



MODUL
TEMA 13

Cetak Biru Makhluk Hidup

BIOLOGI PAKET C SETARA SMA/MA KELAS XII



Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Direktorat Jenderal PAUD, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah
Direktorat Pendidikan Masyarakat dan Pendidikan Khusus
Tahun 2020



MODUL
TEMA 13

Cetak Biru Makhluk Hidup

BIOLOGI PAKET C SETARA SMA/MA KELAS XII



Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Direktorat Jenderal PAUD, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah
Direktorat Pendidikan Masyarakat dan Pendidikan Khusus
Tahun 2020

- **Penulis:** Harianto Baharuddin, S.Pd.; Idham Khalik Idrus, S.Pd.
- **Editor:** Dr. Samto; Dr. Subi Sudarto
Dra. Maria Listiyanti; Dra. Suci Paresti, M.Pd.; Apriyanti Wulandari, M.Pd.
- **Diterbitkan oleh:** Direktorat Pendidikan Masyarakat dan Pendidikan Khusus–Direktorat Jenderal Pendidikan Anak Usia Dini, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah–Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

iv+ 52 hlm + ilustrasi + foto; 21 x 28,5 cm

Kata Pengantar

Pendidikan kesetaraan sebagai pendidikan alternatif memberikan layanan kepada masyarakat yang karena kondisi geografis, sosial budaya, ekonomi dan psikologis tidak berkesempatan mengikuti pendidikan dasar dan menengah di jalur pendidikan formal. Kurikulum pendidikan kesetaraan dikembangkan mengacu pada kurikulum 2013 pendidikan dasar dan menengah hasil revisi berdasarkan peraturan Mendikbud No.24 tahun 2016. Proses adaptasi kurikulum 2013 ke dalam kurikulum pendidikan kesetaraan adalah melalui proses kontekstualisasi dan fungsionalisasi dari masing-masing kompetensi dasar, sehingga peserta didik memahami makna dari setiap kompetensi yang dipelajari.

Pembelajaran pendidikan kesetaraan menggunakan prinsip flexible learning sesuai dengan karakteristik peserta didik kesetaraan. Penerapan prinsip pembelajaran tersebut menggunakan sistem pembelajaran modular dimana peserta didik memiliki kebebasan dalam penyelesaian tiap modul yang di sajikan. Konsekuensi dari sistem tersebut adalah perlunya disusun modul pembelajaran pendidikan kesetaraan yang memungkinkan peserta didik untuk belajar dan melakukan evaluasi ketuntasan secara mandiri.

Tahun 2017 Direktorat Pembinaan Pendidikan Keaksaraan dan Kesetaraan, Direktorat Jenderal Pendidikan Anak Usia Dini dan Pendidikan Masyarakat mengembangkan modul pembelajaran pendidikan kesetaraan dengan melibatkan Pusat Kurikulum dan Perbukuan Kemdikbud, para akademisi, pamong belajar, guru dan tutor pendidikan kesetaraan. Modul pendidikan kesetaraan disediakan mulai paket A tingkat kompetensi 2 (kelas 4 Paket A). Sedangkan untuk peserta didik Paket A usia sekolah, modul tingkat kompetensi 1 (Paket A setara SD kelas 1-3) menggunakan buku pelajaran Sekolah Dasar kelas 1-3, karena mereka masih memerlukan banyak bimbingan guru/tutor dan belum bisa belajar secara mandiri.

Kami mengucapkan terimakasih atas partisipasi dari Pusat Kurikulum dan Perbukuan Kemdikbud, para akademisi, pamong belajar, guru, tutor pendidikan kesetaraan dan semua pihak yang telah berpartisipasi dalam penyusunan modul ini.

