasan beberapa peristiwa epistasis-hipostasis disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Contoh modifikasi rasio 9:3:3:1 karena adanya interaksi gen

Gene interaction	Inheritance pattern	A-/B-	A-/bb	aa/B-	aabb	ratio
Additive	Each genotype results in a unique phenotype	9	3	3	1	**9:3:3:1**
Complementary	At least one dominant allele from each of two genes needed for phenotype	9	3	3	1	**9:7**
Recessive Epistasis	Homozyous recessive genotype at one locus masks expression at second locus	9	3	3	1	**9:3:4**
Dominant Epistasis	Dominant allele at one locus masks expression at second locus	9	3	3	1	**12:3:1**
Duplicate Genes	One dominant allele from either of two genes needed for phenotype	9	3	3	1	**15:1**

1. Epistasis Dominan (Rasio 12:3:1)

Pada pewarisan warna labu terjadi interaksi dengan kejadian sebagai berikut:

Pada gen pertama *W*= putih dan *w*= berwarna, sedangkan pada gen ke-2 *G*= kuning, *g*= hijau. Jika dihibrida melakukan penyerbukan sendiri, dihasilkan tiga fenotip dengan rasio 12:3:1.

Jadi persilangannya terjadi sebagai berikut.

Penyerbukan sendiri: WwGg >< WwGg
(putih) ↓ (putih)

3W- { 3G- → 9W-G- = 9 putih
1gg → 3W-gg = 3 putih

1ww { 3G- → 3wwG- = 3 kuning
1gg → 1wwgg = 1 hijau

(Sumber: clovegarden.com)

Jadi hasil yang diperoleh adalah 12 putih: 3 kuning: 1 hijau

Tabel 2 menunjukkan bagaimana rasio ini diperoleh.

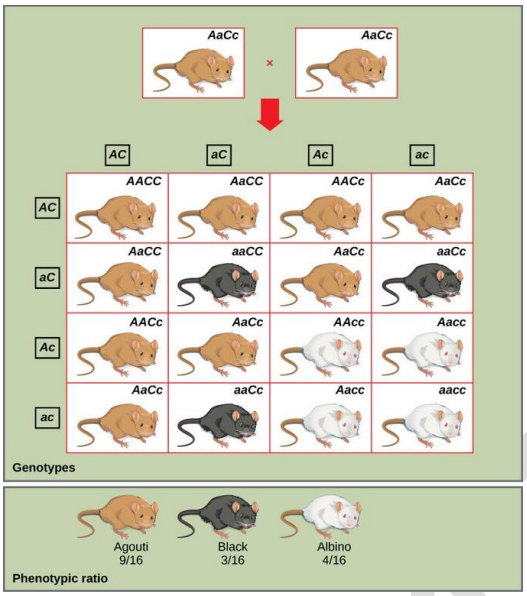
Tabel 2. Rasio kombinasi hasil persilangan

Genotip	**Warna buah**	**Kerja Gen**
9 *W_G_*	Putih	Alel *W* epistasis terhadap alel *G*
3 *W_gg*	Putih	Alel *W* epistasis terhadap alel *g*
3 *wwG_*	Kuning	Alel *w* hipostasis terhadap alel *G*, sehingga muncul warna kuning
1 wwgg	Hijau	Alel *w* hipostasis terhadap alel *g*, sehingga muncul warna kuning

Adanya alel dominan *W* menutupi efek baik alel *G* ataupun *g*, tipe interaksi ini disebut **epistasis dominan**.

2. Epistasis Resesif

Epistasis Resesif dapat dijumpai pada pewarisan warna rambut tikus ditentukan oleh dua gen, yaitu *A*= agouti (rambut belang hitam-kuning) dan *a*= non agouti (warna rambut solid); *C*= muncul warna dan *c*= tidak muncul warna. Jika sepasang tikus agouti (*AaGg*) dikawinkan, maka keturunannya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Persilangan dua tikus agouti yang menunjukkan peristiwa epistasis resesif (Sumber: https://cnx.org/contents/cUeevuaC@2/Laws-of-Inheritance)

Pada Gambar 1 terlihat bahwa tikus agouti dihasilkan dari setiap genotip *A-C-*, sedangkan tikus hitam dihasilkan dari genotip *aaC-*, dan tikus albino dihasilkan dari genotip *A-cc.* Hal ini menunjukkan bahwa homozigot resesif *cc* bersifat epistasis karena menutup ekspresi *A-*, sehingga peristiwa pewarisan semacam ini disebut **epistasis resesif** yang menghasilkan perbandingan 9:3:4.

PLPG 2017

Latihan Soal Bab XV Uraian

1. Bagaimana pandangan Saudara terhadap pernyataan Harun Yahya yang mengungkapkan bahwa tidak pernah ada satu spesies pun yang mampu menghasilkan spesies lain melalui mekanisme seleksi alam?. Jelaskan.

2. Apakah proses persilangan di antara tumbuhan yang sering dilakukan oleh para ilmuwan dapat menyebabkan terjadinya evolusi ? Jelaskan

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017

MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN

BIOLOGI

BAB XVI PENGELOLAAN LIMBAH

Dra. Ely Rudyatmi, M.Si.
Dra. Endah Peniati, M.Si.
Dr. Ning Setiati, M.Si.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

PLPG 2017

Kompetensi Inti Guru (KI)

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu

Kompetensi Guru Mata pelajaran (KD)

Kreatif dan inovatif dalam penerapan dan pengembangan bidang ilmu biologi dan ilmu-ilmu yang terkait

A. PENANGANAN LIMBAH CAIR

Gambar 7.24. Pengolahan Pretreatment

Daerah pemukiman atau perkotaan juga idealnya memiliki IPAL yang dapat menangani limbah domestik. Di IPAL, limbah cair diolah melalui berbagai proses untuk menghilangkan atau mengurangi bahan-bahan pencemar (polutan) yang terkandung dalam limbah sehingga tidak melebihi baku mutu. Setelah melalui proses pengolahan, air limbah diharapkan dapat dibuang ke lingkungan dengan aman. Limbah cair dengan kandungan polutan yang berbeda kemungkinan akan membutuhkan proses pengolahan yang berbeda pula. Proses-proses pengolahan tersebut dapat diaplikasikan secara keseluruhan, berupa kombinasi beberapa proses, atau hanya salah satu. Proses pengolahan tersebut juga dapat dimodifikasi, sesuai dengan kebutuhan atau faktor finansial.

1. Pengolahan Primer

Tahap pengolahan primer limbah cair sebagian besar adalah berupa proses pengolahan secara fisika. Pertama, limbah yang mengalir melalui saluran pembuangan disaring menggunakan jeruji saring (bar screen). Metode ini disebut penyaringan icreening).

Metode penyaringan merupakan cara yang efisien dan murah untuk menyisihkan bahan-bahan padat berukuran besar dari air limbah. Kedua, limbah yang telah disaring kemudian disalurkan ke suatu tangki atau bak yang berfungsi untuk memisahkan pasir dan partikel padat teruspensi lain yang berukuran relatif besar. Tangki ini dalam bahasa Inggris disebut grid chamber.Cara kerjanya aadalah memperlambat aliran limbah sehingga partikel-partikel pasir jatuh ke dasar tangki sementara air limbah terus dialirkan untuk proses selanjutnya. Kedua proses yang dijelaskan di atas sering disebut juga sebagai tahap pengolahan awal (pretreatment). Setelah melalui tahap pengolahan awal, limbah cair akan dalirkan ke tangki atau bak pengendapan. Metode pengendapan adalah metode pengolahan utama dan yang paling banyak digunakan pada proses pengolahan primer limbah cair. Di tangki pengendapan, limbah cair didiamkan agar partikel-partikel padat sang tersuspensi dalam air limbah dapat mengendap ke dasar tangki. Endapan partikel tersebut akan membentuk lumpur yang Kemudian akan dipisahkan dari air limbah ke saluran lain untuk ddiolaah lebih lanjut

2. Pengolahan Sekunder (Secondary Treatment)

Tahap pengolahan sekunder merupakan proses pengolahan secara biologis, yaitu dengan melibatkan mikroorganisme yang dapat mengurai/mendegradasi bahan organik. Mikroorganisme yang digunakan umumnya adalah bakteri aerob. Terdapat tiga metode pengolahan secara biologis yang umurn digunakan, yaitu metode penyaringan dengan tetesan (trickling filter), metode lumpur aktif (activated sludge), dan metode kolam perlakuan (treatment ponds/lagoons).

3. Pengolahan Tersier (Tertiary Treatment)

Pengolahan tersier dilakukan jika setelah pengolahan primer dan sekunder masih terdapat zat tertentu dalam limbah cair yang dapat berbahaya bagi lingkungan atau masyarakat. Pengolahan tersier bersifat khusus, artinya pengolahan ini disesuaikan dengan kandungan zat yang tersisa dalam limbah cair/air limbah. Umumnya zat yang tidak dapat dihilangkan sepenuhya melalui proses pengolahan primer maupun sekunder adalah zat-zat anorganik terlarut, seperti nitrat, fosfat, dan garam-garaman. Pengolahan tersier sering disebut juga pengolahan lanjutan (advanced treatment). Pengolahan ini

PLPG 2017

meliputi berbagai rangkaia¬n proses kimia dan fisika.Contoh metode pengolahan secara tersier yang dapat digunakan adalah metode saringan [Dash- (sand filter), saringan multimedia, precoal filter, microstaining, vacum filter, penyerapan (adsorption) dengan karbon aktif, pengurangan besi dan mangan, dan osmosis bolak-balik.

