

TINJAUAN MATA KULIAH

Mata Kuliah Konsep Dasar Biologi merupakan mata kuliah yang akan membekali mahasiswa-mahasiswa tentang berbagai struktur dan fungsi pada makhluk hidup serta berbagai kegiatan dan dampak yang dihasilkannya, yang dijabarkan dalam materi : sel sebagai satuan struktural dan fungsional terkecil makhluk hidup, reproduksi dan metabolisme sel, keanekaragaman makhluk hidup 1, keanekaragaman makhluk hidup 2, berbagai fungsi pada tumbuhan 1, berbagai fungsi pada tumbuhan 2, berbagai fungsi pada hewan 1, berbagai fungsi pada hewan 2, makhluk hidup dan lingkungan 1, makhluk hidup dan lingkungan 2, kependudukan dan pemeliharaan kesehatan.

Tujuan secara umum dari mata kuliah ini, mahasiswa diharapkan dapat menjelaskan berbagai struktur dan fungsi pada makhluk hidup serta berbagai kegiatan dan dampak yang diakibatkannya, dan tujuan secara khususnya agar mahasiswa dapat :

Menjelaskan sel sebagai satuan struktural dan fungsional makhluk hidup.

Menjelaskan reproduksi dan metabolisme sel.

Menjelaskan keanekaragaman makhluk hidup 1 dan 2.

Menjelaskan berbagai fungsi pada tumbuhan 1 dan 2.

Menjelaskan berbagai fungsi pada hewan 1 dan 2.

Menjelaskan makhluk hidup dan lingkungan 1 dan 2

Menjelaskan tentang kependudukan

Menjelaskan tentang pemeliharaan kesehatan.

Manfaat dari mata kuliah ini adalah dapat menambah wawasan bagi mahasiswa tentang berbagai struktur dan fungsi pada makhluk hidup serta berbagai kegiatan dan dampak yang diakibatkannya.

Berdasarkan tujuan yang ingin dicapai serta bobot SKS mata kuliah konsep dasar biologi, materi kuliah ini disajikan dalam 12 Bahan Belajar Mandiri (BBM) yang terdiri dari :

BBM 1 : Sel Sebagai Satuan Struktural Dan Fungsional Dari Makhluk Hidup.

BBM 2 : Reproduksi dan Metabolisme Sel.

BBM 3 : Keanekaragaman Makhluk Hidup 1.

BBM 4 : Keanekaragaman Makhluk Hidup 2
BBM 5 : Berbagai Fungsi Pada Tumbuhan. 1.
BBM 6 : Berbagai Fungsi Pada Tumbuhan 2.
BBM 7 : Berbagai Fungsi Pada Hewan 1.
BBM 8 : Berbagai Fungsi Pada Hewan 2.
BBM 9 : Makhluk Hidup Dan Lingkungan 1
BBM 10 : Makhluk Hidup Dan Lingkungan 2
BBM 11 : Kependudukan
BBM 12 : Pemeliharaan Kesehatan.

Dengan mempelajari setiap BBM secara cermat sesuai dengan petunjuk yang ada pada setiap modul serta dengan mengerjakan semua tugas dan latihan serta tes yang diberikan, mahasiswa akan berhasil dalam menguasai tujuan-tujuan yang telah ditetapkan.

BBM 2 : REPRODUKSI DAN METABOLISME SEL

PENDAHULUAN

Modul ini merupakan modul kedua dari mata kuliah Konsep Dasar Biologi, dalam modul ini Anda diajak untuk menerapkan konsep-konsep yang ada di dalamnya dalam pembelajaran di SD.

Secara umum modul ini menjelaskan tentang : Peran nukleus, kromosom dan DNA; Siklus sel; Pengendalian siklus sel; Pembelahan Biner; Mitosis; Meiosis; Fotosintesis; Respirasi glukosa; Sintesis protein.

Dalam hal ini Anda diharapkan memiliki kemampuan menjelaskan konsep-konsep yang berkaitan dengan reproduksi dan metabolisme sel. Secara lebih khusus lagi, Anda diharapkan dapat :

1. menjelaskan peran nukleus, kromosom dan DNA,
2. menjelaskan siklus sel;
3. menjelaskan pengendalian siklus sel;
4. menjelaskan proses reproduksi sel secara biner;
5. menjelaskan proses reproduksi sel secara mitosis;
6. menjelaskan proses reproduksi sel secara meiosis;
7. menjelaskan proses fotosintesis;
8. menjelaskan proses respirasi glukosa;
9. menjelaskan proses sintesis protein.

Kemampuan tersebut sangat penting untuk semua guru kelas, karena dengan memahami materi tentang reproduksi dan metabolisme sel tersebut maka Anda dapat menjelaskan hal-hal yang berkaitan dengan pertumbuhan dan perkembangbiakan makhluk hidup uniseluler maupun multiseluler yang ada di muka bumi ini. Selain itu Anda dapat tampil di depan kelas lebih percaya diri. Dengan menguasai materi secara mantap, para siswa akan merasa senang dan bersemangat belajar bersama Anda.

Untuk membantu Anda mencapai tujuan tersebut, BBM ini diorganisasikan menjadi dua kegiatan belajar (KB), sebagai berikut :

KB 1 : Reproduksi Sel

KB 2 : Metabolisme Sel.

Untuk membantu Anda dalam mempelajari BBM ini, ada baiknya diperhatikan beberapa petunjuk belajar berikut ini:

1. Bacalah dengan cermat bagian pendahuluan ini sampai Anda memahami secara tuntas tentang apa, untuk apa dan bagaimana mempelajari bahan belajar ini.
2. Bacalah secepat bagian demi bagian, dan temukan kata-kata kunci dan kata-kata yang dianggap baru. Carilah dan baca pengertian kata-kata kunci tersebut dalam kamus yang Anda miliki dan dalam bagian glosarium BBM ini.
3. Tangkaplah pengertian demi pengertian melalui pemahaman sendiri dan tukar pikiran dengan mahasiswa lain atau dengan tutor Anda.
4. Untuk memperluas wawasan, baca dan pelajari sumber-sumber lain yang relevan. Anda dapat menemukan bacaan dari berbagai sumber, termasuk internet.
5. Mantapkan pemahaman Anda dengan mengerjakan latihan dan melalui kegiatan diskusi dalam kegiatan tutorial dengan mahasiswa lainnya atau teman sejawat.
6. Jangan dilewatkan untuk mencoba menjawab soal-soal yang dituliskan dalam setiap akhir kegiatan belajar. Hal ini berguna untuk mengetahui apakah Anda sudah memahami dengan benar kandungan bahan belajar ini.

Selamat Belajar!.

KEGIATAN BELAJAR 1

REPRODUKSI SEL

PENGANTAR

Salah satu paham yang paling penting dari para ahli biologi pada abad ke-19, bahwa setiap sel yang ada di bumi ini berasal dari sel yang ada sebelumnya. Pusat informasi genetik dan pusat pengendalian metabolisme sel terdapat pada inti atau nukleus, tepatnya pada kromosom.

Setiap hari, pada sumsum tulang seorang manusia yang sehat dihasilkan 2 juta sel darah merah, masing-masing dengan bentuk cawan konkaf yang sama dan warna merah yang serupa. Penjelasan mengenai hal tersebut berkaitan dengan reproduksi organisme dan sel. Suatu sel alga tunggal hanya dapat menghasilkan sel alga serupa, seekor siput hanya akan menghasilkan siput lagi, bukan cumi-cumi atau burung. Kemampuan untuk kawin berdasarkan pada prinsip biologik dasar : ketika sel berreproduksi, akan mengikuti perintah untuk membangun sel baru, yang serupa dengan sel induknya. Pewarisan informasi genetik (kromosom) dibagi secara seimbang dan pasti kepada masing-masing sel baru, yang bertanggung jawab dalam kemiripan dari satu generasi ke generasi berikutnya.

A. Peran Nukleus, Kromosom dan DNA

Nukleus : organel yang paling menonjol pada sebagian besar sel eukariot adalah **nukleus (inti sel)**, berbentuk bulat dan memiliki membran yang berpori. Dalam nukleus terdapat kromosom, yang mengandung informasi genetik atau cetakan untuk membuat protein sel, dan secara tidak langsung untuk berbagai fungsi sel lainnya.

Pada awal tahun 1870an, para ahli biologi mengamati sebuah sel sperma yang memasuki dan membuahi sel telur. Dari pengamatan ini disimpulkan bahwa nukleus membawa sifat genetik orang tuanya ke suatu embrio. Seorang ahli biologi Jerman bernama Joachim Hammerling pada tahun 1930an, melakukan

penelitian terhadap alga hijau unisel *Acetabularia*, dari pengamatan ini diketahui bahwa informasi yang terdapat pada nukleus merupakan dasar dari bentuk arsitektur sel. Beberapa penelitian yang dilakukan setelah itu, menyatakan bahwa nukleus dibutuhkan sebagai tempat informasi yang menentukan struktur sel.

Kromosom : Jika nukleus mengandung informasi genetik, dalam bentuk apa penyimpanannya?. Melalui pengamatan mikroskopik diketahui adanya struktur khusus dalam nukleus sebuah sel yang sedang membelah, yang terwarnai dan terlihat berwarna merah atau ungu. Struktur ini disebut kromosom. Sel setiap spesies memiliki karakteristik jumlah kromosom : sel manusia memiliki 46; tanaman kapas, 52; kalkun, 82; dan beberapa sel memiliki lebih dari 1000.

Gambar 2-1. (a) Selama pembelahan sel, kromosom (perbesaran 200 X) terlihat sebagai badan padat dalam nukleus, (b) Dengan perbesaran 20.000 X, masing-masing badan padat atau batang terlihat sebagai lilitan benang atau rantai DNA dan protein. Kromosom ini berduplikasi menjadi dua kromatid yang serupa dan berdampingan, diikat oleh sentromer.

Beberapa penelitian menyimpulkan bahwa informasi pada kromosom adalah DNA (*deoxyribonucleic acid*). Di bawah mikroskop cahaya, kromosom dalam sel yang sedang membelah dan diwarnai, berupa batang fleksibel, padat, seperti terlihat pada gambar 2-1(a), setiap kromosom disusun oleh lilitan rapat rantai DNA dan bergabung dengan protein yang membentuk simpul menjadi “batang

samar” dengan suatu patahan yang disebut **sentromer** terlihat pada gambar 2-1(b).

Jika kromosom sepanjang 1 cm, lilitan molekul DNA nya direntangkan dapat memiliki panjang yang sama dengan lapangan sepakbola. Jelaslah bahwa pengemasan dari “benang” menjadi “bola” akan menjadi lebih efisien. Dan para ahli biologi sudah menemukan bahwa **lilitan DNA** yang rapat tadi mengelilingi kelompok **protein** bermuatan positif yang disebut **histon**, keduanya membentuk kompleks yang disebut **nukleosom** (gambar 2-2 a dan b). Nukleosom tersebut diperkirakan berinteraksi satu dengan lainnya untuk membentuk sebuah **solenoid**, suatu silinder fleksibel berdiameter 30 nm (gambar 2-2c) yang dililitkan membentuk putaran (*loops*) (gambar 2-2d) yang melekat pada pusat penggantungan yaitu suatu protein nonhiston oleh suatu enzim yang disebut **topoisomerase** (gambar 2-2e). Gabungan *loops* dan *topoisomerase* membentuk batang melilit berdiameter 250 nm (gambar 2-2f). Lilitan kembar dengan arah yang berlawanan pada kromatid yang serupa (gambar 2-2g). Ribuan gen terdapat sepanjang masing-masing molekul DNA, dan enzim topoisomerase membantu merapikan simpul pada DNA. Kromosom eukariot, dari tumbuhan, protista , dan pada manusia memiliki ujung khusus yang disebut **telomer**, disusun oleh urutan DNA dengan pengulangan yang tidak biasa. Hal ini rupanya berfungsi untuk melindungi DNA selama berreplikasi.