Jakarta, 1 Juli 2020
Plt. Direktur Jenderal

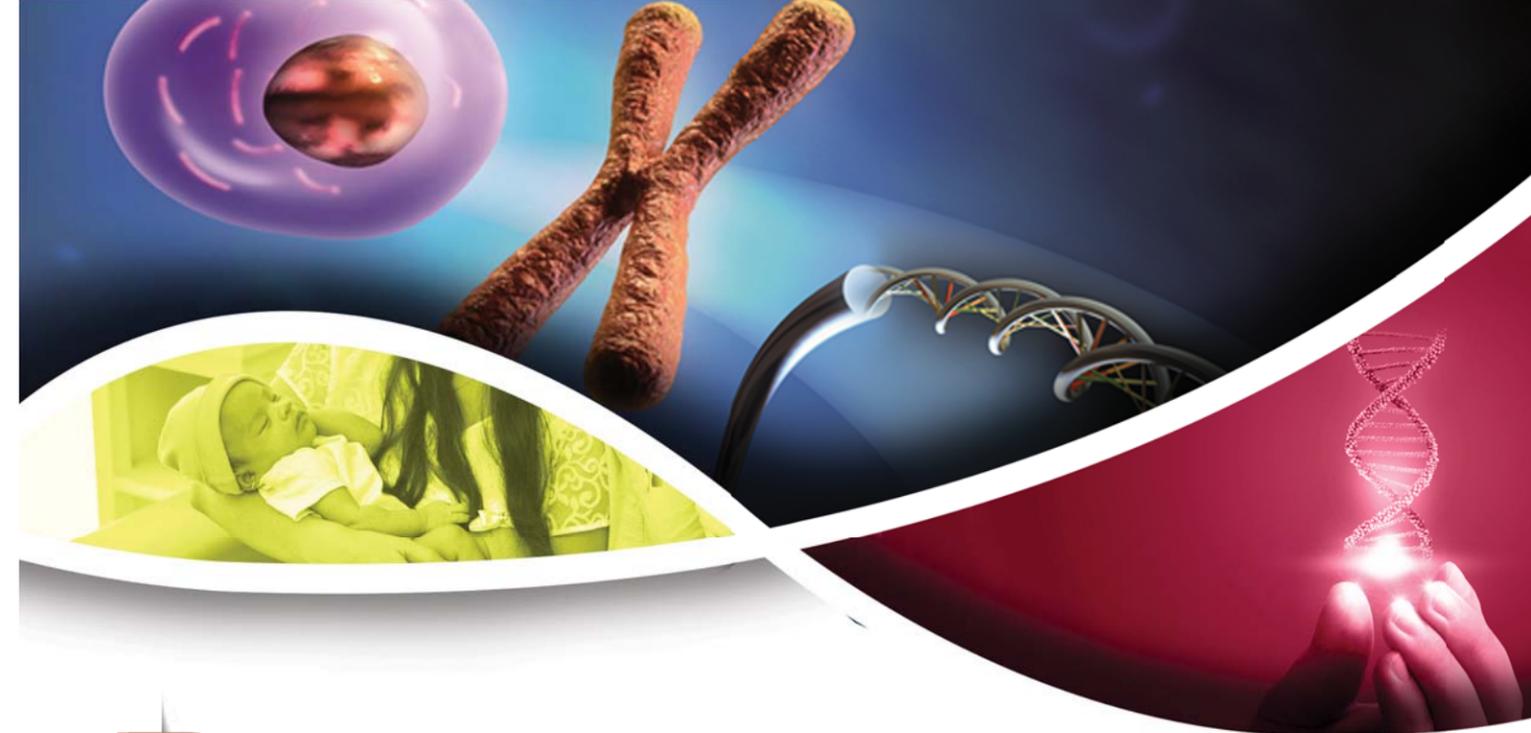


Hamid Muhammad

Modul Dinamis: Modul ini merupakan salah satu contoh bahan ajar pendidikan kesetaraan yang berbasis pada kompetensi inti dan kompetensi dasar dan didesain sesuai kurikulum 2013. Sehingga modul ini merupakan dokumen yang bersifat dinamis dan terbuka lebar sesuai dengan kebutuhan dan kondisi daerah masing-masing, namun merujuk pada tercapainya standar kompetensi dasar.

Daftar Isi

Kata Pengantar	iv
Daftar Isi.....	v
Petunjuk Penggunaan dan Kriteria Pindah Modul	1
Tujuan Diharapkan setelah Mempelajari Modul.....	2
Pengantar Modul	2
UNIT 1 SUBTANSI PEWARISAN SIFAT.....	4
A. Materi Genetik	4
B. Kromosom	5
C. DNA (<i>Deoxyribonucleic Acid</i>).....	9
D. Gen	14
Penugasan 1.1	15
UNIT 2 SINTESIS PROTEIN SEBAGAI PROSES EKSPRESI GEN..	17
A. Kode Genetik	17
B. RNA (<i>ribonucleic acid</i>)	18
C. Perbedaan DNA dan RNA.....	19
D. Sintesis Protein.....	20
Penugasan 2.1	25
Penugasan 2.2	28
Rangkuman.....	30
Latihan Soal	31
Kriteria Pindah Modul	36
Kunci Jawaban dan Pembahasan	37
Rubrik Penilaian.....	43
Saran Referensi	47
Daftar Pustaka	47
Sumber Gambar.....	48
Glosarium.....	49
Biodata Penulis	52



Petunjuk Penggunaan Modul

Materi modul ini disusun secara berurutan dengan urutan materi yang terlebih dahulu perlu dikuasai sesuai dengan prinsip pembelajaran yaitu belajar dari yang konkrit ke yang semakin abstrak, dari mudah ke yang semakin sulit, dari yang dekat dengan lingkungannya ke yang semakin jauh dengan lingkungannya, Dalam setiap unit selalu disajikan beberapa kegiatan. Misalnya, kegiatan penugasan, kegiatan latihan soal, dan sebagainya.

Cepat atau lambatnya penyelesaian modul tersebut sangat tergantung pada kesungguhan Anda dalam mempelajarinya. Untuk dapat memahami modul secara baik, Ikutilah petunjuk belajar berikut ini agar Anda dapat memahami isi modul ini dengan baik.