Metode pengolahan tersier jarang diaplikasikan pada fasilitas pengolahan limbah. Hal ini disebabkan biaya yang diperlukan untuk melakukan proses pengolahan tersier cenderung tinggi sehingga tidak ekonomis.

4. Desinfeksi (Desinfection)

Desinfeksi atau pembunuhan kuman bertujuan untuk membunuh atau mengurangi mikroorganisme patogen (penyebab penyakit) yang ada dalam limbah cair/air limbah. Mekanisme desinfeksi dapat secara kimia, yaitu dengan menambahkan senyawa/zat tertentu, atau dengan perlakuan fisik.

Dalam menentukan senyawa/zat untuk membunuh mikroorganisme, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu: daya racun zat; waktu kontak yang diperlukan;efektivitas zat; kadar dosis yang digunakan;tidak boleh bersifat toksik (racun) terhadap manusia dan hewan;tahan terhadap air,

Contoh mekanisme desinfeksi pada limbah cair adalah penambahan klorin (kiorinasi), penyinaran dengan sinar ultraviolet (UV), atau dengan ozon (03). Proses disinfeksi pada limbah cair biasanya dilakukan setelah proses pengolahan limbah selesai, yaitu setelah pengolahan primer, sekunder, atau tersier, sebelum limbah dibuang ke lingkungan.

5. Pengolahan Lumpur (Sludge Treatment)

Setiap tahap pengolahan limbah cair, baik primer, sekunder, maupun tersier, akan menghasilkan endapan polutan berupa lumpur. Lumpur tersebut tidak dapat dibuang secara langsung, melainkan perlu diolah lebih lanjut. Endapan lumpur hasil pengolahan limbah biasanya akan diolah dengan cara diurai/ dicerna secara anaerob (anaerob digestion), kemudian disalurkan ke beberapa alternatif, yaitu dibuang ke laut atau ke lahan pembuangan (landfill), dijadikan pupuk kompos, atau dibakar (incinerated).

PPG 2017

B. PENANGANAN LIMBAH PADAT

Sampah yang dihasilkan manusia begitu banyak sehingga bila tidak ditangani akan menimbulkan banyak masalah pencemaran. Beberapa metode pengolahan sampah telah diterapkan manusia untuk menangani permasalahan sampah. Masing-masing metode tersebut memiliki kekurangan dan kelebihan. Belum ada satupun dari metode yang telah diterapkan manusia yang dapat menyelesaikan permasalahan sampah dengan sempurna, oleh karena itu, masih perlu terus dikembangkan berbagai metode baru atau modifikasi yang dapat menyempurnakan metode yang telah ada. Berikut akan kamu pelajari beberapa metode pengolahan limbah padat (sampah) yang telah umum diterapkan.

1. Penimbunan

Terdapat dua cara penimbunan sampah yang umum dikenal, yaitu metode penimbunan terbuka (open dumping) dan metode sanitary landfill. Pada metode penimbunan terbuka, sampah dikumpulkan dan ditimbun begitu saja dalam lubang yang dibuat pada suatu lahan, biasanya di lokasi tempat pembuangan akhir (TPA). Metode ini merupakan metode kuno yang sebenarnya tidak memberikan banyak keuntungan. Di lahan penimbunan terbuka, berbagai hama dan kurnan penyebab penyakit dapat berkembang biak. Gas metan yang dihasilkan oleh pembusukan sampah organik dapat menyebar ke udara sekitar dan menimbulkan bau busuk serta mudah terbakar. Cairan yang tercampur dengan sampah dapat merembes ke tanah dan mencemari tanah serta air. Bersama rembesan cairan tersebut, dapat terbawa zat-zat yang berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan.

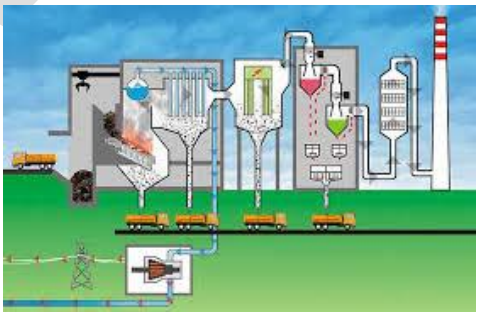
Berbagai permasalahan yang ditimbulkan oleh metode open dumping menyebabkan dikembangkan metode penimbunan sampah yang lebih balk, yaitu sanitary landfill. Pada

PPG 2017

metode sanitary landfill, sampah ditimbun dalam lubang yang dialasi lapisan lempung dan lembaran plastik untuk mencegah perembesan limbah ke tanah. Sampah yang ditimbun dipadatkan, kemudian ditutupi dengan lapisan tanah tipis setiap hari. Hal ini akan mencegah tersebarnya gas metan yang dapat mencemari udara dan berkembangbiaknya berbagai agen penyebab penyakit.Pada landfill yang lebih modern lagi, biasanya dibuat sistem lapisan ganda (plastik – lempung – plastik – lempung) dan pipa-pipa saluran untuk mengumpulkan cairan serta gas metan yang terbentuk dari proses pembusukan sampah. Gas tersebut kemudian dapat digunakan untuk menghasilkan listrik.
Di sebagian besar negara maju, penimbunan sampah dengan metode open dumping telah banyak digantikan oleh metode sanitary landfill. Namun, di Indonesia, tempat penimbunan sampah yang menggunakan metode sanitary landfill masih jauh lebih sedikit jumlahnya dibandingkan dengan yang melakukan penimbunan terbuka (open dumping).

Kelemahan utama penanganan sampah dengan cara penimbunan adalah cara ini menghabiskan lahan. Sampah akan terus terproduksi sementara lahan untuk penimbunan akan semakin berkurang. Sampah yang ditimbun sebagian besar sulit terdegradasi sehingga akan tetap berada di area penimbunan untuk waktu yang sangat lama. Selain itu, meskipun telah menggunakan sanitary landfill, masih ada kemungkinan terjadi kebocoran lapisan sehingga zat-zat berbahaya dapat erembes dan mencemari tanah serta air. Gas metan yang terbentuk dalam timbunan mungkin saja mengalami akumulasi dan beresiko meledak.

2. Insinerasi



Gambar

Insinerasi adalah pembakaran sampah/Iimbah padat menggunakan suatu alat yang disebut insinerator. Kelebihan dari proses insinerasi adalah volume sampah berkurang

PLPG 2017

sangat banyak (bisa mencapai 90 %). Selain itu, proses insinerasi menghasilkan panas yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik atau untuk pemanas ruangan. Meski demikian, tidak semua jenis limbah padat dapat dibakar dalaminsinerator. Jenis limbah padat yang cocok untuk insinerasi di antaranya adalah kertas, plastik, dan karet, sedangkan contoh jenis limbah padat yang kurang sesuai untuk insinerasi adalah kaca, sampah makanan, dan baterai.

Kelemahan utama metode insinerasi adalaah biayanya yang mahal, selain itu insinerasi menghasilkan asap buangan yang dapat menjadi pencemar udara serta abu /ashes pembakaran yang kemungkinan mengandung senyawa yang berbahaya. Kelemahan utama metode insinerasi adalah biaya operasi . yang mahal. Selain itu, insinerasi menghasilkan asap buangan yang dapat menjadi pencemar udara serta abu ashpembakaranyangkemungkinan mengandung senyawa berbahaya.

3. Pembuatan Kompos

Kompos adalah pupuk yang dibuat dari sampah organik, seperti sayuran, daun dan ranting, serta kotoran hewan, melalui proses degradasi/penguraian oleh mikroorganisme tertentu. Kompos berguna untuk memperbaiki struktur tanah dan menyediakan zat makanan yang diperlukan tumbuhan, sementara mikroba yang ada dalam kompos dapat membantu penyerapan zat makanan yang dibutuhkan tanaman.Pembuatan kompos merupakan salah sate cara terbaik untuk mengurangi timbunan sampah organik. Cara ini sangat cocok diterapkan di Indonesia, karena cara pembuatannya relatif mudah dan tidak membutuhkan biaya yang besar. Selain itu, kompos dapat dijual sehingga dapat memberikan pemasukan tambahan atau bahkan menjadi alternatif mata pencaharian.

PLP 2017

Berdasarkan bentuknya, kompos ada yang berbentuk padat dan cair. Pembuatan kompos dapat dilakukan dengan menggunakan kompos yang telah jadi, kultur mikroorganisme, atau cacing tanah. Contoh kultur mikroorganisme yang telah banyak dijual di pasaran dan dapat digunakan untuk membuat kompos adalah EM4 (Effective Microorganism 4). EM4 merupakan kultur campuran mikroorganisme yang dapat meningkatkan degradasi limbah/sampah organik, menguntungkan dan bermanfaat bagi kesuburan tanah maupun pertumbuhan dan produksi tanaman, serta ramah lingkungan. EM4 mengandung mikroorganisme yang terdiri dari beberapa jenis bakteri, di antaranya Lactobacillus sp., Rhodopseudomonas sp., Actinomyces sp., dan Streptomyces sp., dan khamir (ragi), yaitu Saccaharomyces cerevisiae. Kompos yang dibuat menggunakan EM4 yang dikenal juga dengan bokashi.