Gabungan DNA, protein histon dan protein nonhiston oleh para ahli biologi disebut **kromatin**. Ketika sel beristirahat berada diantara fase pembelahan sel, kromatin melekat pada lamina nukleus, suatu jaringan kerja filamen intermediet pada permukaan dalam dekat membran nukleus. Kromosom dalam nukleus yang sedang tidak membelah tidak memutar dan kusut seperti kumpulan benang. Mendekati saat pembelahan sel kromosom terpisah dari kumpulan tadi dan membentuk superkoil atau lilitan, memadat, yang dianggap sebagai bentuk mirip batang fleksibel.

Gambar 2-2. (a,b). Molekul DNA mengelilingi kelompok delapan protein histon, membentuk nukleosom.(c). Nukleosom dikemas menjadi silinder yang disebut selenoid. (d,e) Selenoid dililitkan membentuk putaran dan dilekatkan oleh enzim topoisomerase kepada protein pusat penggantungan. (f) Loop dan pusat penggantungan membentuk batang melilit. (g) Lilitan tersebut terlihat sebagai kromosom pada metafase, diperlihatkan pada foto tersebut.

DNA : merupakan tangga tali terpilin (heliks ganda), terdiri dari dua rantai polimer nukleotida yang dihubungkan oleh ikatan hidrogen pada basa nitrogen yang berpasangan (A – T), (G – C).

Molekul DNA disusun oleh :

- 2 Basa Nitrogen yaitu : (1). **Purin** (terdiri dari Adenin [A], Guanin [G], dan (2). **Pirimidin** (terdiri dari Timin [T], dan Sitosin [C]);
- Gugus Fosfat; dan
- Gula (Deoksiribosa).

Gambar 2-3. Satu rantai molekul DNA dan subunit-subunitnya

B. Replikasi DNA

Replikasi DNA adalah proses pengkopian atau pembentukan DNA baru dari DNA lama, hal ini diperlukan sebelum sel melakukan pembelahan.

Gambar 2-4. Mekanisme Replikasi DNA. Karena DNA dibuat hanya ke arah 5'-3', hanya satu rantai induk dapat dikopi terus menerus (kiri), rantai lainnya dikopi terputus-putus dan dihubungkan secara kovalen oleh DNA-ligase (kanan).

Molekul DNA yang panjang dikemas membentuk superkoil pada kromosom, memiliki ratusan tempat dimana replikasi DNA dapat terjadi dari dua arah secara simultan. Replikasi DNA dimulai dengan sintesis RNA primer sebagai rantai pengkopi pemula. Selanjutnya RNA mengkopi dengan arah 5' menuju 3', demikian juga pada rantai DNA yang satunya, sehingga terbentuk garpu replikasi. Proses ini terus berlangsung sampai terbentuk molekul DNA baru.

C. Siklus Sel

Seperti makhluk hidup melalui siklus hidup, setiap sel melalui siklus sel, tahap –tahap yang teratur selama pertumbuhan sel, persiapan untuk pembelahan, dan pembelahan menjadi dua sel anak, yang mengulang tahap-tahap tersebut. Eukariot sel tunggal yang hidup bebas, seperti Amoeba, siklus sel penting untuk keabadiannya. Dengan pembelahan sel tersebut, mereka menyebarkan informasi genetik kepada sel anaknya, yang sama seperti disebarkan pada jutaan generasinya. Dalam tumbuhan dan hewan multiseluler, sejumlah sel terus-menerus tumbuh dan membelah untuk kehidupan organisme tersebut. Pada tumbuhan terdapat pada sel-sel di ujung akar yang selalu memasuki kedalaman tanah. Pada hewan, sel-sel tersebut terdapat pada usus halus saluran pencernaan dan secara terus-menerus menghasilkan sel baru yang mengelupas bersamaan dengan makanan yang dicerna.

Pada sebagian besar organisme multiseluler, terjadi siklus sel sangat lambat atau berhenti membelah dan tetap, hal ini terjadi pada bagian tahap kehidupan seseorang yang berumur tua atau sakit atau memasuki kematian. Sel yang termasuk disini adalah sel otot, dan sel saraf pada hewan, sedangkan pada tumbuhan adalah sel-sel pembuluh yang mengatur pembentukan gula.

(1). Tahap-tahap Siklus Sel

Dalam siklus sel yang normal, periode diantara pembelahan sel dapat berlangsung lama, sedangkan fase pembelahannya berlangsung secara cepat

(gambar 2-5). Siklus sel dimulai dengan suatu periode metabolisme normal yang disebut G_1 (gap 1). Selama fase ini, sel mensintesis, merangkai dan menggunakan bagian-bagian yang dibutuhkan untuk fungsinya secara normal. Selanjutnya fase S (fase sintesis), ketika sintesis berlangsung dan DNA direplikasi, juga disintesis protein histon. Jumlah DNA dalam nukleus digandakan, sedangkan histon dan protein kromosomal lainnya disintesis dalam sitoplasma, kemudian memasuki nukleus dan bergabung dengan DNA untuk membentuk kromatin. Setiap kromosom pada fase S sekarang memiliki dua rantai DNA yang identik yang asalnya satu rantai pada awal fase G_1 . **Dua rantai kromosom** yang serupa hasil duplikasi tersebut digabungkan oleh sentromer, disebut **kromatid**. Pada akhir fase S, sel memasuki fase G_2 (gap 2), suatu periode singkat metabolisme normal dan pertumbuhan selama sel membangun sejumlah protein dan senyawa lainnya. Selama fase G_1 , S, dan G_2 , nukleus dinamakan mengalami interfase, diantara pembelahan nukleus. Sekali suatu sel memasuki fase S, secara normal akan melewati fase S dan G_2 dan menuju pembelahan sel selama fase M.

Gambar 2-5. Fase-fase dalam siklus sel.

(2). Pengendalian Siklus Sel

Satu masalah yang penting dalam biologi yaitu memahami bagaimana siklus sel diatur?. Sebagian besar sel hewan dan sejumlah tumbuhan memerlukan jumlah jam, hari dan bulan pada fase G_1 sebelum memulai fase S dan M. Dan pada sel saraf, otot, dan sel pengangkut gula, sel dewasa fungsional tetap berada dalam keadaan tidak membelah, kadang-kadang disebut G_0 . Apa yang dapat mencegah dan memicu pembelahan sel pada waktu yang tepat?.

Para ahli biologi sudah menemukan bahwa ketika nukleus dari sel yang tidak membelah (seperti sel saraf) ditransplantasikan ke dalam sel inang yang berada pada fase S, dalam beberapa menit DNA berreplikasi, karakteristik fase S dimulai dalam nukleus sel saraf yang ditransplantasikan. Percobaan demikian menyarankan bahwa status (keadaan) sitoplasma sel, mengendalikan aktifitas nukleus dan membantu menentukan fase tersebut dalam siklus sel.

Selanjutnya, apa penentu status sitoplasma tersebut?. Satu faktor adalah lingkungan eksternal sel. Contohnya pada hewan multiseluler, sel normal bergantung-kontak. Sel-sel tersebut dapat bergerak dan membelah jika hanya berlekatan dengan bentuk senyawa padat tertentu. Faktor lain adalah Kalsium intraseluler, tipe sel tertentu harus mengeluarkan Kalsium sebelum melalui siklus mitosis.

Pada hewan dan tumbuhan, faktor luar dapat memicu atau menghambat siklus sel. Contohnya **pada tumbuhan tinggi**, hormon yang disebut **sitokinin** memicu aktifitas mitosis pada akar, batang dan daun, sedangkan **pada hewan tingkat tinggi**, hormon **somatomedin, insulin, dan faktor pertumbuhan epidermal** dapat memicu semua sel untuk membelah. Sel hewan juga memiliki **penghambat** pembelahan sel yang disebut *chalcones*. Beberapa ahli biologi percaya bahwa *chalcones* berkurang pada daerah suatu luka jadi pembelahan sel baru dapat memperbaiki luka; kemudian jumlah *chalcones* meningkat sekali luka disembuhkan untuk mencegah pertumbuhan sel secara berlebih.

Memahami bagaimana siklus sel dikendalikan sangatlah penting untuk mempelajari kanker. Pada beberapa tipe kanker, pengendalian mitosis secara

normal tertekan. Sedangkan pembelahan tidak lebih cepat suatu sel tumor terbesar lebih aktif membelah dibandingkan dengan sel normal dengan tipe sama, dan sel anak terus-menerus membelah, siklus setelah siklus. Para peneliti kanker dan ahli genetik memusatkan perhatiannya pada bahan pengendali siklus sel. Contohnya, kelompok pertama adalah saat ini telah ditemukan bahwa sel ragi (yeast) memiliki sebuah gen tertentu yang dapat menghentikan atau memperlambat siklus sel ketika sel mengalami kerusakan akibat radiasi yang mematikan. Perlambatan membutuhkan waktu untuk memperbaiki enzim akibat kerusakan tetap dan dianjurkan bahwa siklus sel dapat berada dibawah pengendalian genetik yang tepat.

D. Beberapa Tipe Reproduksi Sel

(1). Pembelahan Sel Langsung (Biner)

Inti sel bakteri dan beberapa alga uniseluler tidak memiliki membran (prokariot), kromosomnya sirkuler atau berbentuk lingkaran, disebut **nukleoid**. Ketika sel akan membelah kromosom dan seluruh isi sel digandakan, selanjutnya sel membelah menjadi 2 sel yang baru tanpa melalui siklus sel seperti proses reproduksi pada sel eukariot.

Pada sel bakteri terjadi pembelahan biner atau pembelahan sel menjadi dua sel anak yang identik atau serupa. Pembelahan sel secara biner dimulai ketika sel mulai memanjang dan dinding sel tua membelah pada tempat dekat bagian tengah sel. Pada bagian tengah, kromosom bakteri yang sirkuler melekat pada membran plasma. Enzim-enzim segera memisahkan dua rantai DNA. Setelah replikasi DNA dimulai, titik awal perlekatan terhadap membran plasma menjadi dua titik, membran baru disisipkan diantara keduanya, dan bergerak menjauh. Bahan dinding sel baru mulai dibentuk pada tempat tersebut, membentuk septum yang meluas ke arah luar selama sel membelah menjadi dua.

Gambar 2-6 (a). Tahap-tahap pembelahan biner pada bakteri, dimulai dari replikasi DNA, dinding sel melebur, dan membran plasma baru dibentuk di antara dua tempat dimana molekul DNA dilekatkan pada membran tersebut. Membran plasma selanjutnya melekok ke dalam, dibentuk bahan dinding sel baru pada septum (sekat) untuk melengkapi pembelahan sel. . (b) Sel bakteri yang sedang membelah setelah septum dibentuk (perbesaran 33.000 x).