1. Yakinkan diri Anda telah siap untuk belajar.
2. Tenangkan pikiran dan pusatkan perhatian Anda pada modul yang akan Anda pelajari.
3. Berdoalah sejenak sesuai agama dan keyakinan Anda dan sekarang Anda siap untuk belajar.
4. Baca dan pahami secara mendalam tujuan yang harus dicapai setelah melakukan pembelajaran
5. Baca dan pahami pengantar modul dengan seksama.
6. Bacalah materi modul secara seksama. tandai dan catat materi yang belum/ kurang Anda pahami.
7. Diskusikan materi-materi yang belum dipahami dengan teman, tutor/ pendidik, dan/ atau orang yang dianggap ahli dalam bidang ini.

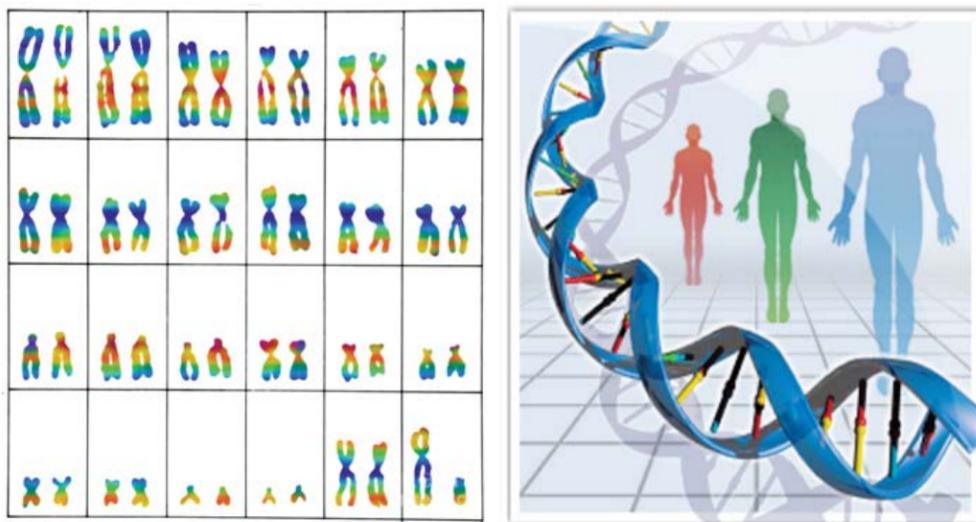
8. Carilah beragam sumber atau bacaan lain yang relevan untuk menunjang pemahaman dan wawasan tentang materi yang sedang Anda pelajari.
9. Kerjakan semua penugasan yang ada pada modul untuk mendapatkan pemahaman mengenai materi modul dengan baik.
10. Lakukan penilaian pemahaman dengan mengisi soal-soal latihan yang disediakan di akhir modul.
11. Jika hasil Anda belum memuaskan jangan putus asa, cobalah lebih giat lagi belajar.
12. Selamat mempelajari modul ini !

Tujuan yang Diharapkan Setelah Mempelajari Modul

Setelah membaca dan mempelajari modul ini, Anda diharapkan memiliki kemampuan:

1. Memahami hubungan antar materi genetik (kromosom, DNA, gen, RNA) pada pewarisan sifat pada makhluk hidup.
2. Memahami tahapan pewarisan sifat pada makhluk hidup.
3. Memodelkan struktur DNA dalam 2 dan 3 dimensi,
4. Memodelkan proses sintesa protein berdasarkan hasil studi pustaka.

Pengantar Modul



Sumber: Dokumentasi penulis

Tubuh makhluk hidup tersusun atas jutaan sel dan hampir setiap sel dalam tubuh kita memiliki DNA. DNA membawa informasi genetik sebagai cetak biru (blueprint) yang dapat dicopy dan diperbanyak saat sel membelah sehingga sel-sel baru juga mengandung informasi genetik yang sama. Inilah mengapa sifat dan ciri fisik seseorang berasal dari pewarisan orang tua dan nantinya akan diturunkan ke anak cucunya. Adanya cetak-biru DNA akan menjaga kelestarian jenis makhluk hidup.

Selain itu juga DNA akan memberikan keunikan tertentu kepada setiap individu. Artinya tidak akan ada dua individu yang sama persis, karena pasti ada sepersekian persen dari kombinasi DNA-nya yang berbeda.

Kelestarian dan keunikan yang menjadi hasil karya DNA tersebut berlaku baik pada faktor fisik ataupun karakter individu.

Pembahasan modul ini diawali dengan materi genetik yang berperan sebagai pusat informasi tubuh, yang meliputi kromosom, gen, dan DNA. Materi genetik adalah unit pewarisan sifat pada makhluk hidup sehingga tidak ada makhluk hidup yang identik.

Pembahasan selanjutnya adalah tentang RNA dan proses ekspresi gen melalui sintesis protein. Sintesis protein merupakan proses untuk mengubah asam amino menjadi protein dalam tubuh. Proses ini melibatkan DNA dan RNA. Molekul DNA adalah sumber pengkodean asam nukleat untuk menjadi asam amino yang menyusun protein, sehingga DNA tidak terlibat secara langsung dalam proses. Molekul RNA adalah hasil transkripsi dari molekul DNA pada suatu sel. Molekul RNA inilah yang kemudian ditranslasi menjadi asam amino sebagai penyusun protein.