Kompos dapat juga dibuat dengan bantuan cacing tanah karena cacing tanah mampu menguraikan bahan organik. Kompos yang dibuat dengan bantuan cacing tanah dikenal juga dengan sebutan kascing. Cacing tanah yang dapat digunakan adalah cacing dari spesies Lumbricus terrestis, Lumbricus rebellus, Pheretima defingens, dan Eisenia foetida. Cacing tanah akan menguraikan bahan-bahan kompos yang sebelumnya sudah diuraikan oleh mikroorganisme. Keterlibatan cacing tanah dan mikroorganisme dalam pembuatan kompos menyebabkan pembentukan kompos menjadi lebih efektif dan cepat.

4. Daur Ulang

Berbagai jenis limbah padat dapat mengalami proses daur ulang menjadi produk baru. Proses daur ulang sangat berguna untuk mengurangi timbunan sampah karena bahan buangan diolah menjadi bahan yang dapat digunakan kembali. Contoh beberapa jenis

PI PG 2017

limbah padat yang dapat didaur ulang adalah kertas, kaca, logam (seperti besi, baja, dan alumunium), plastik, dan karet.

Bahan-bahan yang didaur ulang dapat dijadikan produk baru yang jenisnya sama atau produk jenis lain. Contohnya, limbah kertas bisa didaur ulang menjadi kertas kembali. Limbah kaca dalam bentuk botol atau wadah bisa didaur ulang menjadi botol atau wadah kaca kembali atau dicampur dengan aspal untuk menjadi bahan pembuat jalan. Kaleng alumunium bekas bisa didaur ulang menjadi kaleng alumunium lagi. Botol plastik bekas yang terbuat dari plastik jenis polyetilen terftalat (PET) bisa didaur ulang menjadi berbagai produk lain, seperti baju poliyester, karpet, dan suku cadang mobil. Gelas dan peralatan plastik.

C. PENANGANAN LIMBAH GAS

Pengolahan limbah gas secara teknis dilakukan dengan menambahkan alat bantu yang dapat mengurangi pencemaran udara. Pencemaran udara sebenarnya dapat berasal dari limbah berupa gas atau materi partikulat yang terbawa bersama gas tersebut. Berikut akan dijelaskan beberapa cara menangani pencemaran udara oleh limbah gas dan materi partikulat yang terbawa bersamanya.

1. Mengontrol Emisi Gas Buang.

Gas-gas buang seperti sulfur oksida, nitrogen oksida, karbon monoksida, dan hidrokarbon dapat dikontrol pengeluarannya melalui beberapa metode. Gas sulfur oksida dapat dihilangkan dari udara hasil pembakaran bahan bakar dengan cara desulfurisasi menggunakan filter basah (wet scrubber). Mekanisme kerja filter basah ini akan dibahas lebih lanjut pada pembahasan berikutnya, yaitu mengenai metode menghilangkan materi partikulat, karena filter basah juga digunakan untuk menghilangkan materi partikulat.

D. PENANGANAN LIMBAH B 3

Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) tidak dapat begitu saja ditimbun, dibakar, atau dibuang ke lingkungan, karena mengandung bahan yang dapat membahayakan manusia dan makhluk hidup lain. Limbah ini memerlukan cara penangan yang lebih khusus dibanding limbah yang bukan B3. Limbah B3 perlu diolah, baik secara fisik, biologi, maupun kimia sehingga menjadi tidal< berbahaya atau herkurang daya racunnya. Setelah diolah, limbah B3 masih memerlukan metode pembuangan yang khusus untuk mencegah resiko terjadi pencemaran.

Pengolangan Limbah Cair

Industri primer pengolahan hasil hutan merupakan salah satu penyumbang limbah cair yang berbahaya bagi lingkungan. Bagi industri-industri besar, seperti industri pulp dan kertas, teknologi pengolahan limbah cair yang dihasilkannya mungkin sudah memadai, namun tidak demikian bagi industri kecil atau sedang. Namun demikian, mengingat penting dan besarnya dampak yang ditimbulkan limbah cair bagi lingkungan, penting bagi sektor industri kehutanan untuk memahami dasar-dasar teknologi pengolahan limbah cair.

Teknologi pengolahan air limbah adalah kunci dalam memelihara kelestarian lingkungan. Apapun macam teknologi pengolahan air limbah domestik maupun industri yang dibangun harus dapat dioperasikan dan dipelihara oleh masyarakat setempat. Jadi teknologi pengolahan yang dipilih harus sesuai dengan kemampuan teknologi masyarakat yang bersangkutan.Berbagai teknik pengolahan air buangan untuk menyisihkan bahan polutannya telah dicoba dan dikembangkan selama ini. Teknik-teknik pengolahan air

PLPG 2017

buangan yang telah dikembangkan tersebut secara umum terbagi menjadi 3 metode pengolahan:

1. pengolahan secara fisika
2. pengolahan secara kimia
3. pengolahan secara biologi

Untuk suatu jenis air buangan tertentu, ketiga metode pengolahan tersebut dapat diaplikasikan secara sendiri-sendiri atau secara kombinasi.

1. Pengolahan Secara Fisika

Pada umumnya, sebelum dilakukan pengolahan lanjutan terhadap air buangan, diinginkan agar bahan-bahan tersuspensi berukuran besar dan yang mudah mengendap atau bahan-bahan yang terapung disisihkan terlebih dahulu. Penyaringan (screening) merupakan cara yang efisien dan murah untuk menyisihkan bahan tersuspensi yang berukuran besar. Bahan tersuspensi yang mudah mengendap dapat disisihkan secara mudah dengan proses pengendapan. Parameter desain yang utama untuk proses pengendapan ini adalah kecepatan mengendap partikel dan waktu detensi hidrolis di dalam bak pengendap.

2. Pengolahan Secara Kimia

Pengolahan air buangan secara kimia biasanya dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap (koloid), logam-logam berat, senyawa fosfor, dan zat organik beracun; dengan membubuhkan bahan kimia tertentu yang diperlukan. Penyisihan bahan-bahan tersebut pada prinsipnya berlangsung melalui perubahan sifat bahan-bahan tersebut, yaitu dari tak dapat diendapkan menjadi mudah diendapkan (flokulasi-koagulasi), baik dengan atau tanpa reaksi oksidasi-reduksi, dan juga berlangsung sebagai hasil reaksi oksidasi.

Gambar 2. Skema Diagram pengolahan Kimiawi

Pengendapan bahan tersuspensi yang tak mudah larut dilakukan dengan membubuhkan elektrolit yang mempunyai muatan yang berlawanan dengan muatan koloidnya agar terjadi netralisasi muatan koloid tersebut, sehingga akhirnya dapat diendapkan. Penyisihan logam berat dan senyawa fosfor dilakukan dengan membubuhkan larutan

PLPG 2017

alkali (air kapur misalnya) sehingga terbentuk endapan hidroksida logam-logam tersebut atau endapan hidroksiapatit. Endapan logam tersebut akan lebih stabil jika pH air > 10,5 dan untuk hidroksiapatit pada pH > 9,5. Khusus untuk krom heksavalen, sebelum diendapkan sebagai krom hidroksida [$Cr(OH)_3$], terlebih dahulu direduksi menjadi krom trivalent dengan membubuhkan reduktor ($FeSO_4$, SO_2, atau $Na_2S_2O_5$).

Penyisihan bahan-bahan organik beracun seperti fenol dan sianida pada konsentrasi rendah dapat dilakukan dengan mengoksidasinya dengan klor (Cl_2), kalsium permanganat, aerasi, ozon hidrogen peroksida. Pada dasarnya kita dapat memperoleh efisiensi tinggi dengan pengolahan secara kimia, akan tetapi biaya pengolahan menjadi mahal karena memerlukan bahan kimia.

3. Pengolahan secara biologi

Semua air buangan yang biodegradable dapat diolah secara biologi. Sebagai pengolahan sekunder, pengolahan secara biologi dipandang sebagai pengolahan yang paling murah dan efisien. Dalam beberapa dasawarsa telah berkembang berbagai metode pengolahan biologi dengan segala modifikasinya.