(2). Mitosis

Siklus sel terdiri dari :

(a). **Interfase** (tahap persiapan) yaitu : **fase G₁** berlangsung selama 15 jam sampai beberapa bulan, tahap terjadinya metabolisme dan sintesis berbagai komponen sel, untuk pertumbuhan sel. Dilanjutkan **fase S** berlangsung selama 10 jam, tahap terjadinya **replikasi DNA** kromosom dan sintesis histon. Dilanjutkan **fase G₂** berlangsung selama 2 jam, pertumbuhan sel dan metabolisme normal berlanjut sampai terjadi Mitosis.

(b). Mitosis

Profase : membran inti hancur, kromosom memendek, sentriol bereplikasi dan berpisah, nukleoli (anak inti) menghilang.

Metafase : sentriole berada pada dua kutub, muncul spindle/ benang-benang gelendong, kromosom berada pada bidang equator, sentromer terbagi dua

Anafase : tiap kromosom terbagi dua, berpisah, masing-masing menuju ke arah kutub berlawanan

Telofase : benang gelendong menyusut, membran inti terbentuk kembali, nukleoli terlihat kembali, kromosom mulai memanjang.

Gambar 2-7. Tahap tahap pembelahan sel secara mitosis.

Mitosis selesai dilanjutkan dengan **sitokinesis** : sitoplasma terbagi dua, pada sel hewan membran sel melekok, kromosom kembali ke ukuran semula. Pada sel tumbuhan membran sel tidak melekok, tapi terbentuk lempengan sel di bagian bidang pembelahan.

Gambar 2-8. Sitokinesis pada sel hewan (a), dan sel tumbuhan (b).

(3). Meiosis

Siklus sel terdiri dari :

(a). **Interfase** (tahap persiapan) yaitu : **fase G₁** berlangsung selama 15 jam sampai beberapa bulan, tahap terjadinya metabolisme dan sintesis berbagai komponen sel, untuk pertumbuhan sel. Dilanjutkan **fase S** berlangsung selama 10 jam, tahap terjadinya **replikasi DNA** kromosom dan sintesis histon. Dilanjutkan **fase G₂** berlangsung selama 2 jam, pertumbuhan sel dan metabolisme normal berlanjut sampai terjadi Meiosis.

(b). Meiosis

Profase I : membran inti hancur, kromosom memendek, sentriol bereplikasi dan berpisah, nukleoli/anak inti menghilang, terdapat kompleks sinaptik yang menghubungkan pasangan kromosom yang homolog, dan berperan sebagai resluting.

Metafase I : sentriol berada pada dua kutub, muncul spindle/ benang-benang gelendong, kromosom homolog yang dihubungkan kopleks sinaptik berada pada bidang equator.

Anafase I : kromosom yang homolog berpisah bergerak ke arah kutub berlawanan, sentromer tidak terbagi dua.

Telofase I : benang gelendong menyusut, membran inti terbentuk kembali, nukleoli terlihat kembali, kromosom mulai memanjang , jumlah kromosom sel anak setengah dari kromosom sel induk.

Meiosis I selesai dilanjutkan dengan

sitokinesis : sitoplasma terbagi dua, sekarang sel anak hanya memiliki jumlah kromosom setengah dari jumlah kromosom sel induk, masing-masing kromosom memiliki dua kromatid.

Interfase meiosis : sel induk menjadi dua sel anak dengan jumlah kromosom setengah dari induknya.

Profase II : kromosom memadat, membran inti hancur, sentriol bereplikasi dan berpisah.

Metafase II : sentriol berada pada dua kutub, terbentuk benang gelendong, kromosom berada pada bidang equator/lempeng metafase.

Anafase II : sentromer terbagi, kromosom pada tiap sel terbagi menjadi dua kromatid, kromatod berpisah menuju arah berlawanan, dan terjadi sitokinesis.

Telofase II: terbentuk 4 sel anak, masing-masing memiliki jumlah kromosom setengah dari induknya. Setiap kromosom hanya mengandung satu kromatid (sel haploid/ n).

Meiosis terjadi pada sel germa atau sel gamet (sperma dan sel telur/ovum), hal yang penting adalah jika terjadi pembuahan maka zigot (calon individu baru) akan memiliki jumlah kromosom yang sama dengan jumlah kromosom orang tuanya ($n + n$ menjadi $2n$).

Meiosis menyebabkan terjadinya variasi genetik pada individu baru. Hal ini terjadi, karena setiap sel kelamin berisi kromosom yang berbeda dengan kromosom orang tuanya. Selanjutnya pada pembuahan, kromosom dalam sel

sperma akan bergabung dengan kromosom dalam sel telur selanjutnya menghasilkan sifat gabungan yang berbeda dengan orang tuanya.

Meiosis juga dapat menimbulkan kelainan genetik, jika pemisahan kromosom gagal terjadi. Contoh : manusia yang memiliki kromosom no.21 tiga buah, atau kelainan seksual karena manusia memiliki kromosom sex /penentu jenis kelamin lebih dari 2 buah (xxx, xxy), dll.

Gambar 2-9. Tahap-tahap pembelahan sel secara meiosis.

LATIHAN 1

1. Apa nama organel sel yang mengandung informasi genetik? Apa nama struktur yang mengandung informasi tersebut? Jelaskan bagian-bagian molekul yang menyusun struktur tersebut.
2. Siklus sel terdiri dari 4 fase yaitu : G₁, S, G₂ dan M, apa saja yang terjadi pada setiap fase? Fase mana yang membutuhkan waktu paling lama?

3. Apa nama tipe pembelahan sel yang tidak mengalami siklus sel? Mengapa?
4. Apa yang dihasilkan dalam mitosis? Apakah masing-masing sel anak menerima kromosom yang serupa/identik?
5. Apa yang dihasilkan dalam meiosis? Apakah masing-masing sel haploid menerima kromosom yang serupa/identik?

Untuk dapat menjawab latihan secara lengkap. Carilah buku-buku dan bahan bacaan lain yang memuat tentang reproduksi sel, dan Anda dapat mengacu pada rambu-rambu pengerjaan latihan berikut :

1. Nukleus merupakan tempat menyimpan informasi genetik yang terletak pada kromosom. Kromosom tersusun dari molekul DNA rantai ganda, protein histon dan protein nonhiston.
2. Fase G_1 : selama fase ini sel mensintesis, merangkai dan menggunakan bagian-bagian yang dibutuhkan untuk fungsinya secara normal. Selanjutnya fase S (fase sintesis), ketika sintesis berlangsung , DNA berreplikasi, dan disintesis protein histon. Setiap kromosom pada fase S sekarang memiliki dua rantai DNA yang identik yang asalnya satu rantai pada awal fase G_1 . Pada akhir fase S, sel memasuki fase G_2 , suatu periode singkat metabolisme normal dan pertumbuhan selama sel membangun sejumlah protein dan senyawa lainnya. Terakhir fase M : terjadi pembelahan sel. Fase paling lama adalah G_1 dapat memakan waktu mulai 15 jam sampai beberapa bulan.
3. Pembelahan biner merupakan tipe pembelahan sel secara langsung, satu sel menjadi dua sel baru. Terjadi pada bakteri, ragi, dan alga uniseluler tertentu. Dalam pembelahan biner DNA langsung mengalami replikasi dan membran serta dinding sel selanjutnya dibangun untuk menghasilkan dua sel baru.
4. Pada mitosis, sel membelah menjadi 2 sel baru yang sifatnya sama dengan sel induknya (sel diploid membentuk sel diploid atau $2n \rightarrow 2n$). Jumlah kromosom sel induk sama dengan sel anak.
5. Pada meiosis, sel membelah menjadi 4 sel baru yang sifatnya tidak sama dengan sel induknya (sel diploid membentuk sel haploid atau $2n \rightarrow n$). Jumlah kromosom sel anak setengahnya dari sel induk.

RANGKUMAN

Nukleus adalah organel sel terpenting dalam reproduksi dan metabolisme sel, di dalamnya terdapat kromosom tempat penyimpanan informasi genetik. Kromosom disusun oleh rantai DNA heliks-ganda, protein histon dan nonhiston.

Siklus sel terdiri dari : fase G_1 , fase S, fase G_2 dan fase M. Pengendalian siklus sel dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu : status sitoplasma, lingkungan eksternal sel, adanya zat penghambat dan pemicu siklus sel.

Secara umum reproduksi sel dibedakan menjadi beberapa tipe, yaitu :
(a). **Pembelahan langsung (Biner)** : proses pembelahan sel secara langsung, satu sel menghasilkan dua sel baru tanpa melalui siklus sel. Contohnya terjadi pada organisme uniseluler (misalnya : bakteri, ragi, alga tertentu); (b). **Mitosis** : proses pembelahan sel melalui siklus sel. Mitosis terjadi pada hewan dan tumbuhan uniseluler dan multiseluler, contohnya terjadi pada Amoeba; sel somatis (sel tubuh : sel epitel, otot, darah, dll). Pada mitosis, sel membelah menjadi 2 sel baru yang sifatnya sama dengan sel induknya (sel diploid membentuk sel diploid atau $2n \rightarrow 2n$). Jumlah kromosom sel induk sama dengan sel anak; (c). **Meiosis** : proses pembelahan sel melalui siklus sel 1 dan siklus sel 2. Meiosis terjadi pada hewan dan tumbuhan uniseluler dan multiseluler, contohnya terjadi pada sel-sel gamet (sel kelamin : sel telur dan sperma). Pada meiosis, sel membelah menjadi 4 sel baru yang sifatnya tidak sama dengan sel induknya (sel diploid membentuk sel haploid atau $2n \rightarrow n$). Jumlah kromosom sel anak setengahnya dari sel induk.

TES FORMATIF 1

- Petunjuk :** Pilihlah
- A. Jika jawaban (1), (2), dan (3) benar
 - B. Jika jawaban (1), dan (3) benar
 - C. Jika jawaban (2), dan (4) benar
 - D. Jika jawaban (4) saja yang benar

1. Molekul utama yang menyusun kromosom terdiri dari :
 - (1). DNA rantai-ganda
 - (2). Protein histon
 - (3). Protein nonhiston
 - (4). RNA

2. Siklus sel yang termasuk interfase adalah :
 - (1). Fase G1
 - (2). Fase S
 - (3). Fase G2
 - (4). Fase M
3. Ciri pembelahan secara mitosis yang utama adalah :
 - (1). Satu sel induk menghasilkan 2 sel anak
 - (2). Satu sel induk menghasilkan 4 sel anak
 - (3). Jumlah kromosom induk sama dengan sel anak
 - (4). Jumlah kromosom sel anak setengah dari sel induk
4. Ciri pembelahan secara meiosis yang utama adalah :
 - 1). Satu sel induk menghasilkan 2 sel anak
 - (2). Satu sel induk menghasilkan 4 sel anak
 - (3). Jumlah kromosom induk sama dengan sel anak
 - (4). Jumlah kromosom sel anak setengah dari sel induk
5. Pembelahan sel secara biner atau langsung dapat terjadi pada :
 - (1). Amoeba
 - (2). Bakteri
 - (3). Alga
 - (4). Ragi
6. Pembelahan secara mitosis dapat terjadi pada sel berikut ini :
 - (1). Sel epitel
 - (2). Sel otot
 - (3). Sel saraf
 - (4). Sel gamet
7. Pembelahan secara meiosis dapat terjadi pada sel berikut ini :
 - (1). Sel telur
 - (2). Sel saraf
 - (3). Sel sperma
 - (4). Sel epitel

8. Hormon pada tumbuhan yang dapat memicu pembelahan sel pada akar, batang dan daun adalah :
 - (1). Somatomedin
 - (2). Insulin
 - (3). Giberelin
 - (4). Sitokinin
9. Faktor yang dapat memicu pembelahan pada semua sel hewan adalah :
 - (1). Somatomedin
 - (2). Giberelin
 - (3). Insulin
 - (4). Sitokinin
10. Faktor yang dapat menghambat pembelahan sel pada hewan adalah :
 - (1). Somatomedin
 - (2). Giberelin
 - (3). Insulin
 - (4). Chalone

BALIKAN DAN TINDAK LANJUT

Untuk mengetahui kebenaran jawaban Anda, bandingkan dengan kunci jawaban pada bagian akhir modul ini. Hitunglah jumlah jawaban yang benar, selanjutnya hitung tingkat penguasaan Anda terhadap materi di atas dengan menggunakan rumus :

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah jawaban yang benar}}{10} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan yang Anda capai :

90% - 100% = baik sekali

80% - 89% = baik

70% - 79% = cukup

< 69% = kurang

Apabila Anda mencapai tingkat penguasaan 80% ke atas, Anda dapat meneruskan untuk mempelajari Kegiatan belajar 2. **Bagus!** Akan tetapi, bila tingkat penguasaan Anda masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi mempelajari materi di atas terutama bagian yang belum Anda kuasai.