Pembahasan lebih lanjut apa itu kromosom, gen, DNA, dan RNA? Proses-proses apakah yang melibatkan materi genetik akan Anda pelajari dan temukan jawabannya pada Modul 13 Cetak Biru Makhluk Hidup.

Selama mempelajari modul ini Anda disarankan untuk membuat catatan mengenai materi pembelajaran yang menurut Anda perlu didiskusikan pada saat kegiatan pembelajaran secara tatap muka dilaksanakan. Selain penjelasan mengenai materi, modul ini juga dilengkapi dengan latihan untuk menguji pemahaman dan penguasaan Anda terhadap materi yang telah dipelajari.

Modul ini dapat digunakan sebagai bahan belajar mandiri. Dalam modul ini juga disertakan referensi link dari sumber belajar online yang dapat Anda buka untuk menambah khasanah pengetahuan Anda.

UNIT 1

Substansi Pewarisan Sifat

Kata Kunci

- Alel
- DNA
- Gen
- Kromatin
- Kromosom
- Replikasi DNA
- Autosom
- Gonosom
- Nukleotida

A. Materi Genetik

Cobalah perhatikan gambar di bawah ini yang menunjukkan sebuah sel, kromosom, dan untaian DNA (deoxyribonucleic acid). Dapatkah Anda menjelaskan hubungan dari ketiga komponen tersebut?

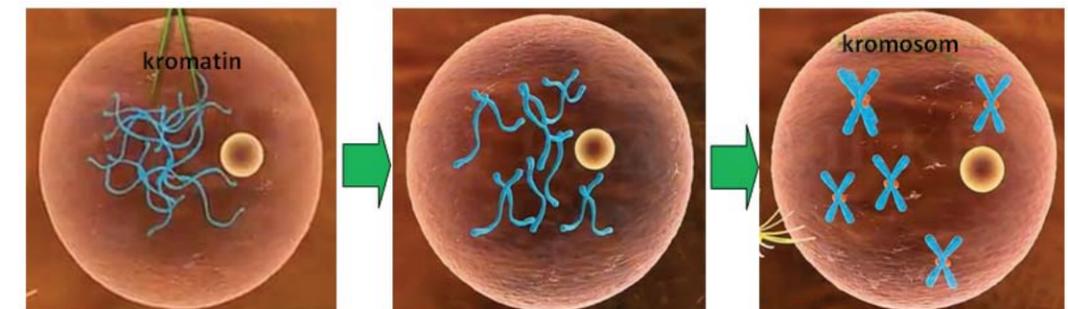


Gambar 1. Sel, Kromosom, dan DNA
Sumber: <http://xsjjys.com>

Manusia, hewan, dan tumbuhan tersusun atas jutaan sel dan setiap sel mengandung materi genetik yang sama, yaitu kromosom. Kromosom terletak di dalam nukleus (inti sel) dan menyimpan segala informasi tubuh suatu makhluk hidup. Kromosom tersusun atas DNA, sedangkan bagian pendek dari DNA yang dinamakan gen. DNA berperan penting dalam pewarisan sifat dari induk ke keturunannya. Selanjutnya kita akan mempelajari lebih lanjut jenis-jenis materi genetik yang berperan dalam pewarisan sifat.

B. Kromosom

Di dalam nukleus terdapat kompleks DNA dan protein yang membentuk struktur seperti benang-benang halus, tidak beraturan, dan mudah diwarnai dengan pewarna tertentu. Struktur tersebut dinamakan kromatin (chroma = warna, tin = benang). Pada saat sel memasuki tahap pembelahan, benang-benang kromatin akan memendek dan menebal membentuk kromosom (chroma = warna, soma = badan).

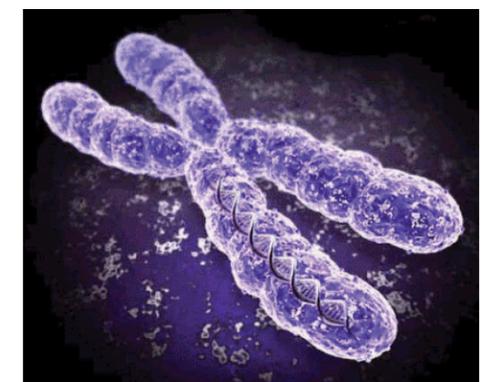


Gambar 2. Perubahan Kromatin Menjadi Kromosom
Sumber: Dokumentasi penulis

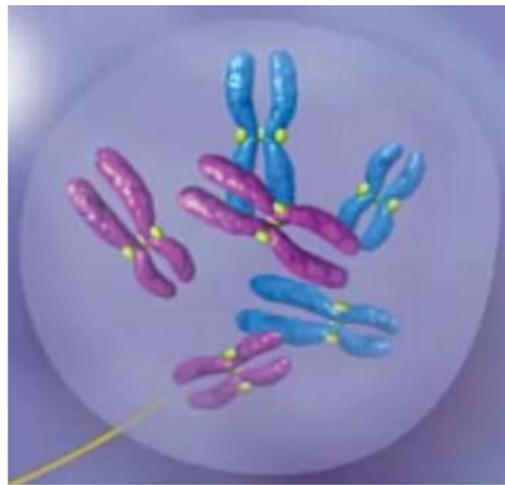
Perhatikan gambar perubahan kromatin menjadi kromosom di atas. Dapatkah Anda membayangkan tujuan perubahan kromatin menjadi kromosom kaitannya dengan pewarisan sifat?