Pada dasarnya, reaktor pengolahan secara biologi dapat dibedakan atas dua jenis, yaitu:

1.Reaktor pertumbuhan tersuspensi (suspended growth reaktor);

2. Reaktor pertumbuhan lekat (attached growth reaktor).

Di dalam reaktor pertumbuhan tersuspensi, mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi. Proses lumpur aktif yang banyak dikenal berlangsung dalam reaktor jenis ini. Proses lumpur aktif terus berkembang dengan berbagai modifikasinya, antara lain: oxidation ditch dan kontak-stabilisasi. Dibandingkan dengan proses lumpur aktif konvensional, oxidation ditch mempunyai beberapa kelebihan, yaitu efisiensi penurunan BOD dapat mencapai 85%-90% (dibandingkan 80%-85%) dan lumpur yang dihasilkan lebih sedikit. Selain efisiensi yang lebih tinggi (90%-95%), kontak stabilisasi mempunyai kelebihan yang lain, yaitu waktu detensi hidrolis total lebih pendek (4-6 jam). Proses kontak-stabilisasi dapat pula menyisihkan BOD tersuspensi melalui proses absorbsi di dalam tangki kontak sehingga tidak diperlukan penyisihan BOD tersuspensi dengan pengolahan pendahuluan.

PLPG 2017

Kolam oksidasi dan lagoon, baik yang diaerasi maupun yang tidak, juga termasuk dalam jenis reaktor pertumbuhan tersuspensi. Untuk iklim tropis seperti Indonesia, waktu detensi hidrolis selama 12-18 hari di dalam kolam oksidasi maupun dalam lagoon yang tidak diaerasi, cukup untuk mencapai kualitas efluen yang dapat memenuhi standar yang ditetapkan. Di dalam lagoon yang diaerasi cukup dengan waktu detensi 3-5 hari saja. Seluruh modifikasi ini dapat menghasilkan efisiensi penurunan BOD sekitar 80%-90%. Ditinjau dari segi lingkungan dimana berlangsung proses penguraian secara biologi, proses ini dapat dibedakan menjadi dua jenis:

1. Proses aerob, yang berlangsung dengan hadirnya oksigen;
2. Proses anaerob, yang berlangsung tanpa adanya oksigen.

Apabila BOD air buangan tidak melebihi 400 mg/l, proses aerob masih dapat dianggap lebih ekonomis dari anaerob. Pada BOD lebih tinggi dari 4000 mg/l, proses anaerob menjadi lebih ekonomis.

Gambar 3. Skema Diagram pengolahan Biologi

Dalam prakteknya saat ini, teknologi pengolahan limbah cair mungkin tidak lagi sesederhana seperti dalam uraian di atas. Namun pada prinsipnya, semua limbah yang dihasilkan harus melalui beberapa langkah pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan atau kembali dimanfaatkan dalam proses produksi, dimana uraian di atas dapat dijadikan sebagai acuan. [DAW]

PLPG 2017

Latihan Soal Bab XVI Uraian

1. Jenis pengolahan limbah padat (sampah) ada beberama macam, salah satunya adalah metode sanitary landfill. Jelaskan bagaimana langkah metode tersebut dan apa kelebihan dan kekurangannya.

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2017

MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN

BIOLOGI

BAB XVII
PENGELOLAAN ALAT DAN BAHAN LABORATORIUM

Dra. Ely Rudyatmi, M.Si.
Dra. Endah Peniati, M.Si.
Dr. Ning Setiati, M.Si.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2017

PLPG 2017

Kompetensi Inti Guru (KI)

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu

Kompetensi Guru Mata pelajaran (KD)

Menguasai prinsip-prinsip dan teori-teori pengelolaan dan keselamatan kerja/belajar di laboratorium biologi sekolah

A. PENGELOLAAN ALAT DAN BAHAN LABORATORIUM

Pengelolaan alat dan bahan laboratorium merupakan bagian dari manajemen laboratorium. Manajemen Laboratorium (Laboratory Management) adalah usaha untuk mengelola laboratorium berdasar konsep manajemen baku.Bagaimana suatu laboratorium dapat dikelola dengan baik sangat ditentukan oleh beberapa faktor yang sangat berkaitan satu dengan lainnya. Beberapa peralatan laboratorium yang canggih dengan staf profesional yang terampil, belum tentu dapat beroperasi dengan baik , jika tidak didukung oleh adanya manajemen laboratorium yang baik. Oleh karena itu manajemen laboratorium adalah suatu bagian yang tak dapat dipisahkan dari kegiatan laboratorium sehari-hari.

Peralatan laboratorium sebaiknya dikelompokkan berdasarkan penggunaannya. Setelah selesai digunakan harus segera dibersihkan kembali dan disusun seperti semula. Semua alat-alat ini sebaiknya diberi penutup (cover), misal plastik transparan, terutama terutama alat-alat yang memang memerlukannya. Alat-alat yang tidak berpenutup akan cepat berdebu, kotor dan akhirnya dapat merusak alat yang bersangkutan.

1. Alat-alat gelas (Glassware)

Alat-alat gelas harus dalam keadaan bersih, apalagi peralatan gelas yang sering dipakai. Alat-alat gelas yang memerlukan sterilisasi, sebaiknya disterilisasi sebelum dipakai. Semua alat-alat gelas ini seharusnya ditempatkan pada lemari khusus.

PLPG 2017

2. Alat-alat mikroskop

Alat-alat mikroskop dan alat-alat optik lainnya seharusnya disimpan pada tempat yang kering dan tidak lembab. Kelembaban yang tinggi akan menyebabkan lensa-lensa berjamur, jika jamur ini banyak, maka mikroskop akan rusak dan tidak dapat dipakai sama sekali. Sebagai tindakan pencegahan, mikroskop selalu ditempatkan dalam kotaknya, yang biasanya dilengkapi dengan silica-gel dan sebelum disimpan dicek kembali kebersihannya. Mikroskop ini seharusnya ditempatkan di dalam lemari-lemari khusus yang dikendalikan kelembabannya. Untuk lemari biasanya diberi lampu pijar 10-15 watt, agar ruang ini tetap selalu panas / kering dan akan mengurangi kelembaban udara (dehumidifier-air). Alat optik lainnya seperti lensa pembesar (loupe), alat kamera optik, kamera digital, microphoto-camera, juga ditempatkan pada lemari khusus yang tidak lembab .

3. Bahan-bahan kimia

Bahan-bahan kimia yang bersifat asam dan alkalis, sebaiknya ditempatkan pada kamar/ruang fume (untuk mengeluarkan gas-gas yang mungkin timbul). Demikian juga untuk bahan-bahan yang mudah menguap. Ruangan fume perlu dilengkapi fan, agar udara/uap yang ada dapat terpompa keluar. Bahan kimia yang ditempatkan dalam botol berwarna coklat atau gelap tidak boleh langsung terkena sinar matahari, sebaiknya ditempatkan pada lemari khusus.

B. PENANGANAN ALAT-ALAT

1. Alat-alat kaca / gelas

Bekerja dengan alat-alat kaca perlu hati-hati sekali. Beakerglass, erlenmeyer, dll sebelum dipanaskan harus benar-benar diteliti apakah gelas tersebut retak, sumbing, dan sebagainya. Bila terdapat gejala itu sebaiknya barang-barang seperti itu tidak dipakai lagi.

2. Mematahkan pipa kaca/batangan kaca bila hal tersebut hendak dilakukan maka pekerja harus memakai sarung tangan. Bekas patahan pipa kaca dihaluskan lalu diberi pelumas / gemuk, baru kemudian dimasukkan ke sumbat gabus, kaca atau pipet.

3. Mencabut pipa kaca dari gabus dan sumbat harus dilakukan dengan hati-hati. Bila sukar mencabutnya, potong dan belah gabus itu. Untuk memperlonggar lebih baik

PLPG 2017

menggunakan pelubang gabus yang ukurannya telah cocok, kemudian licinkan dengan meminyakinya dan kemudian putar perlahan-lahan melalui sumbat. Cara ini juga digunakan untuk memasukkan pipa kaca ke sumbat.

4. Alat-alat kaca yang bergerigi atau sumbing, sebaiknya jangan digunakan. Sebelum dibuang sebaiknya dicuci dulu siapa tahu suatu ketika dapat digunakan untuk keperluan lain atau masih bisa diperbaiki.

5. Semua bejana seperti botol, flask, test tube dan lain-lain seharusnya diberi label yang jelas. Jika tidak jelas, lakukan pengetesan isi bejana yang belum diketahui secara pasti dengan hati-hati secara terpisah, kemudian dibuang melalui cara yang sesuai dengan jenis zat kimia tersebut. Biasakanlah menulis tanggal, nama orang yang membuat, konsentrasi, nama dan bahayanya dari zat-zat kimia yang ada di dalam bejana.

6. Tabung-tabung gas harus ditangani dengan hati-hati walau penuh ataupun tidak penuh. Penyimpanan sebaiknya di tempat sejuk dan hindari tempat yang panas.Kran gas harus selalu tertutup jika tidak dipakai, demikian juga dengan kran pengatur. Alat-alat yang berhubungan dengan tabung gas harus memakai ”safety use” (sejenis alat pengaman jika terjadi tekanan yang kuat). Dewasa ini sudah banyak beredar bergbagai jenis pengaman seperti selang anti bocor dll.

7. Penggunaan pipet dengan jalan mengisap dengan mulut sebaiknya dihindari. Gunakan pipet yang dilengkapi dengan pompa pengisap (pipet pump).

8. Di dalam laboratorium harus tersedia alat pemadam kebakaran yang sesuai dengan jenis kebakaran yang mungkin timbul di laboratorium tersebut.