KEGIATAN BELAJAR 2

METABOLISME SEL

PENGANTAR

Jutaan reaksi kimia berlangsung untuk mendukung aktifitas dalam kehidupan, seperti pertumbuhan, perkembangan, penggunaan energi, kepekaan terhadap rangsang, dan sebagainya. Reaksi-reaksi kimia tersebut berlangsung dan memiliki pola yang saling berhubungan, yang dikontrol oleh enzim.

Kombinasi dari reaksi-reaksi kimia yang saling berhubungan tersebut membutuhkan waktu dalam sel dan mengacu pada metabolisme. Metabolisme melibatkan reaksi endergonik yang membutuhkan energi, dan reaksi eksergonik yang melepaskan energi.

Sebagian besar reaksi yang membutuhkan energi tersebut dilibatkan dalam penyusunan (sintesis) molekul biologik yang diperlukan seperti asam amino, lemak, protein, asam nukleat, dan karbohidrat. Reaksi biosintesis ini disebut **anabolisme**. Sebaliknya, reaksi pemecahan atau pencernaan dan menghasilkan bahan buangan serta energi, atau reaksi degradatif ini secara keseluruhan disebut **katabolisme**.

Reaksi anabolisme yang membutuhkan energi sering berpasangan dengan reaksi katabolisme yang menghasilkan energi. Enzim berperan sebagai katalis pada setiap tahap reaksi, yang merubah tahap demi tahap bahan awal, menambahkan gugus fosfat, memindahkan gugus hidroksil sampai terbentuk produk akhir. Sejumlah enzim terlibat dalam serangkaian reaksi rantai yang

panjang. Akibat aktivitas enzim yang bertahap tersebut, baik menyusun maupun memecah, terbentuk serangkaian reaksi yang disebut **jalur metabolik**.

A. Kontrol Enzim Dan Jalur Metabolik

Enzim dan jalur metabolik harus diatur jika sel merupakan fungsi gabungan antara suplai energi dengan bahan mentah, ketika keduanya diperlukan.

Metabolisme seluler merupakan subyek dalam mengontrol bagian internal dan eksternal. Kontrol internal antara lain ; hormon (molekul yang dihasilkan melalui aktivitas enzim dalam sel tubuh). Mekanisme kontrol internal termasuk reaksi-balik penghambatan dalam sel.

B. Katabolisme

Katabolisme merupakan reaksi degradasi (penguraian) untuk memecah atau mencerna dan menghasilkan bahan buangan serta menghasilkan energi.

Setiap detik, dalam sel hidup terjadi pemecahan nutrien untuk melepaskan energi. Sejumlah energi yang dihasilkan selama proses katabolisme, disimpan dalam bentuk molekul khusus yaitu ATP (*adenosin triphosphat*) dan energi perantara (misalnya : ADP [*adenosin diphosphat*], AMP [*adenosin monophosphat*], NAD^+ [*nicotinamide adenine dinucleotide*] dan FAD [*flavin adenin dinucleotide*]) lainnya. Energi tersebut dibutuhkan untuk membangun bagian sel yang baru, untuk pertumbuhan, pembuangan, reproduksi, pergerakan dan berbagai aktifitas lainnya. Sel memperoleh energi untuk berbagai aktivitas tersebut melalui pemanfaatan energi dari nutrien, contohnya terjadi pada proses fermentasi dan respirasi sel.

1. ATP

Kerja sel secara konstan untuk memelihara suplai energi yang tersimpan dalam molekul ATP. ATP merupakan nukleotida yaitu gabungan 1 molekul adenosin (nukleosida = adenin + ribosa) dengan 3 gugus fosfat.

Untuk beberapa saat, sekitar 10 miliar molekul ATP dapat terlarut dalam sitoplasma sel hewan atau sel tumbuhan tertentu.

Energi yang disimpan dalam molekul ATP akan dilepaskan jika ATP dipecah menjadi senyawa yang berhubungan yaitu ADP dan fosfat anorganik. Selama reaksi ini sebagian terlepas dalam bentuk panas, dan dilepaskan untuk digunakan dalam berbagai reaksi endergonik lainnya.

Gambar 2-10. Struktur ATP sebagai sumber energi sel (a), hidrolisis ATP,ADP,AMP (b)

Kemampuan ATP untuk menyimpan dan melepaskan energi bergantung pada strukturnya dan dari molekul yang berhubungan yaitu ADP dan AMP. Kemampuan ATP untuk menyimpan dan melepas energi juga berhubungan dengan ujung gugus fosfat. Penambahan gugus fosfat terhadap ADP dan AMP membutuhkan energi, sebaliknya pemindahan gugus fosfat dari ADP dan AMP ke senyawa lain akan melepaskan energi. Pemindahan gugus fosfat dari ATP ke senyawa lain misalnya air, disebut fosforilasi. Pemecahan ATP membentuk ADP dan fosfat anorganik (Pi).

Dalam sel terjadi sejumlah besar reaksi fosforilasi, sedangkan kebalikan dari reaksi ini yaitu gugus fosfat anorganik ditambahkan kepada ADP, membutuhkan energi 8 kkal per mol untuk membentuk ATP.

2. Reaksi reduksi-oksidas

Bagaimana energi dari nutrien disalurkan ke ATP, dan tidak mudah hilang sebagai panas?.

Reaksi metabolik kunci dalam suatu sel melibatkan reaksi reduksi-oksidas, aliran elektron dari satu molekul ke molekul lainnya yang berfungsi semacam energi langsung dalam sel tersebut. **Oksidas** merupakan perpindahan elektron dari satu atom atau senyawa. **Reduksi** merupakan penambahan elektron dan secara bersamaan terjadi pengurangan muatan.

Pada beberapa reaksi reduksi-oksidas dalam makhluk hidup, elektron ditransfer dalam bentuk atom hidrogen yang mengandung satu proton (H^+) dan satu elektron (e^-).

Gambar 2-11. Oksidas dan Reduksi : Pasangan reaksi dan aliran elektron.

Seperti transfer elektron, transfer atom hidrogen juga menempati reaksi pasangan. **Dua koenzim penting** terdapat sebagai pembawa elektron pada sejumlah reduksi-oksidas metabolik. Koenzim tersebut yaitu : NAD^+ (*nicotinamide adenine dinucleotide*) dan struktur analognya yaitu FAD (*flavin adenin dinucleotide*).

Ketika NAD^+ direduksi menjadi NADH , dua elektron dan satu proton ditambahkan kepada suatu molekul; kemudian elektron dapat ditransfer selama tahapan reaksi, yang menyediakan sejumlah suplai energi sel dari ATP.

Koenzim tersebut tersedia sebagai energi perantara, yang membawa elektron dan hidrogen dari tahapan reaksi glikolisis dan tahap awal respirasi seluler, kemudian mengambil serta menyusunnya dalam membran mitokondria. Hidrogen mengendalikan sintesis ATP, yang pada gilirannya berperan sebagai sumber energi sel.

Gambar 2-12. (a) Molekul NAD^+ , mengandung nukleotida yang pertama terdiri dari : nikotinamid, ribosa dan gugus fosfat dan nukleotida kedua terdiri dari : adenin, ribosa dan gugus fosfat. (b). Reduksi NAD^+ , terjadi penambahan 2 elektron dan satu proton menghasilkan molekul berenergi tinggi (NADH)

3. Respirasi

Proses respirasi merupakan reaksi oksidasi atau pemecahan bahan organik menjadi molekul yang lebih sederhana dan menghasilkan energi. Bahan untuk dioksidasi dapat berupa karbohidrat, lemak, atau protein menghasilkan CO_2 , H_2O dan energi.

Respirasi dapat disamakan dengan pembakaran, tetapi pelepasan energinya secara bertahap, sedikit demi sedikit, temperatur rendah, dengan bantuan enzim, penggunaan energi lebih efisien (berupa ATP). Sedangkan pada pembakaran energi dibebaskan sekaligus, dengan temperatur tinggi, energi berupa panas dan cahaya serta tanpa bantuan enzim.

Respirasi berfungsi : menghasilkan energi dan senyawa antara. Contohnya respirasi glukosa, yang terdiri dari beberapa rangkaian reaksi yaitu:

(1). Glikolisis : proses pemecahan 1 molekul glukosa menjadi 2 molekul asam piruvat, dan 8 ATP (terjadi dalam sitosol/sitoplasma)

(2). Dekarboksilasi oksidatif piruvat : asam piruvat melalui beberapa tahap reaksi diubah menjadi asetil- koenzim a, dan menghasilkan 6 ATP (terjadi pada matriks mitokondria)

(3). Daur asam sitrat (siklus Krebs/ daur asam trikarboksilat): asetil-koenzim a memasuki siklus ini, akan menghasilkan 24 ATP (terjadi pada matriks mitokondria).

(4). Transfer hidrogen dan elektron : terjadi pada membran mitokondria, berfungsi menerima atom hidrogen dan elektron yang dilepaskan pada proses glikolisis, proses dekarboksilasi oksidatif piruvat dan daur Krebs. Jadi seluruh atom hidrogen dan elektron yang masuk ke sistem ini akan menghasilkan ATP.

Jadi respirasi 1 molekul glukosa dapat menghasilkan 36 ATP. Asam piruvat dari proses glikolisis, jika tidak ada oksigen akan diubah menjadi asam laktat (misalnya : pada otot), atau menjadi alkohol/ etanol (misalnya: pada proses peragian/fermentasi)

Gambar.2-13. Glikolisis (a), dekarboksilasi oksidatif piruvat dan siklus asam sitrat(b), dan sistem transfer elektron (c).

C. Anabolisme

Anabolisme merupakan reaksi penyusunan atau sintesis bahan mentah menjadi produk akhir dan membutuhkan energi. Misalnya reaksi fotosintesis, sintesis protein dari asam-asam amino, dll.