Kromosom merupakan seutas benang DNA tipis dan panjang yang telah menggulung dan memadat. Kromosom di dalam sel-sel tubuh makhluk hidup saling berpasangan. Total keseluruhan informasi genetik yang tersimpan di dalam kromosom disebut genom.

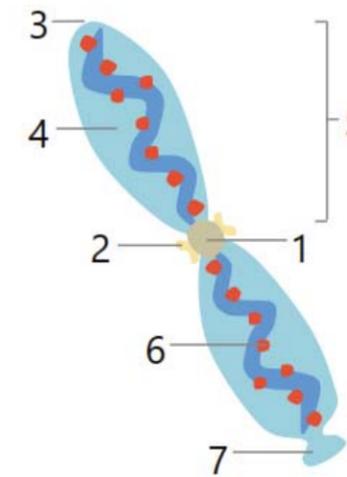
Setiap pasangan kromosom yang memiliki bentuk, ukuran, dan komposisi yang sama disebut kromosom homolog.



Gambar 3. Kromosom
Sumber: <http://zakapedia.com>



Gambar 4. Beberapa Pasang Kromosom Homolog
Sumber: Dokumentasi penulis



- Keterangan:
1. Sentromer
 2. Kinetokor
 3. Telomer
 4. Matriks kromosom
 5. Kromatid
 6. Kromonema
 7. Satelit

Gambar 5. Struktur Kromosom
Sumber: <http://materi78.wordpress.com>

1. Struktur Kromosom

Kromosom merupakan badan berbentuk batang atau bengkok. Kromosom terdiri atas beberapa bagian, yaitu:

a. Sentromer

Sentromer merupakan bagian tengah kromosom berupa bulatan kecil sebagai daerah perlekukan. Pada sentromer terdapat kinetokor, yaitu tempat melekatnya benang-benang spindel saat terjadi pembelahan sel.

b. Kromatid

Masing-masing satu lengan kromosom dinamakan kromatid. Kromatid melekat satu sama lain di bagian sentromer. Kromatid mengandung filamen tipis kromonema. Kromonema diselubungi matriks yang terbungkus oleh membran. Kromonema terdiri atas bagian-bagian bergranula besar dan bergranula kecil. Granula besar disebut kromomer sedangkan granula kecil disebut kromiol.

c. Kromomer

Kromomer merupakan struktur berbentuk manik-manik tempat beradanya lokus yang menyimpan kode genetik.

d. Telomer

Telomer merupakan daerah ujung kromosom yang berperan menjaga stabilitas kromosom.

e. Satelit

Satelit merupakan struktur berupa tonjolan yang terletak di ujung lengan kromatid.

Berdasarkan jumlah sentromernya, kromosom dapat dibedakan menjadi empat macam, yaitu:

- a. Asentrik, yaitu kromosom yang tidak memiliki sentromer
- b. Monosentrik, yaitu kromosom yang memiliki satu sentromer
- c. Disentrik, yaitu kromosom yang memiliki dua sentromer
- d. Polisentrik, yaitu kromosom yang memiliki banyak sentromer

Berdasarkan letak sentromernya, kromosom dapat dibedakan menjadi empat macam, yaitu:

a. Metasentrik

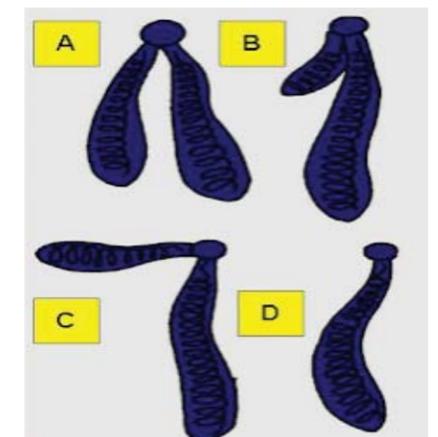
Jika letak sentromer berada di tengah-tengah kromatid sehingga kedua kromatid terlihat sama panjang. Kromosom berbentuk seperti huruf V.

b. Akrosentrik

Jika letak sentromer berada di dekat ujung kromatid sehingga satu bagian kromatid lebih panjang dan satunya lebih pendek. Kromosom berbentuk seperti huruf L.

c. Submetasentrik

Jika letak sentromer tidak tepat berada di tengah-tengah kromatid sehingga kedua kromatid terlihat



Gambar 6. Struktur Kromosom Berdasarkan Letak Sentromer
Sumber: <http://biologyondemand.blogspot.com>

tidak sama panjang.

d. Telosentrik

Jika letak sentromer berada di ujung kromatid sehingga bentuk kromosom seperti huruf I.