Tabel 1. Klasifikasi bahan yang mudah terbakar

Kelas kebakaran ***(fire class*****)**	**Bahan yang mudah terbakar** ***(Burning material)***
Kelas “A”	Kertas, kayu, textil, plastik, bahan-bahan pabrik, atau campuran lainnya.
Kelas “B”	Larutan yang mudah terbakar
Kelas “C”	Gas yang mudah terbakar
Kelas “D”	Alat-alat listrik

Di bawah ini diberikan bahan-bahan yang dapat menimbulkan kebakaran beserta klasifikasinya.Bahan-bahan yang lain, jika terbakar sulit untuk diklasifikasikan, karena

berubah dari padat, menjadi cair atau dari cair menjadi gas pada temperatur yang tinggi. Perlu diingat bahwa: Nyawa Anda lebih berharga daripada peralatan/bangunan yang ada". Oleh karenanya peralatan pemadam kebakaran harus tersedia di laboratorium.

Tabel 2. Jenis alat pemadam kebakaran

Type	Kelas Kebakaran	Warna Tabung
Air	A,B,C	Merah
Busa (*foam)*	A,B	Krem
Tepung (*powder*)	A,B,C,D	Biru
Halon (*Halogen)*	A,B,C,D	Hijau
Karbodioksida (CO_2)	A,B,C,D	Hitam
Pasir	A,B	-

C. Cara mengawetkan specimen hewan

a. Hewan Invertebrata dimasukkan ke dalam botol koleksi yang telah diisi dengan spriritus 2,5%. Bila menginginkan tidak berwarna gunakan alcohol 70% atau formalin 2%

(98 ml aquades + 2 ml formalin 4%) kemudian botol koleksi ditutup rapat

b. Hewan vertebrata bagian perutnya harus diiris dari anus ke mulut agar zat pengawet masuk meresap ke tubuh bagian dalam Kemudian celupkan dalam formalin 4% - 10%, agar tidak kaku untuk praktikum alcohol 70%

c. Awetan kering

Serangga dibunuh dengan obat pembunuh serangga. Serangga ditusuk dengan jarum pentul pada bagian toraks atau aabdomen, lalu ditancapkan pada gabus atau plasticbusa untuk diangin-angkinkan hingga kering , setelah kering disimpat dalam botol dan diberi kapur barus

d. Pengawetan basah

Masukkan tumbuhan pada botol koleksi yang berisi formalin 4%

Bahan yang digunakan dalam kegiatan di laboratorium dapat berupa bahan kimia, han alami (berupa benda dan makhluk hidup). Bahan kimia yang berbahaya dengan ciri mudah terbakar, mudah meledak, korosif dan beracun. Contoh bahan kimia berbahaya seperti asam khlorida, asam sulfat dan asam phosphat. Bahan kimia di laboratorium IPA

PLPG 201

BERDASARKAN SIFAT ZAT YANG SESUAI DENGAN SIMBOLNYA MELIPUTI KELOMPOK:

1. Bahan yang mudah terbakar, seperti alkohol (C2H5OH), eter, spiritus dan belerang.
2. Bahan yang mudah menguap, seperti eter, alkohol dan spiritus
3. Bahan yang tidak berbahaya, seperti amilum (tepung/pati), glukosa, sukrosa (gula pasir), air dan minyak.
4. Bahan untuk reaksi kimia, seperti reagen biuret, reagen Fehling A dan Fehling B,larutan lugol, larutan iodium dan reagen Bennedict.

Bahan dari makhluk hidup yang digunakan di laboratorium Biologi, digunakan untuk:

1. Bahan yang diuji, seperti bahan makanan, bagian tumbuhan (bunga, daun, buah, batang dan akar), bagian hewan (bulu, rambut, tulang, darah dsb), mikroorganisme (bakteri, ganggang, jamur, kultur Amoeba proteus dsb)
2. Bahan yang digunakan untuk menguji, seperti kunyit, bunga sepatu dan kulit anggur sebagai bahan indikator asam-basa.

Berdasarkan sifat kimianya bahan-bahan kimia digolongkan menjadi :

Bahan Mudah Terbakar

Bahan terbakar dapat berwujud gas, cair yang mudah menguap atau bahan padat yang dalam bentuk debu dapat meledak (terbakar) jika tercampur atau terdispersi dengan udara.

Cairan yang mudah terbakar memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

1. Mudah menguap atau volatik
2. Uap cairan dapat terbakar (menimbulkan api) dalam kondisi normal
3. Uap cairan lebih mudah menimbulkan api atau ledakan jika dibandingkan dengan cairannya.

Kecepatan penguapan bervariasi dari satu cairan ke cairan lainnya sebanding dengan naiknya suhu. Uap dari cairan yang mudah terbakar tidak dapat dilihat sehingga sulit untuk mendeteksinya kecuali digunakan indicator gas yang mudah terbakar. Sebahagian besar uap lebih berat daripada udara sehingga cenderung ada dipermukaan lantai. Uap cairan yang mudah terbakar mudah berdifusi sehingga seluruh mangan menjadi berbahaya.

PLPG 2017

Bahan- bahan kimia mudah terbakar dapat berupa :

1. Pelarut dan pereaksi Organik

Seperti Asetaldehid, Asam Asetat, Aseton, Benzen, Karbon difulfida, Etil Alkohol, Eter, Etil Asetat, Etil Alkohol, Petroleum Eter, Isopropil Alkohol, Taluen,Xylen.

2. Bahan Anorganik

Bila terjadi kebakaran logam Alumunium, magnesium dan Zinkum (seng) dalam keadaan murni jangan gunakan pemadam berisi api tetapi gunakanlah serbuk pemada

Fosfor kuning, akan terbakar bila berhubungan dengan udara. Simpan dalam air dan control selalu permukaan airnya karena permukaan air akan menurut akibat penguapan.

Logam K dan Na akan terbakar jika kontak dengan air, simpan didalam minyak paraffin. Kontrol permukaan minyak paraffin tersebut. Berikut ini adalah beberapa contoh bahan diantaranya Natrium Clorida (garam dapur), Asam klorida, asam sulfat, Natrium hidroksida, Kalium hidroksida,dll.

Bahan Pengoksidasi

Bahan-bahan ini dapat menimbulkan reaksi eksotermis yang sangat tinggi jika kontak langsung dengan bahan lain khususnya dengan bahan mudah terbakar.

Misalnya bahan-bahan pengoksidasi. Contoh : Chlorat,Perchlorat, Khlorin, Fluorin dan Iodin yang mudah bereaksi dengan Oksigen (dalam kondisi tertentu) dikelompokkan menjadi bahan pengoksisdasi.

Bahan Mudah Meledak

Peroksida dalam bentuk murni sehingga menimbulkan ledakan tapi karena bahan ini umumnya tak tersedia kecuali di campurkan dengan bahan inert/netral dalam persentase kecil maka sering dianggap mudah terbakar .

Asam perchlorat (HCL4) berbahaya karena menimbulkan ledakan jika kontak dengan bahan organic . Asam perchlorat tak boleh digunakan diatas meja kayu, botol yang digunakan harus dari gelas dan jika tercemar harus segera dibuang.

Bahan Beracun (toksik)

Bahan beracun yang terhisap dapat mengakibatkan :

PLPG 2017

1. Asfiksi (kesulitan bernafas) dan menyebabkan defisiensi O2.

Misalnya : Nitrogen, Hidrogen dan CO2

2. Iritasi, yang dapat melukai saluran pernapasan dan paru paru

Misalnya : Ammonia, Hidrogen Klorida, glas Klor, gas bromine dan Hidrogen Sulfida serta uap logam berat seprti Air Raksa dan Timbal

3. Bahan bahan yang beracun lainnya adalah yaitu Alinin, Benzen, Bromin, chlorine, Hidrogen peroksida, Iodium, Asam Nitrat, Phenol Sulfur dioksida, logam-logam , Mercury perak ,timah dan sebagainya.

Cara menyimpan bahan laboratorium

Cara menyimpan bahan laboratorium IPA dengan memperhatikan kaidah penyimpanan, seperti halnya pada penyimpanan alat laboratorium. Sifat masing-masing bahan harus diketahui sebelum melakukan penyimpanan, seperti:

- Bahan yang dapat bereaksi dengan kaca sebaiknya disimpan dalam botol plastik.
- Bahan yang dapat bereaksi dengan plastik sebaiknya disimpan dalam botol kaca.
- Bahan yang dapat berubah ketika terkenan matahari langsung, sebaiknya disimpan dalam

botol gelap dan diletakkan dalam lemari tertutup. Sedangkan bahan yang tidak mudah rusak oleh cahaya matahari secara langsung dalam disimpan dalam botol berwarna bening

- Bahan berbahaya dan bahan korosif sebaiknya disimpan terpisah dari bahan lainnya.
- Penyimpanan bahan sebaiknya dalam botol induk yang berukuran besar dan dapatpula menggunakan botol berkran.
- Pengambilan bahan kimia dari botol sebaiknya secukupnya saja sesuai kebutuhan

praktikum pada saat itu. Sisa bahan praktikum disimpam dalam botol kecil, jangan dikembalikan pada botol induk. Hal ini untuk menghindari rusaknya bahan dalam botol induk karena bahan sisa praktikum mungkin sudah rusak atau tidak murni lagi

- Bahan disimpan dalam botol yang diberi simbol karakteristik masing-masing bahan.