1. Fotosintesis

Fotosintesis merupakan reaksi penyusunan karbohidrat dari bahan-bahan anorganik (CO_2 dan H_2O) dengan bantuan cahaya matahari. Fotosintesis terjadi hanya pada sel tumbuhan hijau, alge, protista dan bakteri tertentu.

Selama proses fotosintesis, sinar matahari ditangkap dan digunakan untuk merubah bahan anorganik (CO_2 dan H_2O) menjadi karbohidrat ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ atau $[\text{CH}_2\text{O}]$) dan oksigen (O_2). Pigmen berwarna hijau (klorofil) merupakan kunci utama reaksi ini.

Fotosintesis memiliki dua tahap reaksi, yaitu:

Tahap (1) fase fotolisis = fase fotofosforilasi (reaksi Hill/reaksi terang), berlangsung dengan adanya cahaya, terjadi terutama pada grana, menghasilkan ATP dan NADPH. Pada tahap ini air (H_2O) dipecahkan, dan (O_2) dilepaskan ke lingkungan, proses ini bergantung pada kekuatan energi cahaya maka disebut **reaksi tergantung-cahaya**. Produksi energi-tinggi pada tahap ini (ATP dan NADPH/ coenzim pembawa elektron) mengendalikan reaksi fotosintesis tahap (2).

Tahap (2). Fase reduksi karbondioksida (CO_2) = fase fiksasi (CO_2) /asimilasi (CO_2)/reaksi gelap, berlangsung pada stroma, memerlukan ATP, NADPH, dan menghasilkan karbohidrat. Pada ini atom hidrogen (H) mereduksi (CO_2) menjadi karbohidrat, reaksi ini dapat terjadi dengan atau tanpa cahaya disebut **reaksi tidak tergantung-cahaya**.

Ketika air H_2O dipecahkan, (O_2) dilepaskan ke lingkungan; selanjutnya atom hidrogen (H) mereduksi (CO_2) menjadi karbohidrat. Untuk membangun

molekul glukosa diperlukan bahan anorganik (H_2O dan CO_2) dan energi sekitar 2000 kkal per mol glukosa.

Gambar 2-14. Reaksi tergantung-cahaya dan tidak tergantung-cahaya

Selain bahan anorganik (CO_2 dan H_2O), cahaya dan pigmen hijau (kloroplas) sangat berperan pada proses fotosintesis.

(a). Pigmen: berfungsi mengubah energi cahaya menjadi energi kimia. Dalam fotosintesis terlibat beberapa pigmen 1). Klorofil/pigmen hijau: (klorofil a dan klorofil b); dan 2). Karotinoid (β karotin dan xantofil).

Unit fotosintetik adalah kelompok pigmen yang melaksanakan fotosintesis. **Klorofil a /kloroplas :** pigmen paling penting, sebagai pusat terjadinya reaksi fotosintesis. **Karotinoid dan klorofil b:** berperan sebagai pigmen antenna, fungsi pigmen antenna ini untuk meneruskan energi ke pigmen utama (pigmen pusat reaksi/klorofil a). Dalam kloroplas, pigmen antenna dengan

klorofil berfungsi bersama dengan sejumlah polipeptida dan molekul penerima serta pemberi elektron dalam membran tilakoid, dan keseluruhannya disebut **fotosistem**.

Tumbuhan hijau memiliki dua tipe fotosistem, pertama : **fotosistem I** , merupakan klorofil pusat reaksi yang sangat kuat menyerap cahaya dengan panjang gelombang sekitar 680 nm **disebut p680** (untuk pigmen 680), klorofil ini mengirim elektron melalui sejumlah pusat besi-sulfur ke NADP^+ sebagai penerima energi; kedua: **fotosistem II**, klorofil pusat reaksi , **disebut p700**, yang menyerap panjang gelombang 700 nm.

Gambar 2-15. Sel tumbuhan (a), struktur kloroplas tempat terjadinya fotosintesis (b), granum (c), membran tilakoid (d).

Pada sel eukariotik, dua tahap fotosintesis terjadi pada kloroplas. Kloroplas mempunyai bermacam bentuk, sebagian besar berbentuk lonjong seperti pisang, tipe sel tertentu memiliki 20-80 kloroplas.

Dalam kloroplas terdapat matriks seperti gel yang disebut **stroma** mengandung ribosom yang merupakan ‘mesin’ untuk sintesis protein, serta dna yang membentuk gen, berfungsi menghidupkan dan mematikan respon terhadap

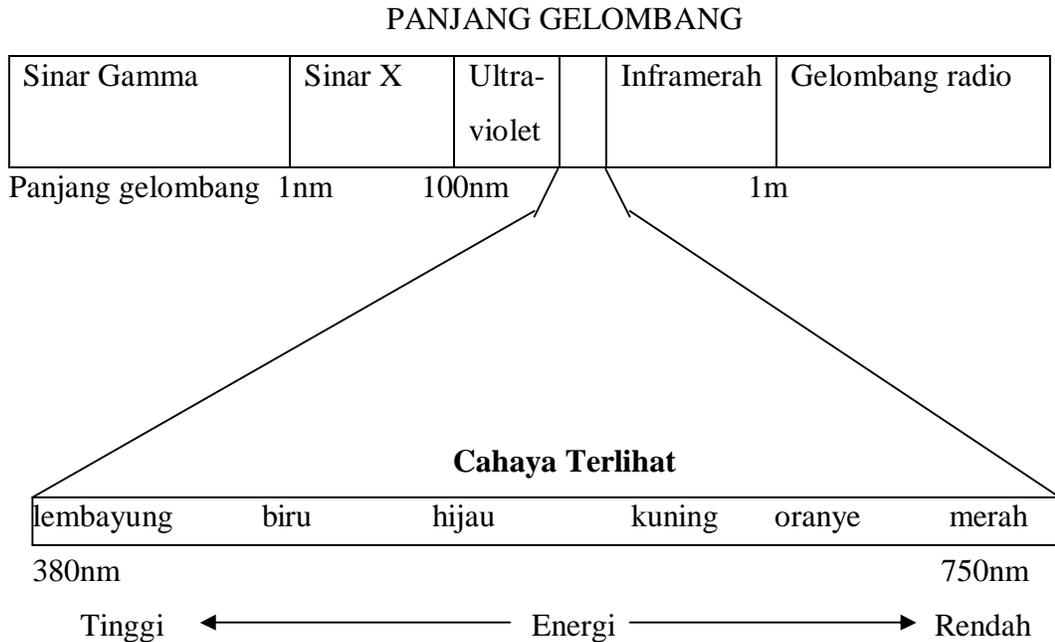
cahaya. Sejumlah protein esensial kloroplas disandi dalam dna nuklear sel, disintesis dalam sitoplasma selanjutnya dipindahkan ke kloroplas.

Struktur yang paling menonjol dalam kloroplas adalah tumpukan kantung tipis yang disebut **grana**, setiap kantung tipis pada satu granum disebut **tilakoid**, membran tilakoid mengelilingi bagian dalamnya yang disebut **lumen**.

Klorofil, enzim dan kofaktor yang berperan pada reaksi bergantung-cahaya disimpan dalam membran tilakoid. Sebagian besar enzim yang mengkatalisis reaksi tidakbergantung-cahaya ditemukan dalam stroma, atau matriks yang mengelilingi tumpukan tilakoid.

(b). Cahaya

Cahaya yang terlihat merupakan suatu bentuk radiasi elektromagnetik. Radiasi demikian memiliki komponen partikel dan gelombang.



Gambar 2-16. Spektrum cahaya elektromagnetik.

Partikel atau foton merupakan paket energi cahaya, dan jarak pergerakannya selama satu getaran lengkap dianggap panjang gelombang (λ) dari cahaya tersebut.

Intensitas cahaya atau terangnya sorotan cahaya merupakan suatu ukuran dari jumlah total foton atau energi per unit waktu.

Jarak penuh energi cahaya dan panjang gelombang menyusun suatu bagian kecil dari spektrum elektromagnetik tersebut, termasuk di dalamnya sinar gama berenergi-tinggi dengan λ yang sangat pendek, gelombang radio dengan λ yang panjang, juga cahaya ultraviolet (uv). Spektrum yang dapat dilihat, panjang gelombang (λ) sekitar 400nm terlihat ungu/violet, sedangkan panjang gelombang (λ) sekitar 700nm terlihat merah.

Setiap cahaya yang datang : sebagian akan dipantulkan. Diabsorpsi/diserap dan ditransmisikan(diteruskan). Foton/partikel dari cahaya dapat melangsungkan reaksi fotosintesis, setelah senyawa pigmen mengabsorpsi/menyerap partikel tersebut. Setiap pigmen memiliki komponen dasar struktur molekulnya yang berbeda. Pigmen yang aktif dalam fotosintesis yaitu klorofil (hijau) , mengabsorpsi sebagian besar panjang gelombang (ungu, biru, oranye, merah), tetapi mentransmisikan cahaya dengan panjang gelombang pada pita hijau dari spektrum yang terlihat.

Spektrum absorpsi untuk klorofil a (yang ditemukan pada semua tumbuhan dan cyanobacteria) merupakan grafik kemampuan molekul untuk mengabsorpsi bermacam panjang gelombang cahaya. Klorofil a mengabsorpsi sejumlah fraksi foton pada λ 650-700 nm (merah) dan λ 400-450 nm (biru) akhir dari spektrum, tetapi tidak mengabsorpsi cahaya hijau.

Apa yang terjadi jika satu atom/molekul mengabsorpsi satu foton cahaya? . Hukum stark einstein : setiap molekul dapat mengabsorpsi hanya satu foton pada suatu waktu, dan foton ini menyebabkan eksitasi hanya satu elektron. **Sifat elektron tereksitasi** : (1), tidak stabil dan cenderung kembali ke orbit semula dengan membebaskan energi eksitasi; (2), energi eksitasi ditahan selama 10^{-8} - 10^{-9} detik; (3), energi eksitasi yang dibebaskan *pertama* dapat hilang sebagai panas, *kedua* sebagian hilang sebagai panas, sebagian lagi sebagai cahaya tampak, dengan λ lebih panjang dari λ yang diabsorpsi yang disebut

berpendar atau ketiga, dapat digunakan untuk melangsungkan suatu reaksi kimia (misalnya : fotosintesis).

Jalur fotosintesis pada tumbuhan dengan tipe struktur daun C3 dan C4 memiliki perbedaan yaitu :

(a). Pada tumbuhan C3 : terdapat sel mesofil daun dan O_2 menghambat fotosintesis normal, pembentukan glukosa lebih sedikit dari tumbuhan C4.

Gambar 2-17. (a,b) Struktur daun dan jalur fotosintesis pada tumbuhan C3 dan C4. Pada tumbuhan C3 dan C4 memiliki sel mesofil yang mengandung sejumlah kloroplas. Pada tumbuhan C4 terdapat suatu lapisan dalam sel-sel pelepah berkas; reaksi fotosintesis tidak tergantung-cahaya hanya terjadi pada sel-sel pelepah berkas tersebut, dan sel-sel mesofil disekelilingnya berperan sebagai “pompa” CO_2 keluar dan masuk dari sel tersebut. (c) Pada jalur C3, O_2 menghambat fotosintesis normal dan pembentukan glukosa lebih sedikit. (d) Pada jalur C4 dilibatkan beberapa molekul yang tidak dilibatkan pada fotosintesis jalur C3 tetapi terdapat selama proses glikolisis dan siklus Krebs.