Berdasarkan fungsinya, kromosom dibedakan atas dua macam, yaitu:

a. Kromosom Tubuh (Autosom)

Kromosom yang menentukan sifat-sifat tubuh, seperti warna kulit, bentuk rambut, tinggi badan, dan lain-lain.

b. Kromosom Seks (Gonosom)

Kromosom yang menentukan jenis kelamin, contohnya kromosom X berbentuk dan kromosom Y. Pada jenis kelamin laki-laki memiliki kromosom XY sedangkan pada jenis kelamin wanita memiliki kromosom XX.

2. Jumlah Kromosom

Pada umumnya jumlah kromosom setiap makhluk hidup berbeda satu sama lain. Perbedaan ini tidak dipengaruhi oleh tingkatan kesempurnaan maupun ukuran tubuh suatu organisme. Contohnya ikan mas memiliki 94 kromosom sedangkan kuda memiliki 64 kromosom, dan manusia memiliki 46 kromosom. Berikut adalah Tabel 3.1 mengenai jumlah kromosom beberapa jenis organisme.

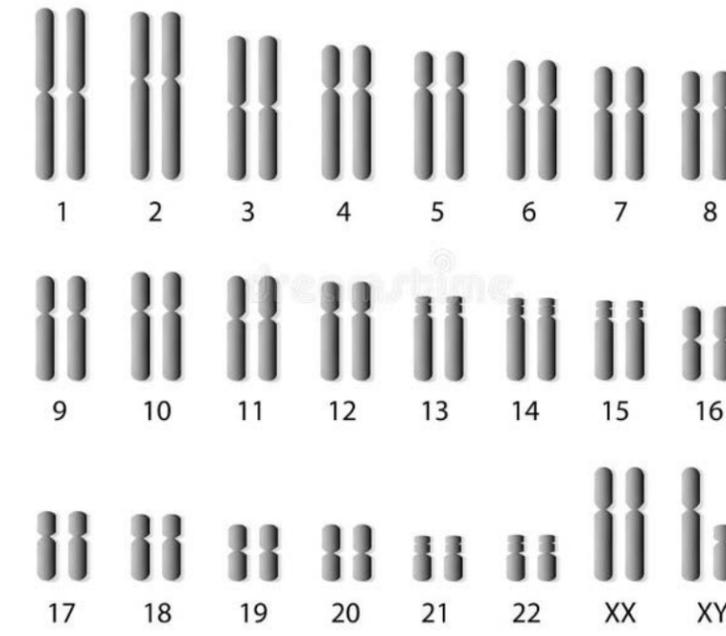
Jenis organisme	Jumlah kromosom	Jenis organisme	Jumlah kromosom
Manusia	46	Kapas	52
Simpanse	48	Tembakau	48
Kuda	64	Tomat	24
Sapi	60	Kacang kapri	14
Kucing	38	Kentang	48
Anjing	78	Gandum	42
Kelinci	44	Nanas	150
Ayam	78	Lobak	18
Katak	26	Jagung	20
Ikan mas	94	Padi	24
Lalat buah	4	Kol	12

Tabel 3.1. Jenis-jenis Organisme dan Jumlah Kromosomnya

Di dalam nukleus sel-sel tubuh (sel somatik) mengandung kromosom yang berpasangan (diploid = 2n). Misalnya pada manusia memiliki 46 kromosom yang terdiri dari 23 pasang kromosom, yaitu 22 kromosom autosom dan 1 kromosom gonosom. Jumlah kromosom pada manusia berjenis kelamin laki-laki dapat ditulis 22 AA + XY sedangkan pada jenis kelamin wanita dapat ditulis 22 AA + XX.

Di dalam nukleus sel-sel kelamin (sel gamet) mengandung kromosom yang tidak berpasangan (haploid = n). Misalnya pada sperma manusia mempunyai 22 autosom ditambah 1 gonosom X atau Y dapat ditulis 22 A + X atau 22 A + Y sedangkan pada ovum wanita dapat ditulis 22 A + X.

Profil visual penyusunan urutan kromosom dari ukuran terbesar hingga terkecil dengan kromosom seks berada di urutan terakhir disebut kariotipe. Perhatikan gambar kariotipe pada manusia pada halaman selanjutnya! Cobalah tunjukkan kromosom metasentrik, submetasentrik, akrosentrik, telosentrik, autosom, dan gonosom!



Gambar 7. Kariotipe pada Manusia
Sumber: <http://dreamstime.com>

C. DNA (Deoxyribonucleic Acid)

Kromosom tersusun atas asam nukleat dan protein. Asam nukleat terdiri atas DNA (deoxyribonucleic acid) dan RNA (ribonucleic acid). DNA atau asam deoksiribosa merupakan substansi yang membawa informasi genetik dari orangtua atau induk ke keturunannya. DNA dapat ditemukan di dalam nukleus,



Gambar 8. Ilustrasi Model DNA
Sumber: <http://latimes.com>

mitokondria, kloroplas, dan sentriol. DNA memiliki struktur berupa pita panjang yang terdiri atas gen-gen. Gen-gen pada DNA akan mengatur pembentukan berbagai jenis protein yang akan berperan dalam menyusun jaringan tubuh hingga fungsi organ tubuh.