PLPG 2017

Pembuatan bahan Kimia

1. Pereaksi Umum

Larutan perekasi adalah larutan yang digunakan sebagai bahan untuk berlangsungnya suatu reaksi. Contoh H_2SO_4 dan NaOH

2. Pereaksi khusus

Larutan pereaksi khusu adalah larutan yang digunakan untuk menguji adanya zat-zat tertentu.

a. Pereaksi Benedict

Digunakan untuk mengetahui adanya gula reduksi seperti glukosa, fruktosa dan maltosa

Pembuatannya :

Latutan 1 .Larutkan 173 g Natrium sitrat dan 100 g Natrium karbonat dalam 500 ml air hangat. Aduk kemudian disaring. Ambinl hasil saringan genapkan sampai volume 850 ml.

Larutan 2. Larutkan 17.3 g Kuprisulfat dalam 100 ml air dan genapkan sampai 150 ml

Tuangkan larutan 1 ke dalam gelas kimia lalu tambahkan larutan 2 secara hati-hati sambil diaduk, kemudian genapkan volume 1 liter.

b. Larutan Iodium

Digunakan untuk mengetahui adanya amilum

Pembutannya :

Larutkan 10 g KI dalam 1 liter air, kemudian tambahkan 2.5 g iodium (I_2) dan aduk

c. Pereaksi Milon

Digunakan untuk mengetahui adanya protein

Pembuatannya :

Larutkan 10 g Merkuri (Hg) dalam 20 ml asam nitrat pekat (dilakukan di udara terbuka atau ruang asam). Bila telah larut dan tidak timbul asap coklat lagi encerkan dengan 60 ml air. Tuangkan cairan bagian atas dan simpan dalam botol bertutup gel

Setelah praktikum dengan menggunkan bahan kimia maka alat-alat harus dibersihan , ada beberapa cara untuk membersihan alat-alat .

PLPG 2017

Alat dari gelas : dengan larutan detergen

Pembutan : 20 g serbuk detergen + 1 liter air serta + 3 -10 ml asam nitrat pekat

Penggunaan : Encerkan 20 ml larutan dengan air sampai 1 liter

Menghilangkan noda pada alat-alat kaca

Noda	**warna**	**Larutan yang digunkan**
Belerang	Kuning	Amonium Sulfida
Besi	Kuning	Asam klorida pekat
Yodium	Kuning/coklat	Natrium tiosulfat
Kerak karbon	hitam	Campuran 3 g trinatrium fosfat dan 3 g natrium oleat dlm 100 ml air
Kerak	putih	5% natrium metasilikat dalam air
Tulisan yg tidak dapat dihapus		Aseton

Keselamatan kerja di laboratorium

Prosedur Keselamatan Kerja Laboratorium

Laboratorium merupakan suatu ruangan yang dirancang khusus agar kita dapat melakukan suatu percobaan dengan aman. Agar kegiatan di laboratorium dapat berjalan dengan lancar dan aman, setiap praktikan perlu melaksanakan prosedur keselamatan kerja di laboratorium. Keselamatan kerja di laboratorium merupakan usaha atau tindakan pencegahan agar dalam kegiatan di laboratorium terhindar dari kecelakaan.

Prosedur keselamatan kerja di laboratorium sangat penting untuk diperhatikan mengingat hasil penelitian menunjukkan telah terjadi kecelakaan kerja dengan intensitas yang sangat mengkhawatirkan, yaitu 9 orang/ hari. Keselamatan semua pihak merupakan tanggung jawab semua pengguna laboratorium.

a. Perlengkapan Saat Berada di Laboratorium

Demi keamanan pada saat praktikum, sebelum memasuki laboratorium, setiap praktikan harus mengenakan perlengkapan berikut.

1) Jas Laboratorium : jas laboratorium berfungsi untuk melindungi pakaian yang kita kenakan dari kontak fisik zat-zat dan senyawa kimia.

PLPG 2017

2) Masker : pada saat memasuki laboratorium, kita akan mencium aroma yang tidak sehat, oleh karena itu, kita harus memakai masker.

3) Sarung Tangan : sarung tangan digunakan saat akan melakukan berbagai reaksi kimia. Tujuannya agar tangan tidak berkontak langsung dengan bahan kimia tersebut.

4) Kaca Mata : kaca mata yang dimaksud di sini adalah kaca mata yang dapat melindungi mata dari reaksi-reaksi dan bahan kimia.

5) Sepatu : sepatu berfungsi untuk melindungi kaki dari tumpahan bahan-bahan kimia.

b. Alat Keselamatan Kerja

Di dalam laboratorium harus sudah tersedia seluruh alat keselamatan kerja agar pada saat terjadi kecelakaan atau keadaan darurat bisa diatasi dengan cepat.

Alat keselamatan kerja yang harus ada di laboratorium antara lain:

1) pemadam kebakaran (hydrant);

2) eye washer;

3) water shower;

4) kotak P3K;

5) peralatan pembersih;

6) obat-obatan;

7) kapas; dan

8) plaster pembalut.

c. Tata Tertib Keselamatan Kerja

Agar kegiatan di dalam laboratorium dapat berjalan dengan baik, aman, dan lancar, setiap praktikan harus mematuhi aturan-aturan yang ada di laboratorium.

Aturan umum dalam tata tertib keselamatan kerja di laboratorium antara lain sebagai berikut.

1) Dilarang mengambil atau membawa keluar alat-alat dan bahan yang ada di laboratorium tanpa seizin guru.

2) Mencuci tangan sebelum dan sesudah praktikum.

3) Gunakan alat dan bahan sesuai dengan petunjuk praktikum yang diberikan.

4) Jangan melakukan eksperimen sebelum mengetahui informasi mengenai bahaya bahan kimia, alat-alat, dan pemakaiannya.

PLPG 2017

5) Bertanyalah jika merasa ragu atau tidak mengerti saat melakukan percobaan.

6) Mengenali semua jenis peralatan keselamatan kerja dan letaknya untuk memudahkan saat terjadi kecelakaan kerja.

7) Harus mengenakan perlengkapan saat berada di dalam laboratorium, seperti jas laboratorium, masker, kaca mata, dan sepatu.

8) Harus mengetahui cara pemakaian alat darurat, seperti pemadam kebakaran, eye shower, water shower, dan alat keselamatan kerja lainnya.

9) Jika terjadi kerusakan atau kecelakaan, sebaiknya segera melapor kepada petugas laboratorium.

10) Setiap praktikan harus mengetahui cara memberikan pertolongan pertama pada kecelakaan (P3K).

11) Buanglah sampah pada tempatnya.

12) Jangan bermain-main di dalam laboratorium.

13) Dilarang merokok, makan, dan minum di laboratorium.

14) Setelah selesai melakukan percobaan, alat-alat harus dikembalikan ke tempat semula dalam keadaan kering dan bersih.

15) Sebelum meninggalkan laboratorium, meja praktikum harus dalam keadaan bersih, kran air dan gas ditutup, kontak listrik dicabut.

d. Penggunaan Bahan-Bahan Kimia di laboratorium

Seperti diketahui bahwa bahan-bahan kimia yang ada di laboratorium ada yang berbahaya dan beracun. Oleh sebab itu, dalam penggunaannya harus berhati-hati dan sesuai dengan prosedur.

Hal-hal yang harus diperhatikan saat penggunaan bahan kimia antara lain sebagai berikut.

1) Tabung reaksi yang berisi zat kimia tidak boleh diarahkan ke wajah sendiri atau orang lain.

2) Senyawa kimia tidak boleh dibaui.

3) Larutan kimia yang tertuang di meja praktikum atau di lantai harus segera dibersihkan. Jika asam pekat maka harus dinetralkan dengan $NaCO_3$. Jika basa kuat dinetralkan denganNH_4Cl. Kemudian, ditambah air secukupnya.

4) Larutan pekat yang tidak terpakai harus segera dibuang setelah diencerkan terlebih

PLPG 2017

dahulu.

5) Senyawa/ zat kimia tertentu tidak boleh dicampur karena akan terjadi reaksi yang dahsyat, kecuali sudah diketahui pasti tidak akan menimbulkan bahaya.

6) Senyawa/ zat yang sudah tertuang ke dalam botol jangan dikembalikan ke tempatnya semula.

e. Penyimpanan Bahan Kimia

Untuk mencegah bahaya yang tidak diinginkan, bahan-bahan kimia harus disimpan dengan baik. Hal-hal yang harus diperhatikan pada penyimpanan bahan kimia antara lain sebagai berikut.

1) Botol-botol yang berisi bahan kimia disimpan pada rak atau lemari yang telah disediakan khusus.

2) Jangan mengisi botol-botol sampai penuh.

3) Jangan menggunakan tutup dari kaca untuk botol yang berisi basa karena lama kelamaan tutup itu akan melekat pada botol dan susah dibuka.

4) Semua peralatan/ gelas kimia yang berisi bahan kimia harus diberi label yang menyatakan nama bahan itu.