(b). Pada tumbuhan C₄ : terdapat sel mesofil daun dan sel pelepah berkas yang letaknya mengelilingi berkas pembuluh; reaksi fotosintesis tidak tergantung-cahaya hanya terjadi pada sel-sel pelepah berkas tersebut, dan sel-sel mesofil disekelilingnya berperan sebagai “pompa” CO₂ keluar dan masuk sel tersebut.

Pada jalur C₄ dilibatkan beberapa molekul yang tidak dilibatkan pada fotosintesis jalur C₃ tetapi terdapat selama proses glikolisis dan siklus Krebs. Enzim PEP karboksilase memfiksasi molekul CO₂ kepada PEP (*phosphoenol pyruvate*, senyawa tiga-karbon). Menghasilkan senyawa empat-karbon (oksaloasetat), yang direduksi menjadi senyawa empat-karbon lain (malat). Malat berdifusi ke sel-sel pelepah-berkas, dan direduksi menjadi molekul tiga karbon (piruvat). Pada proses ini, CO₂ dilepaskan dan masuk ke dalam siklus Calvin-Benson dan tumbuhan dapat terus-menerus menghasilkan karbohidrat walaupun dalam kondisi panas dan kering (Gambar 2-17).

2. Sintesis protein

a. Protein

Kira-kira 50% dari berat kering organisme yang hidup adalah protein. Variasi fungsi protein sama banyaknya dengan variasi fungsi kehidupan itu sendiri.

Protein berada sebagai :

- (1). **Protein Fungsional**, contohnya : (a). Sebagai katalisator pada ribuan reaksi biokimia dalam tubuh, katalisator ini disebut **enzim**; (b) sebagai pengangkut O₂ dan CO₂ (hemoglobin darah); (c) sebagai alat pergerakan pada sel-sel otot (aktin dan miosin); (d) zat antibodi yang mampu melumpuhkan zat asing yang masuk ke dalam tubuh; dll
- (2). **Protein struktural**, sebagai komponen penyusun sel.

Protein merupakan polimer yang linier dan tidak bercabang, monomer penyusunnya adalah **asam amino**. Asam amino berjumlah 20 macam, struktur asam amino terdiri dari :

- (1). Satu atom Hidrogen
- (2). Satu gugus amino (-NH₂)
- (3). Satu gugus karboksil (-COOH)
- (4). Lain-lain disebut gugus "R", sifat gugus "R" ini yang menentukan golongan asam amino (bersifat asam, basa, hidrofobik, hidrofilik)

b. Struktur Asam Nukleat

Asam nukleat ada dua macam : (a). DNA dan b). RNA. Sedangkan DNA dan RNA merupakan polimer (rantai nukleotida). Setiap nukleotida terdiri dari basa nitrogen, gugus phosphat, gula.

Molekul DNA tersusun dari :

- Dua macam Basa Nitrogen yaitu (1). **Purin** (terdiri dari Adenin [A], Guanin [G], dan (2). **Pirimidin** (terdiri dari Timin [T], dan Sitosin [C]);
- Gugus Fosfat; dan

- Gula [Deoksiribosa].

DNA merupakan tangga tali terpilin (heliks ganda), terdiri dua rantai polimer nukleotida yang dihubungkan oleh ikatan hidrogen pada basa nitrogen yang berpasangan (A – T), (G – C).

RNA mengandung : 2 Basa Nitrogen Yaitu : (1). **Purin** (terdiri dari Adenin [A], Guanin [G], dan (2). **Pirimidin** (terdiri dari Urasil [U], Dan Sitosin [C]; Gugus Fosfat; Gula[Ribosa].

RNA terdiri dari satu rantai nuklotida (bisa terdiri dari 80 – lebih dari 1000 nukleotida). Macam RNA terdiri dari : *messenger* RNA[mRNA], *transfer* RNA[tRNA], dan *ribosom* RNA[rRNA]

c. Kode/Sandi Genetik

DNA terdapat pada kromosom yang berfungsi sebagai sumber informasi genetik makhluk hidup. Setiap satu informasi (satu protein disandi oleh satu gen). Kromosom terdapat dalam inti sel.

Setiap rantai protein yang disintesis, informasinya disalin dari rantai DNA oleh m RNA, selanjutnya akan diterjemahkan oleh t RNA menjadi bermacam-macam asam amino.

Setiap asam amino dikode 3 basa nitrogen (triplet) pada m RNA, triplet disebut **kodon**. Sedangkan t RNA akan membawa pasangan triplet tersebut yang disebut **antikodon**.

Setiap asam amino dapat disandi oleh triplet yang berbeda, contoh fenilalanin disandi oleh UUU; UUC.

Karena sandi disalin oleh m RNA maka semua triplet tadi tidak mengandung timin (T) tapi diganti oleh urasil (U). Setiap rantai protein mempunyai sandi awal (Metionin/AUG) dan sandi akhir (Stop/UAA ; UAG; dan UGA).

Tabel 2-1. Kode-kode genetik untuk macam-macam asam amino.

		NUKLEOTIDA KEDUA					
		U	C	A	G		
N U K L E O T I D A P E R T A M A	U	UUU Phenilalanin	UCU	UAU Tirosin	UGU Cistein	U	N U K L E O T I D A K E T I G A
		UUC (Phe)	UCC Serin	UAC (Tir)	UGC (Cis)	C	
		UUA Leusin	UCA (Ser)	UAA Stop	UGA Stop	G	
		UUG (Leu)	UCG	UAG Stop	UGG Triptofan (Trp)	A	
	C	CUU	CCU	CAU Histidin	CGU	U	
		CUC Leusin	CCC Prolin	CAC (His)	CGC Arginin	C	
		CUA (Leu)	CCA (Pro)	CAA Glutamin	CGA (Arg)	A	
		CUG	CCG	CAG (Glu)	CGG	G	
	A	AUU	ACU	AAU Asparagin	AGU Serin	U	
		AUC Isolesin	ACC Threonin	AAC (Tir)	AGC (Ser)	C	
		AUA (Ile)	ACA (Thr)	AAA Stop	AGA Arginin	A	
		AUG Metionin (Met)/kode awal	ACG	AAG Stop	AGG (Arg)	G	
	G	GUU	GCU	GAU As. Aspartat	GGU	U	
		GUC Valin	GCC Alanin	GAC (Asp)	GGC Glycine	C	
		GUA (Val)	GCA (Ala)	GAA Lisin	GGA (Gly)	A	
		GUG	GCG	GAG (Lis)	GGG	G	

Sintesis protein melibatkan DNA, m RNA, t RNA, dan r RNA. Sintesis protein terdiri dari beberapa tahap, yaitu :

(1). Transkripsi adalah: pengkopian sebagian rantai DNA menjadi satu rantai m RNA (yang menyandi satu macam protein). DNA membimbing sintesis mRNA, tRNA, dan rRNA. Transkripsi merupakan sintesis RNA yang berdasarkan pada salah satu rantai DNA sebagai *template*/ cetakan, melalui peran **enzim RNA-polimerase**, yang mengkatalisis formasi ikatan fosfodiester di antara ribonukleotida (sehingga rantai DNA terpisah menjadi 2 rantai tunggal).

Secara umum peristiwa sintesis RNA (transkripsi) ini melalui tahapan **inisiasi** (pengikatan enzim RNA-polimerase pada rantai DNA), **elongasi** (perpanjangan rantai RNA) , dan **terminasi** (akhir proses sintesis RNA, diakhiri dengan kode stop pada rantai RNA). Sintesis semua molekul rna berlangsung dari arah 5' → 3'

(2). Translasi

Proses translasi merupakan proses biosintesis protein atau polinukleotida berdasarkan instruksi genetik dalam bentuk mrna untuk menentukan urutan asam

amino. Ribosom merupakan tempat sintesis protein. Setiap ribosom dibangun oleh dua subunit (60S Dan 40S/Svedberg Unit).

Pada Eukariot, contohnya manusia (selnya memiliki membran inti), konstanta pengendapan ribosom adalah 60S dan 40S, akan membentuk ribosom 80S. Pada Prokariot, contohnya bakteri (selnya tidak memiliki membran inti), konstanta pengendapan ribosom adalah 50S dan 30S, akan membentuk ribosom 70S. Setiap subunit terdiri dari sejumlah protein. Sintesis suatu protein melibatkan suatu siklus kompleks, dimana berbagai komponen ribosom memainkan peran spesifik. Proses tersebut walaupun berkesinambungan, tetapi terjadi melalui tahap yang berlainan yaitu: **inisiasi, elongasi, terminasi-release dan pelipatan polipeptida.**

Proses ini melibatkan m RNA, t RNA, ribosom (60S dan 40S, membentuk Ribosom 80S); sejumlah protein yang menandai Inisiasi, Elongasi dan Faktor Terminasi; dan ATP sebagai penyedia energi.

Inisiasi dimulai dengan aktivasi asam amino , terjadi ketika **enzim aminoacyl-tRNA sintetase** mengkatalisis pengikatan asam amino **metionin** [sandi/kode awal protein] kepada tRNA yang cocok. selanjutnya ribosom unit kecil/40S bebas berikatan kepada **metionin inisiator-tRNA**. akhirnya molekul aminoacyl-tRNA dibentuk dan enzim dilepaskan. energi dari ATP tetap berada pada molekul aminoacyl-tRNA dan membantu mengendalikan pembentukan aikatan peptida.

Bentuk kompleks inisiasi yang terdiri dari subunit ribosom 40S, mRNA, tRNA-metionin, dan faktor inisiasi. Pada kompleks inisiasi ini ditambahkan subunit ribosom 60S untuk mengaktifkan ribosom 80S.

Elongasi adalah proses perpanjangan rantai asam amino. asam amino dirangkai satu persatu sepanjang mRNA yang diikatkan pada tempat pengikatan “A” Atau “P” pada ribosom.

Terminasi adalah akhir proses translasi, pada tahap ini ribosom dilepaskan, terpisah menjadi subunit 60S dan 40S dan dihasilkan satu rantai protein.

Gambar 2-19. Tahap-tahap sintesis protein

LATIHAN 2

1. Proses metabolisme dibedakan menjadi anabolisme dan katabolisme, jelaskan dan berikan contoh!

2. Apa yang dimaksud dengan proses respirasi, senyawa apa saja yang dapat melalui proses respirasi dalam tubuh? Apa persamaan dan perbedaan respirasi dengan pembakaran?
3. Jelaskan fungsi respirasi! Respirasi glukosa melibatkan 4 rangkaian reaksi, jelaskan! Apa hasilnya?
4. Apa yang dimaksud dengan proses fotosintesis? Siapa yang yang dapat melakukan fotosintesis? Apa yang dibutuhkan untuk berlangsungnya proses fotosintesis?
5. Jelaskan yang dimaksud dengan reaksi tergantung-cahaya dan reaksi tidak tergantung-cahaya pada proses fotosintesis?

Untuk dapat menjawab latihan secara lengkap. Carilah buku-buku dan bahan bacaan lain yang memuat tentang reproduksi sel, dan Anda dapat mengacu pada rambu-rambu pengerjaan latihan berikut :

1. Berbagai reaksi dalam tubuh terjadi untuk berbagai kegiatan organisme seperti pertumbuhan, perkembangan, reproduksi, gerak dal lain-lain. Reaksi yang membutuhkan energi tersebut dilibatkan dalam penyusunan (sintesis) molekul biologik yang diperlukan pada hewan seperti asam amino, lemak, protein, asam nukleat, dan karbohidrat; sedangkan pada tumbuhan penyusunan karbohidrat dilakukan melalui fotosintesis. Reaksi biosintesis ini disebut anabolisme. Sebaliknya, reaksi yang membutuhkan energi dalam sel, untuk memecah atau mencerna dan menghasilkan bahan buangan, reaksi degradatif ini secara keseluruhan disebut katabolisme. Reaksi anabolisme yang membutuhkan energi sering berpasangan dengan reaksi katabolisme yang menghasilkan energi.
2. Proses respirasi merupakan reaksi oksidasi atau pemecahan bahan organik menjadi molekul yang lebih sederhana dan menghasilkan energi. Bahan untuk dioksidasi dapat berupa karbohidrat, lemak, atau protein menghasilkan CO_2 , H_2O dan energi dan senyawa antara. Respirasi dapat disamakan dengan pembakaran, tetapi pelepasan energinya secara bertahap, sedikit demi sedikit, temperatur rendah, dengan bantuan enzim, penggunaan energi lebih efisien

(berupa ATP). Sedangkan pada pembakaran energi dibebaskan sekaligus, dengan temperatur tinggi, energi berupa panas dan cahaya serta tanpa bantuan enzim.

3. Respirasi berfungsi : menghasilkan energi dan senyawa antara. Contohnya respirasi glukosa, yang terdiri dari beberapa rangkaian reaksi yaitu: (1). Glikolisis : proses pemecahan 1 molekul glukosa menjadi 2 molekul asam piruvat, dan 8 ATP (terjadi dalam sitosol/sitoplasma); (2). Dekarboksilasi oksidatif piruvat : asam piruvat melalui beberapa tahap reaksi diubah menjadi asetil- koenzim a, dan menghasilkan 6 ATP (terjadi pada matriks mitokondria); (3). Daur asam sitrat (siklus Krebs/ daur asam trikarboksilat): asetil- koenzim a memasuki siklus ini, akan menghasilkan 24 ATP (terjadi pada matriks mitokondria); dan (4). Transfer hidrogen dan elektron : terjadi pada membran mitokondria, berfungsi menerima atom hidrogen dan elektron yang dilepaskan pada proses glikolisis, proses dekarboksilasi oksidatif piruvat dan daur Krebs. Jadi seluruh atom hidrogen dan elektron yang masuk ke sistem ini akan menghasilkan ATP. Respirasi 1 molekul glukosa menghasilkan 36 ATP. Asam piruvat dari proses glikolisis, jika tidak ada oksigen akan diubah menjadi asam laktat (misalnya : pada otot), atau menjadi alkohol/ etanol (misalnya: pada proses fermentasi).
4. Fotosintesis merupakan reaksi penyusunan karbohidrat dari bahan-bahan anorganik (CO_2 dan H_2O) dengan bantuan cahaya matahari . Fotosintesis terjadi hanya pada sel tumbuhan hijau, alge, protista dan bakteri tertentu. Selama proses fotosintesis, sinar matahari ditangkap dan digunakan untuk merubah bahan anorganik (CO_2 dan H_2O) menjadi karbohidrat ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ atau $[\text{CH}_2\text{O}]$) dan oksigen (O_2). Pigmen berwarna hijau (klorofil) merupakan kunci utama reaksi ini.
5. Fotosintesis memiliki dua tahap reaksi, yaitu: Tahap (1) fase fotolisis = fase fotofosforilasi (reaksi Hill/reaksi terang), berlangsung dengan adanya cahaya, terjadi terutama pada grana, menghasilkan ATP dan NADPH . Pada tahap ini air (H_2O) dipecahkan, dan (O_2) dilepaskan ke lingkungan, proses ini bergantung pada kekuatan energi cahaya maka disebut reaksi tergantung-

cahaya. Produksi energi-tinggi pada tahap ini (ATP dan NADPH/ coenzim pembawa elektron) mengendalikan reaksi fotosintesis tahap (2); dan Tahap (2). Fase reduksi karbondioksida (CO_2) = fase fiksasi (CO_2) /asimilasi (CO_2)/reaksi gelap, berlangsung pada stroma, memerlukan ATP, NADPH, dan menghasilkan karbohidrat. Pada ini atom hidrogen (H) mereduksi (CO_2) menjadi karbohidrat, reaksi ini dapat terjadi dengan atau tanpa cahaya disebut reaksi tidak tergantung-cahaya.

RANGKUMAN

Metabolisme merupakan reaksi kimia dalam tubuh yang melibatkan enzim, dan dibedakan menjadi : **anabolisme** yaitu reaksi yang membutuhkan energi dilibatkan dalam penyusunan (sintesis) molekul biologik yang diperlukan seperti asam amino, lemak, protein, asam nukleat, dan karbohidrat; dan **katabolisme** : reaksi pemecahan atau pencernaan, menghasilkan bahan buangan dan energi.

ATP merupakan sebuah molekul penyimpan energi yang memindahkan energi dari reaksi eksergonik (katabolisme) ke reaksi endergonik (anabolisme misalnya sintesis molekul)

Seluruh reaksi metabolisme, melibatkan **oksidasi** (memindahkan elektron dari atom atau suatu senyawa; dan **reduksi** (penambahan elektron)

Selama respirasi seluler, molekul glukosa dioksidasi menjadi H_2O dan CO_2 , juga dihasilkan ATP, ADP, Piruvat, asetil-KoA, GTP, molekul NADH dan FADH_2 .

Fermentasi merupakan tahap reaksi yang dimulai dengan glikolisis pada molekul organik, yang sering menggunakan O_2 sebagai penerima elektron.

Fotosintesis pada tumbuhan hijau merubah molekul H_2O dan CO_2 menjadi karbohidrat ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) dan gas O_2 . Energi cahaya matahari digunakan untuk reaksi endergonik tersebut.

Fotosintesis dibedakan menjadi dua tahap reaksi : (1) Reaksi tergantung-cahaya (fotolisis) terutama terjadi pada grana, pada tahap ini H_2O dioksidasi menghasilkan ATP, NADPH, dan O_2 ; (2) Reaksi tidak tergantung-cahaya (asimilasi CO_2) pada tahap ini CO_2 direduksi membutuhkan ATP, NADPH dan menghasilkan karbohidrat ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$).

Fotosistem, dalam kloroplas, pigmen antena dengan klorofil berfungsi bersama dengan sejumlah polipeptida dan molekul penerima serta pemberi elektron dalam membran tilakoid. **Tumbuhan hijau memiliki dua tipe fotosistem**, (1). **fotosistem I**, merupakan klorofil pusat reaksi yang sangat kuat menyerap cahaya dengan λ sekitar 680 nm disebut **p680**, klorofil ini mengirim elektron melalui sejumlah pusat besi-sulfur ke NADP^+ sebagai penerima energi; (2). **fotosistem II**, klorofil pusat reaksi, disebut **p700**, yang menyerap λ 700 nm.

TES FORMATIF 2

- Petunjuk :** Pilihlah
- A. Jika jawaban (1), (2), dan (3) benar
 - B. Jika jawaban (1), dan (3) benar
 - C. Jika jawaban (2), dan (4) benar
 - D. Jika jawaban (4) saja yang benar

1. Berbagai reaksi kimia dalam tubuh yang terjadi melalui kontrol enzim mengacu pada metabolisme. Metabolisme dibedakan menjadi :
 - (1). Anabolisme
 - (2). Fotosintesis
 - (3). Katabolisme
 - (4). Endergonik
2. Respirasi sel merupakan reaksi penguraian dalam tubuh, dengan hasil akhir berupa :
 - (1). ATP
 - (2). CO₂
 - (3). H₂O
 - (4). Karbohidrat
3. ATP merupakan molekul penyimpan energi sel. ATP disusun oleh :
 - (1). Adenosin
 - (2). Ribosa
 - (3). Tiga gugus fosfat
 - (4). Asam nukleat
4. Metabolisme selalu disertai reaksi reduksi-oksidasi yang melibatkan tranfer hidrogen dan elektron. Koenzim penting yang berperan sebagai pembawa elektron pada sejumlah reaksi reduksi-oksidasi adalah :
 - 1). NAD⁺
 - (2). Fosfat
 - (3). FAD
 - (4). Adenosin

5. Glikolisis merupakan proses pemecahan 1 molekul glukosa, dengan hasilnya berupa :
 - (1). Empat molekul asam piruvat
 - (2). Dua molekul asam piruvat
 - (3). 36 ATP
 - (4). Delapan ATP
6. Anabolisme merupakan reaksi penyusunan bahan-bahan menjadi produk akhir dan membutuhkan energi. Contoh reaksi anabolisme adalah :
 - (1). Respirasi glukosa
 - (2). Fotosintesis
 - (3). Respirasi lemak
 - (4). Sintesis protein
7. Fotosintesis merupakan reaksi kimia yang terjadi dalam tumbuhan berklorofil, hasil reaksi fotosintesis berupa :
 - (1). Oksigen
 - (2). Karbondioksida
 - (3). Karbohidrat
 - (4). Air
8. Selain klorofil a, pigmen lain yang terlibat dalam fotosintesis, adalah :
 - (1). Klorofil b
 - (2). Xantofil
 - (3). Karotinoid
 - (4). Fikosianin
9. Dalam sintesis protein dibutuhkan molekul DNA dan RNA. Yang membedakan DNA dari RNA adalah :
 - (1). Purin
 - (2). Pirimidin
 - (3). Fosfat
 - (4). Gula

10. Pada sintesis protein , setiap rantai protein diakhiri dengan kode stop, macam-macam triplet kode stop tersebut, sebagai berikut :

- (1). UAA
- (2). UAG
- (3). UGA
- (4). AUG

BALIKAN DAN TINDAK LANJUT

Untuk mengetahui kebenaran jawaban Anda, bandingkan dengan kunci jawaban pada bagian akhir modul ini. Hitunglah jumlah jawaban yang benar, selanjutnya hitung tingkat penguasaan Anda terhadap materi di atas dengan menggunakan rumus :

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah jawaban yang benar}}{10} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan yang Anda capai :

90% - 100% = baik sekali

80% - 89% = baik

70% - 79% = cukup

< 69% = kurang

Apabila Anda mencapai tingkat penguasaan 80% ke atas, Anda dapat meneruskan untuk mempelajari Kegiatan belajar 2. **Bagus!** Akan tetapi, bila tingkat penguasaan Anda masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi mempelajari materi di atas terutama bagian yang belum Anda kuasai.

KUNCI JAWABAN TES FORMATIF

No	Tes Formatif 1	Tes Formatif 2
1.	A	B
2.	A	A
3.	B	A
4.	C	B
5.	C	C
6.	A	C
7.	B	B
8.	D	B
9.	B	C
10.	D	A

GLOSARIUM

Antikodon : Suatu rangkaian dari tiga basa pada molekul tRNA yang berikatan dengan kodon pada mRNA.

Arah 5' ke 3' : arah rantai molekul DNA, yang memperpanjang selama replikasi.

Asam amino : molekul organik yang mengandung sebuah atom karbon pusat, sebuah gugus amin (-NH₂), sebuah gugus karboksil (-COOH) dan sebuah rantai samping yang berbeda-beda (R). Asam amino merupakan monomer pembentuk rantai protein.