5) Bahan kimia yang dapat bereaksi hebat hendaknya jangan disimpan berdekatan.

f. Simbol Keselamatan Kerja

Untuk keselamatan kerja dan mengenali sifat bahan-bahan yang ada di laboratorium, khususnya bahan kimia berbahaya, biasanya pada botol bahan kimia tertempel label simbol-simbol bahaya. Satu bahan kimia dapat mempunyai lebih dari satu simbol. Simbol-simbol bahaya pada bahan kimia antara lain sebagai berikut.

1) Beracun/ toksik

Beracun artinya suatu zat dapat menimbulkan kecelakaan ataupun kematian apabila tertelan, terhirup, atau terserap melalui kulit. Contohnya merkuri dan sianida.

2) Mudah terbakar

Bahan-bahan yang sangat mudah menyala atau terbakar pada keadaan normal. Contohnya alkohol dan kerosin.

PLPG 2017

3) Korosif

Korosif artinya bahan-bahan yang dapat merusak jaringan hidup bila bersentuhan. Contohnya asam dan basa kuat.

4) Mudah meledak

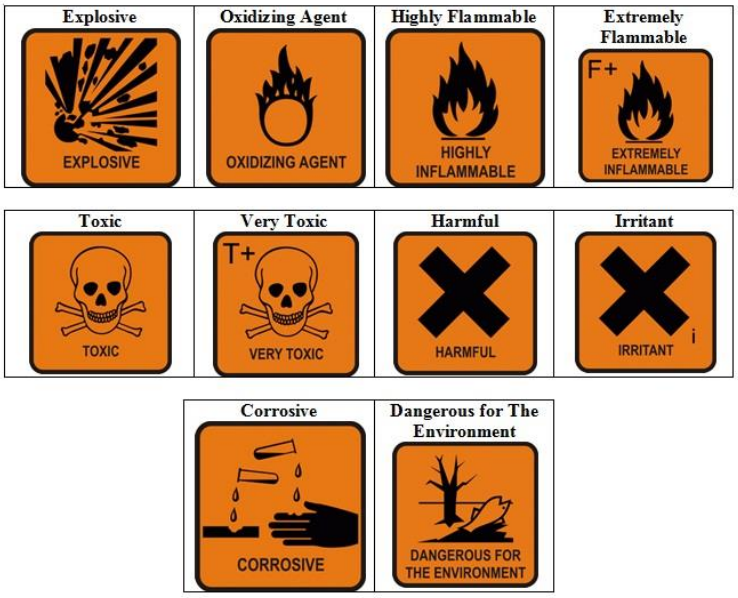
Bahan-bahan yang mudah meledak bila terkena gesekan, benturan, panas, atau kontak dengan api. Contohnya campuran hidrogen dan oksigen.

5) Iritasi

Bahan-bahan yang dapat menimbulkan hilangnya pigmen atau melepuh bila bersentuhan. Contohnya kloroform.

6) Radioaktif

Bahan-bahan yang dapat memancarkan sinar radioaktif yang dapat mengakibatkan efek racun dalam waktu singkat ataupun lama. Contohnya uranium.



Gambar : Simbol bahaya yang tertera pada bahan kimia di laboratorium

g. Pertolongan Pertama pada Kecelakaan (P3K)

Jika terjadi kecelakaan di laboratorium, pertolongan pertama yang dapat kita lakukan antara lain sebagai berikut.

1) Luka bakar akibat zat asam

Bersihkan zat asam dengan kain halus atau kapas, lalu cuci dengan air mengalir. Selanjutnya cuci dengan larutan Na_2CO_3 1%. Cuci lagi dengan air, lalu keringkan. Olesi

dengan salep levertran dan balut dengan kain perban.

2) Luka bakar akibat zat basa

Cuci dengan air mengalir, bilas dengan asam asetat 1%. Lalu cuci kembali dengan air, keringkan. Olesi dengan salep boor dan balut dengan kain perban.

3) Luka bakar karena panas

Kompres dengan air es secepatnya. Tutup luka dengan perban dan segera bawa ke dokter.

4) Mata terkena percikan bahan kimia

Basuh dengan air sebanyak-banyaknya.

5) Keracunan zat melalui hidung

Bawa korban ke tempat yang udaranya segar. Bila korban tidak dapat bernapas, berikan napas bantuan.

6) Keracunan melalui mulut

Segera muntahkan. Bila tidak bisa muntah, pancing dengan segelas air yang dicampur dengan dua sendok garam dapur atau pancing dengan jari yang dimasukkan ke pangkal tenggorokan. Jika korban pingsan, segera bawa ke dokter.

Cara menangani kecelakaan di laboratorium

Tindakan P3K dalam Kecelakaan Laboratorium

Ilmu kimia merupakan cabang ilmu yang tidak hanya dipelajari di dalam kelas tetapi juga diaplikasikan di laboratorium. Laboratorium merupakan tempat praktikum atau tempat untuk membuktikan kebenaran-kebenaran suatu teori dalam ilmu kimia. Bekerja di labooratorium tidaklah seaman belajar di kelas karena bekerja di laboratorium mempunyai potensi kecelakaan yang sangat berbahaya. Meskipun suatu kecelakaan kecil atau ringan tetapi tetap saja memberikan efek yang sangat besar, baik berupa efek sementara ataupun permanen. Beberapa contoh bahaya yang dimaksud seperti; iritasi, luka, keracunan, ledakan bahkan kebakaran. Sumber bahaya tersebut tidak hanya berasal dari zat-zat kimia yang ada di laboratorium tetapi juga berasal dari kecerobohan praktikan dalam melakukan praktikum. Tidak hanya itu kekagetan dan kepanikan yang disebabkan oleh kecelakaan yang bersifat mendadak juga memberikan pengaruh yang besar pada

PLPG 2017

kecelakaan tersebut. Untuk itu seorang guru yang akan mengajar dan memandu kegiatan praktikum kimia memerlukan pengetahuan tentang Pertolongan Pertama pada Kecelakaan yang terjadi di laboratorium. Hal ini dilakukan agar kecelakaan tersebut mendapat perlakuan selayaknya dan memungkinkan guru tersebut menyelidiki penyebab terjadinya kecelakaan.

Berikut ini ada tiga hal mendasar yang harus diidentifikasi sebelum mengangani suatu kecelakaan di labor yaitu

1. Gambaran kecelakaan temasuk luka jika ada.
2. Sebab-sebab kecelakaan.
3. Gambaran tindakan yang harus dilakukan untuk mencegah terjadinya kembali kecelakaan

Berikut ini merupakan tips cara penanganan awal sebagai pertolongan pertama (P3K) pada kecelakaan di Laboratorium kimia

1. Luka kecil

Setiap kecelakaan bagaimanapun kecilnya harus segera diatasi karena dapat berakibat fatal. Luka yang kecil tersebut harus dibersihkan terlebih dahulu sebelum diberi obat-obatan dan setelah itu sebaiknya ditutup atau dibalut dengan kain atau sejenisnya.

2. Luka besar

Untuk luka besar seperti luka bakar atau luka yang disebabkan oleh material rusak harus diberikan pertolongan medis dengan cepat, dengan cara memberikan pertolongan dengan menggunakan obat-obatan yang ada di kotak P3K, jika obat yang diperlukan tidak ada korban harus segera diantarkan ke rumah sakit terdekat dan pasien tidak boleh banyak bergerak.Untuk mengatasi agar tidak ada kecelakaan setelah kejadian tersebut, maka tempat kejadian harus diamankan terlebih dahulu dan meminta praktikan lain tidak berdiri terlalu dekat dengan tempat kejadian.

Berikut ini ada beberapa penanganan luka berdasarkan penyebabnya.

Luka bakar akibat zat kimia

Terkena larutan asam

PLPG 2017

1. kulit segera dihapuskan dengan kapas atau lap halus

2. dicuci dengan air mengalir sebanyak-banyaknya

3. Selanjutnya cuci dengan 1% Na2CO3

4. kemudian cuci lagi dengan air

5. Keringkan dan olesi dengan salep levertran.

Terkena logam natrium atau kalium

1. Logam yang nempel segera diambil

2. Kulit dicuci dengan air mengalir kira-kira selama 15-20 menit

3. Netralkan dengan larutan 1% asam asetat

4. Dikeringkan dan olesi dengan salep levertran atau luka ditutup dengan kapas steril atau kapas yang telah dibasahi asam pikrat.

Terkena bromine

1. Segera dicuci dengan larutan amonia encer

2. Luka tersebut ditutup dengan pasta Na2CO3.

Terkena phospor

1. Kulit yang terkena segera dicuci dengan air sebanyak-banyaknya

2. Kemudian cuci dengan larutan 3% CuSO4.

Luka bakar akibat benda panas

1. Diolesi dengan salep minyak ikan atau levertran

2. Mencelupkan ke dalam air es secepat mungkin atau dikompres sampai rasa nyeri agak berkurang

Luka pada mata

Terkena percikan larutan asam

1. Jika terkena percikan asam encer,

2. Mata dapat dicuci dengan air bersih kira-kira 15 menit terus-menerus

3. Dicuci dengan larutan 1% Na2C3

Terkena percikan larutan basa

1. Dicuci dengan air bersih kira-kira 15 menit terus-menerus

2. Dicuci dengan larutan 1% asam borat dengan gelas pencuci mata

3. Shock yang disebabkan listrik

PLPG 2017

Apabila ada kecelakaan yang disebabkan karena aliran listrik, maka matikan arus listrik sebelum berusaha menolong korban yang terkontak dengan arus listrik. Jika tidak memungkinkan, lindungi tangan dengan sarung tangan karet atau material atau wol kering sebelum menyentuh korban untuk penangan selanjutnya.