Asam lemak : suatu molekul yang terdiri dari rantai panjang atom karbon yang berikatan kepada gugus karboksil asam (-COOH). Asam lemak merupakan unit dasar dari lemak dan minyak.

Asam nukleat : rantai polimer yang dibangun dari subunit nukleotida yang disusun pada urutan linier spesifik, dua tipe asam nukleat adalah : DNA dan RNA.

Atom : Unit terkecil dari materi yang menunjukkan karakteristik bagian-bagian unsur.

ATP (adenosine triphosphat) : molekul penyimpan-energi primer dalam sel.

Berat atom : jumlah proton dan neutron suatu atom.

Challone (kalon) : penghambat pembelahan pada sel hewan yang diduga dihasilkan oleh sel terdiferensiasi.

Diploid : “pasangan”, memiliki sepasang kromosom yang homolog dalam setiap sel.

Disakarida : gula yang disusun oleh dua monomer (glukosa dan fruktosa atau sakarida) yang digabungkan oleh ikatan glikosidik

DNA (deoxyribonucleic acid) : asam deoksi ribonukleat

Enzim : kelompok protein tertentu (dan RNA tertentu) yang mengkatalisis reaksi kimia.

FAD (flavin adenine dinukleotida) : bersama dengan NAD^+ , suatu koenzim yang membawa elektron dan hidrogen pada berbagai reaksi reduksi-oksidasi metabolisme.

Fermentasi : Rangkaian reaksi anaerobik (tidak menggunakan O_2) dalam pembentukan piruvat, melalui glikolisis diubah menjadi etanol/alkohol, laktat, atau beberapa senyawa organik lain.

Gamet : sel reproduktif yang bersatu dengan gamet lain dan memulai perkembangan suatu individu

Garpu replikasi : tempat dimana DNA sedang direplikasi, dua rantai heliks-ganda dipisahkan, masing-masing rantai menjadi cetakan untuk rantai DNA baru.

Gen : unit dasar dari hereditas (sifat keturunan) terletak pada kromosom. Gen tersusun dari nukleotida dan tersedia sebagai “blue print” atau pusat informasi untuk semua RNA dan protein sel.

Gibberellin : suatu kelompok hormon pada tumbuhan yang berperan dalam penambahan panjang batang.

Glukosa : monosakarida enam-karbon, merupakan bahan bakar atau sumber energi seluler yang umum.

Granum (jamak : grana) : tumpukan tilakoid yang disusun seperti koin uang logam, dalam kloroplas.

Guanin : cincin-ganda basa purin yang merupakan struktur dasar nukleotida pada DNA.

Haploid : sel yang mengandung satu set kromosom potensial , atau organisme yang hanya memiliki satu set kromosom.

Hormon : substansi yang dibentuk oleh suatu bagian suatu organisme dan produknya mempengaruhi bagian lain dari organisme tersebut.

Ikatan kovalen : Suatu ikatan kimia diantara atom-atom, yang sifatnya menggunakan elektron bersama.

Insulin : hormon yang dihasilkan oleh pankreas vertebrata yang berperan menurunkan konsentrasi glukosa dalam darah, juga ditemukan pada otak.

Interfase : bagian paling lama pada siklus sel; dibedakan menjadi fase G₁, S, dan G₂, selama nukleus tidak membelah.

Ion : Suatu atom yang memiliki muatan listrik.

Kariotipe : menunjukkan jumlah, ukuran dan bentuk kromosom suatu organisme.

Ko : dari bahasa Latin 'co' artinya kondisi andil bersama-sama.

Kodon : suatu rangkaian urutan nukleotida yang menyandi suatu asam amino tunggal.

Kofaktor : substrat enzim tertentu yang kadang-kadang berikatan pada tempat tertentu suatu enzim yang ikut serta dalam reaksi kimia dan pembentukan produk.

Kromatid : dua kopi kromosom selama pembelahan sel.

Kromatin : substransi pembentuk kromosom dalam nukleus sel yang tidak sedang membelah yang mengandung DNA, protein histon dan nonhiston.

Kromosom : Sebuah rantai panjang dari lilitan DNA tempat adanya gen, suatu informasi genetik untuk semua organisme.

Larutan hipotonik : suatu larutan yang konsentrasi zat terlarut (contoh: garam) lebih tinggi dari larutan lain.

Larutan hipotonik : suatu larutan yang konsentrasi zat terlarut (contoh : garam) lebih rendah dari larutan lain.

Larutan isotonik : larutan yang mempunyai konsentrasi garam seimbang dengan larutan lain.

Lempeng sel : lapisan kantung bermembran yang memisahkan dua sel anak ketika sel tumbuhan membelah.

Makromolekul : molekul yang sangat besar dengan berat molekul 10.000. dalton atau lebih, merupakan gabungan dari molekul yang lebih kecil dan mendukung adanya keragaman pada struktur organik.

Matriks : suatu campuran semicair dari ribosom, DNA dan enzim yang mengelilingi krista dalam mitokondria.

Mesofil : jaringan fotosintetik utama dalam daun.

Monomer : molekul sederhana yang dapat berikatan dengan monomer lain untuk membentuk polimer yang lebih kompleks.

Monosakarida : merupakan unit dasar untuk membentuk polimer yang lebih kompleks (polisakarida/gula).

NAD⁺ (nicotinamide adenine dinucleotide) : salah satu koenzim terpenting (selain FAD) sebagai pembawa elektron dan hidrogen dalam reaksi reduksi-oksidasi metabolisme.

Neutron : partikel subatom yang tidak bermuatan listrik.

Nomor atom : jumlah proton tertentu dalam inti atom suatu unsur.

Nukleoid : padat, suatu bagian yang tidak terikat dalam sel prokariot yang tersusun dari kromosom tunggal dan tersedia serupa dengan nukleus pada sel eukariot.

Nukleosida : suatu molekul sebagai pusat nukleotida DNA, mengandung basa nitrogen dan gula lima-karbon.

Nukleosom : Suatu bagian molekul DNA yang melilit delapan molekul protein histon.

Nukleotida : suatu asam nukleat yang disusun oleh basa nitrogen, gula lima-karbon dan fosfat.

Osmosis : difusi molekul air melalui membran semi permeabel, sebagai respon dari osmolit (substansi yang menyebabkan peningkatan tekanan osmotik).

Reaksi gelap (tidak bergantung-cahaya) : reaksi tahap kedua dari fotosintesis, yang tidak membutuhkan energi cahaya, dimana CO_2 direduksi menjadi karbohidrat.

Reaksi terang (bergantung-cahaya) : reaksi tahap pertama dari fotosintesis, menggunakan energi cahaya untuk mengoksidasi air dan melepaskan O_2 .

Reaksi reduksi-oksidasi : reaksi kimia dimana satu molekul kehilangan elektron (oksidasi) sedangkan molekul yang lainnya secara bersamaan mendapatkan elektron (reduksi).

Respirasi : proses pertukaran gas yang dilakukan suatu organisme dengan lingkungannya.

RNA (ribonucleic Acid) : asam ribonukleat. Dibedakan menjadi : 1). mRNA (messenger RNA) yaitu RNA yang menyalin informasi dari DNA dan akan diterjemahkan menjadi struktur protein atau urutan asam amino; 2). tRNA (transfer RNA) yaitu RNA yang bertanggungjawab membawa asam amino ke tempat perpanjangan protein pada sebuah kompleks ribosom-mRNA (berpasangan dengan mRNA); 3). rRNA (ribosomal RNA) yaitu molekul yang terdiri dari bermacam protein yang membangun ribosom.

Selulosa : matri struktural berserat pada sel tumbuhan dan kayu, polisakarida dengan berat molekul tinggi disusun oleh rantai panjang unit glukosa.

Siklus Krebs : jalur metabolik dasar dalam respirasi seluler. Siklus ini terdiri dari rangkaian reaksi kimia dimana piruvat (dari hasil glikolisis) dioksidasi menjadi CO_2 , dan dihasilkan ATP. Juga dikenal sebagai siklus asam sitrat.

Sitokinesis : pemisahan sitoplasma pada sel yang sedang membelah, menjadi dua sel anak.

Sitokinin : suatu kelompok hormon pada tumbuhan yang berperan dalam pembelahan sel.

Sitosin (Cytosin) : Suatu cincin-tunggal basa pirimidin yang membentuk nukleotida DNA. Berpasangan dengan guanin pada rantai DNA heliks-ganda.

Spektrum absorpsi : daerah spektrum energi elektromagnetik (biasanya cahaya yang terlihat) yang biasanya diserap oleh atom atau molekul tertentu.

Tekanan osmotik : tekanan yang dihasilkan larutan yang dipisahkan oleh membran semipermeabel dari air murni. Tekanan yang digunakan larutan untuk mencegah penambahan air melalui membran.

Tendon : suatu ujung berkas serabut kolagen.

Timin : cincin-tunggal basa pirimidin merupakan bagian dari DNA.

Transkripsi : proses penyalinan informasi genetik dari DNA dan diubah menjadi berbagai macam RNA.

Translasi : proses sintesis protein berdasarkan informasi yang diterjemahkan dari DNA.

Trigliserida : senyawa lemak yang terdiri dari tiga asam lemak yang bergabung dengan satu molekul gliserol.

Tumbuhan C3 : tumbuhan yang menunjukkan penurunan produksi karbohidrat pada musim kering dan panas, dan ketika kadar gula tiga-karbon pertama cukup stabil dalam siklus Calvin-Benson pada fotosintesis

Tumbuhan C4 : tumbuhan yang dapat berfotosintesis pada iklim kering dan panas, lebih cepat dari tumbuhan C3, memiliki anatomi daun yang khusus dan jalur biokimia yang unik yang dimulai dengan stabilnya kadar gula empat-karbon.

Urasil : basa pirimidin yang menggantikan timin, terdapat pada RNA.

DAFTAR PUSTAKA

- Barrett James M., Peter Abramoff, A.Krishna Kumaran, William F. Millington., 1986. Biology. New Jersey : Prentice-Hall, a division of Simon & Schuster, Inc.
- Hopson Janet L and Norman K. Wessells., 1990. Essentials of Biology. San Francisco : Mcgraw-Hill Publishing Company.
- Kimball John W, 1989. Biologi. Edisi ke-5. Jakarta : Erlangga.

DAFTAR ISI

	<i>Halaman</i>
TINJAUAN MATA KULIAH	1
BBM 2: REPRODUKSI DAN METABOLISME SEL	3
PENDAHULUAN	3
KEGIATAN BELAJAR 1	5
REPRODUKSI SEL	5
PENGANTAR	5
A. Peran Nukleus, Kromosom dan DNA	5
B. Replikasi DNA	9
C. Siklus Sel	10
D. Beberapa Tipe Reproduksi Sel	13
LATIHAN 1	18
RANGKUMAN	20
TES FORMATIF 1	20
BALIKAN DAN TINDAK LANJUT	22
KEGIATAN BELAJAR 2	23
METABOLISME SEL	23
PENGANTAR	23
A. Kontrol Enzim Dan Jalur Metabolik	24
B. Katabolisme	24
C. Anabolisme	30
LATIHAN 2	41
RANGKUMAN	44
TES FORMATIF 2	45
BALIKAN DAN TINDAK LANJUT	47
DAFTAR PUSTAKA	53