4. Gas Beracun

Dalam kasus keracunan, tindakkan yang harus dilakukan adalah mengirip korban ke pertolongan medis, dan menjaga agar korban tetap dalam keadaan hangat dan tenang. Biasanya pertolongan pertama yang sering dilakukan adalah memberikan susu dalam jumlah yang banyak dan pindahkan korban ke tempat yang berudara segar. Untuk zat-zat yang beracun, antitode haruslah tersedia untuk menghilangkan zat-zat beracun tersebut, tetapi antitode ini tidak dapat diberikan kepada korban yang tidak sadarkan diri.

5. Penyebab keracunan yang tidak diketahui

Ada tiga prinsip yang dapat diikuti, yaitu:

1. Berikan air dalam jumlah yang banyak, beri susu atau barley water untuk diminum.
2. Berikan obat muntah (hanya bila tidak ada tanda terbakar pada mulut dan bibir, hal ini bertujuan untuk menunjukkan racun yang merusak (korosif).
3. Secara biasa, pindahkan korban ke udara segar, baringkan dan hangatkan korban, buka pakaian dari pinggang ke hingga leher. Jangan berikan obat lain selain kopi panas, berikan oksigen jika perlu, tetapi hanya melalui alat pernafasan buatan jika nyata-nyata pernafasan terhenti.

Bagaimana pun canggih dan hebatnya cara pertolongan pertama pada kecelakaan di labor, tetap saja pencegahannya lebih baik. Pencegahan kecelakaan harus dilakukan sedini mungkin karena lebih mudah dan murah dibandingkan dengan perbaikan dan penggantian akibat kecelakaan yang sudah terjadi apalagi kerugian akibat kebakaran dan kematian.

Empat Prinsip Untuk Membuat Suatu Laboratorium Bebas dan Aman Dari Kecelakaan (Accident Free Operation), Yaitu:

1. Semua kecelakaan sekecil apapun yang mungkin terjadi, harus dapat dicegah sedini mungkin.

PLPG 2017

2. Lingkungan kerja termasuk bangunan, alat, sistem, dan sarana laboratorium harus diatur sedemikian rupa sehingga tidak akan menimbulkan bahaya kecelakaan.
3. Setiap personal yang bekerja di laboratorium harus dilatih agar membiasakan diri bekerja secara aman, bersih dan disiplin.

Seperti yang kita ketahui tujuan utama **K3 a**dalah mencegah, mengurangi bahkan menghilangkan resiko kecelakaan kerja (zero accident). Maksud utama dibutuhkannya k3 adalah untuk mencegah terjadinya cacat/kematian pada tenaga kerja, mencegah kerusakan tempat dan peralatan kerja, mencegah pencemaran lingkungan dan masyarakat disekitar tempat kerja, dan norma kesehatan kerja diharapkan menjadi instrumen yg menciptakam dan memelihara derajat kesehatan kerja.

Pelaksanaan K3 adalah salah satu bentuk untuk menciptakan tempat kerja yang aman, sehat, bebas dari pencemaran lingkungan, sehingga dapat mengurangi dan atau bebas dari kecelakaan dan penyakit akibat kerja yang pada akhirnya dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas kerja. Maka dari itu kita perlu pemahaman mengenai pengertian kecelakaan kerja, jenis-jenis kecelakaan, sumber kecelakaan, dan penanganan kecelakaan kerja di laboratorium, sehingga kita dapat mengaplikasikannya secara nyata saat bekerja di Laboratorium.

Tips Cara Penanganan Awal Sebagai Pertolongan Pertama (P3K) Pada Kecelakaan Di Laboratorium Kimia :

Luka bakar akibat zat kimia

Terkena larutan asam

1. kulit segera dihapuskan dengan kapas atau lap halus
2. dicuci dengan air mengalir sebanyak-banyaknya
3. Selanjutnya cuci dengan 1% Na_2CO_3
4. kemudian cuci lagi dengan air
5. Keringkan dan olesi dengan salep levertran.

Terkena logam natrium atau kalium

1. Logam yang nempel segera diambil

2. Kulit dicuci dengan air mengalir kira-kira selama 15-20 menit

3. Netralkan dengan larutan 1% asam asetat

4. Dikeringkan dan olesi dengan salep levertran atau luka ditutup dengan kapas steril atau kapas yang telah dibasahi asam pikrat.

Terkena bromin

1. Segera dicuci dengan larutan amonia encer
2. Luka tersebut ditutup dengan pasta Na_2CO_3.

Terkena phospor

1. Kulit yang terkena segera dicuci dengan air sebanyak-banyaknya
2. Kemudian cuci dengan larutan 3% $CuSO_4$.

Luka bakar akibat benda panas

1. Diolesi dengan salep minyak ikan atau levertran

2. Mencelupkan ke dalam air es secepat mungkin atau dikompres sampai rasa nyeri agak berkurang.

Luka pada mata

Terkena percikan larutan asam

Jika terkena percikan asam encer, mata dapat dicuci dengan air bersih kira-kira 15 menit terus-menerus, dicuci dengan larutan 1% Na_2C_3,

Terkena percikan larutan basa

- Dicuci dengan air bersih kira-kira 15 menit terus-menerus
- Dicuci dengan larutan 1% asam borat dengan gelas pencuci mata

Keracunan

Keracunan zat melalui pernafasan

Akibat zat kimia karena menghirup Cl_2, HCl, SO_2, NO_2, formaldehid, ammonia.

Cara pertolongan

Menghindarkan korban dari lingkungan zat tersebut, kemudian pindahkan korban ke

PLPG 2017

tempat yang berudara segar.

Jika korban tidak bernafas, segera berikan pernafasan buatan dengan cara menekan bagian dada atau pemberian pernafasan buatan dari mulut ke mulut korban

Jika terjadi kecelakaan laboratorium, sebaiknya segera menghubungi Badan Layanan/personel seperti :

- Biological Safety Officer
- Pejabat laboratorium
- Engineering/Water/Gas/Electrical
- Satpam

Fasilitas Perlindungan Pekerja (Praktikan)

1. Jas Praktikum, merupakan pengaman langsung, terbuat dari bahan yang baik, yaitu tidak mudah terbakar, tidak berupa bahan konduktor listrik maupun panas, tahan bahan kimia.
2. Ventilasi, desain laboratorium yang baik harus memiliki ventilasi yang cukup dan memadai dengan sirkulasi udara segar yang baik.
3. Alat Pemadam Kebakaran, mutlak dimiliki setiap laboratorium karena kebanyakan laboratorium telah terhubung dengan arus listrik tegangan tinggi sebagai sumber energinya terhadap alat praktikum yang digunakan didalamnya

Peningkatan Kemampuan Pekerja (Praktikan)

Memberikan pengetahuan praktis kepada pekerja tentang prosedur penggunaan alat serta prosedur melakukan kegiatan laboratorium yang sesuai dengan penerapan keselamatan kerja.

Penanganan Kecelakaan

1. Penyediaan P3K, meskipun penerapan prosedur keselamatan kerja telah diberlakukan, bukan tidak mungkin terjadi kecelakaan yang tidak diinginkan.

2. Pengadaan Tanda-tanda Peringatan Bahaya, mengurangi statistik kecelakaan dalam laboratorium dengan alarm, kode tertulis seperti poster dan sebagainya.

PLPG 2017

Dalam pelaksanaan K3 laboratorium perlu memperhatikan dua hal yakni indoor dan outdoor. Baik perhatian terhadap konstruksi gedung beserta perlengkapannya dan operasionalisasinya terhadap bahaya kebakaran serta kode pelaksanannya maupun terhadap jaringan elektrik dan komunikasi, kualitas udara, kualitas pencahayaan, kebisingan, tata ruang dan alat, sanitasi, psikososial, pemeliharaan maupun aspek lain mengenai penggunaan alat laboratorium.

PLPG 2017

Latihan Soal Bab XVII Uraian

Perhatikan kasus di bawah ini.
Saudara mengajar Biologi Kelas IPA 2, jadwal praktikum Biologi kelas yang bersangkutan setelah jam istirahat pertama. Pada Jam pertama Laboratorium Biologi sudah digunakan praktikum Biologi Kelas IPA 1. Sebelum jam istirahat selesai, Ana dan Nanda masuk laboratorium pertama kali. Keduanya merasakan pusing dan mereka langsung duduk di tempat duduk terdepan sambil menungga Saudara dan teman-teman sekelasnya. Pada waktu saudara memasuki Laboratorium mencium bau kloroform yang sangat menyengat dan Ana mendadak jatuh pingsan. Apa tindakan yang harus saudara lakukan?