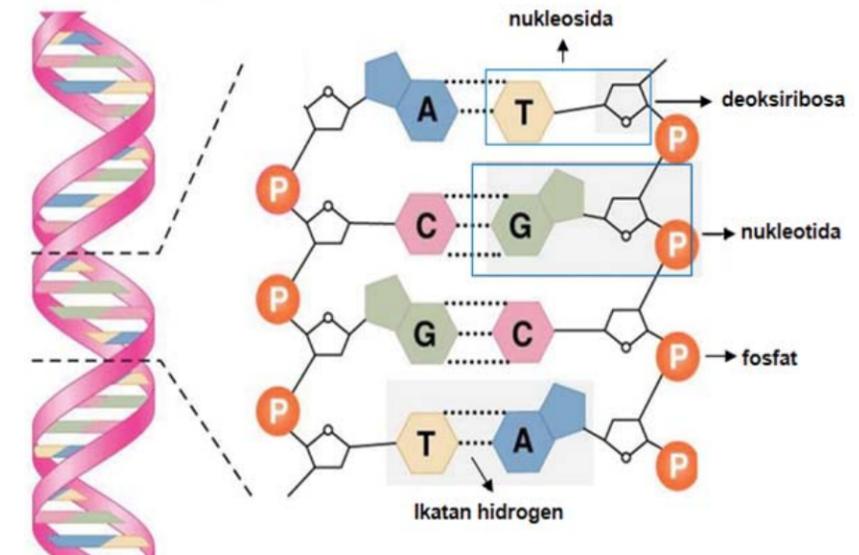
1. Struktur DNA

DNA memiliki bentuk unta panjang yang saling terpilin membentuk struktur heliks ganda (double helix). DNA merupakan polinukleotida yang tersusun atas nukleotida-nukleotida. Satu nukleotida terdiri atas tiga komponen sebagai berikut.

- a. Gula pentosa berupa deoksiribosa
- b. Gugus fosfat sebagai penghubung dua gula deoksiribosa
- c. Basa nitrogen yang terdiri dari golongan purin dan pirimidin.
 1. Purin dibedakan atas adenin (A) dan guanin (G).
 2. Pirimidin dibedakan atas timin (T) dan sitosin (C).

Pada rantai DNA, pasangan tetap antara basa nitrogen purin dan pirimidin dihubungkan oleh ikatan hidrogen. Basa nitrogen G berpasangan dengan C dihubungkan oleh tiga ikatan hidrogen sedangkan basa nitrogen A berpasangan dengan T dihubungkan oleh dua ikatan hidrogen.

Rangkaian senyawa antara deoksiribosa dan basa nitrogen membentuk nukleosida. Nukleosida dapat dikatakan sebagai nukleotida tanpa gugus fosfat. Nukleosida berperan sebagai prekursor dalam sintesis DNA.



Gambar 9. DNA yang Tersusun Atas Nukleotida-nukleotida
Sumber: Dokumentasi penulis

Struktur heliks ganda DNA dapat diilustrasikan sebagai “tangga tali terpilin”. Ikatan antara deoksiribosa dan fosfat diilustrasikan sebagai “ibu tangga”. Ikatan antara basa nitrogen purin dan pirimidin diilustrasikan sebagai “anak tangga”. Untuk lebih jelasnya dapat Anda perhatikan gambar struktur DNA pada halaman sebelumnya. Kemudian cobalah hitung ada berapakah jumlah nukleotida dari bagian DNA yang diperbesar?

Kedua unta DNA berjajar membentuk heliks ganda secara antiparalel. Ujung salah satu unta DNA merupakan ikatan antara gugus fosfat dengan deoksiribosa karbon 5’ dan ujung lainnya merupakan ikatan antara gugus hidroksil (OH) dengan deoksiribosa karbon 3’.

2. Replikasi DNA

Replikasi DNA terjadi di dalam nukleus. Replikasi DNA adalah proses penggandaan DNA yang terjadi saat sel akan membelah secara mitosis. Tujuannya agar sel anakan memiliki DNA yang identik dengan DNA sel induknya. Artinya, sifat pada DNA sel induk akan diwariskan kepada keturunannya. DNA memiliki sifat autokatalitik dan heterokatalitik. DNA bersifat autokatalitik karena dapat melakukan replikasi untuk menghasilkan DNA baru. DNA bersifat heterokatalitik karena mampu membentuk RNA melalui sintesis protein.

Para ahli mengemukakan tiga model mekanisme replikasi DNA, yaitu:

- a. Model konservatif

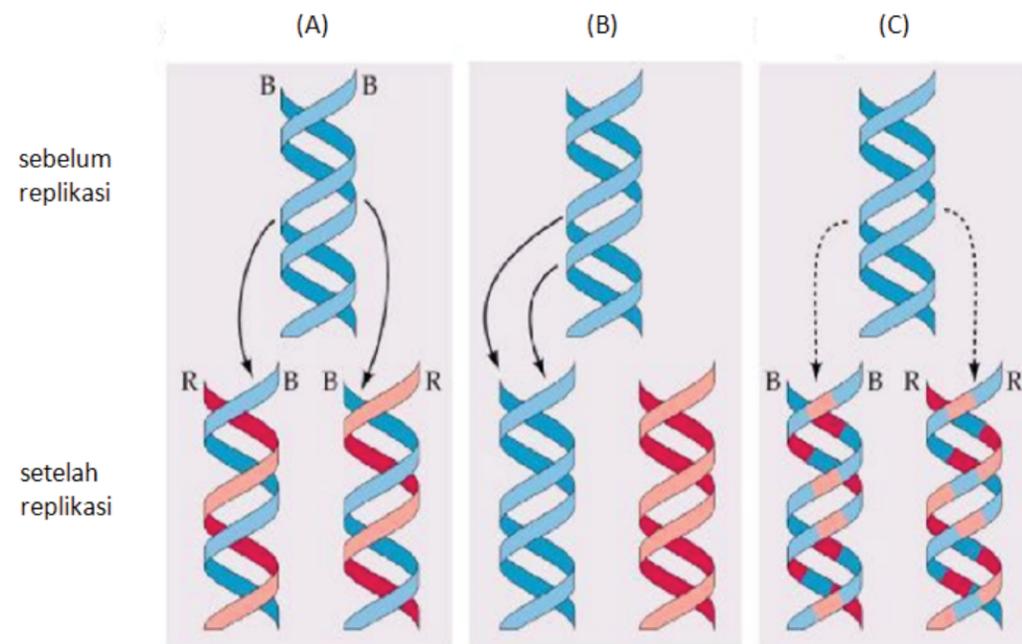
Struktur heliks ganda DNA tetap, lalu menghasilkan struktur heliks ganda yang baru. Heliks ganda DNA baru tidak mengandung polinukleotida DNA lama.

b. Model semikonservatif

Struktur heliks ganda DNA berpisah, lalu masing-masing untai tunggal membentuk untai baru sebagai pasangannya. Heliks ganda DNA baru mengandung satu untai DNA baru dan satu untai DNA lama.

c. Model dispersif

Struktur heliks ganda DNA mengalami pemutusan menjadi beberapa segmen, lalu segmen-segmen tersebut akan membentuk segmen baru hingga terbentuk DNA baru. Heliks ganda DNA baru memiliki polinukleotida lama dan baru yang tersusun berselang-seling.



Gambar 10. Tiga Model Replikasi DNA: (A) Model Konservatif, (B) Model Semikonservatif, dan (C) Model Dispersif
Sumber: Dokumentasi penulis

Dari ketiga model replikasi DNA tersebut, model semikonservatif lebih diyakini kebenarannya. Hal ini telah dibuktikan oleh Matthew Meselson dan Franklin Stahl yang dalam percobaannya pada pembiakan bakteri menemukan DNA hibrid. Replikasi DNA dikatalis oleh beberapa enzim, antara lain sebagai berikut:

a. Helikase

Helikase berperan dalam membuka heliks ganda DNA menjadi dua untai tunggal dengan cara memutus ikatan-ikatan hidrogen.

b. RNA Primase

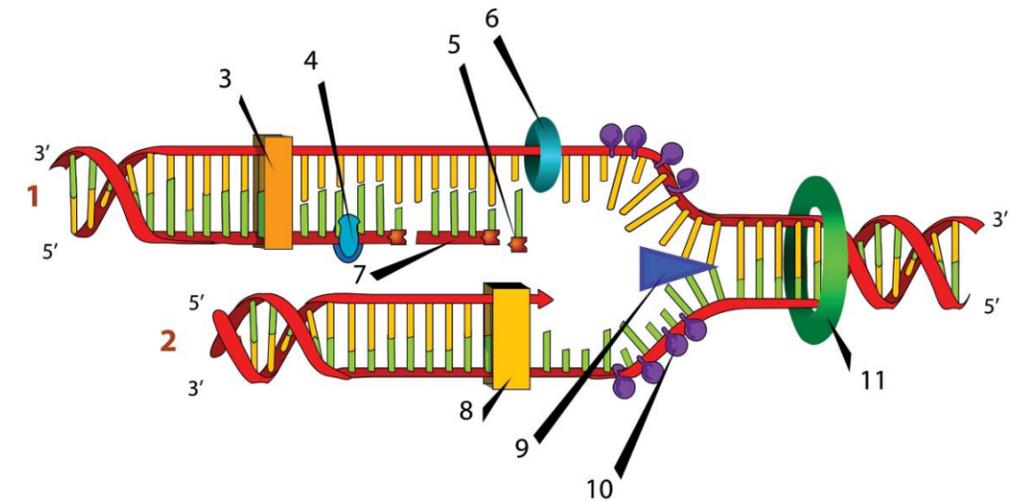
RNA primase berperan dalam menggabungkan nukleotida-nukleotida RNA agar dapat membentuk primer RNA.

c. DNA Polimerase

DNA polimerase berperan dalam menggabungkan nukleotida-nukleotida bebas menjadi polimer DNA yang panjang.

d. DNA Ligase

DNA ligase berperan dalam menyambungkan fragmen-fragmen DNA (fragmen Okazaki) yang baru terbentuk sehingga menjadi untai DNA yang lengkap.



Gambar 11. Proses Replikasi DNA
Sumber: <http://id.wikipedia.org>

Mekanisme replikasi DNA pada gambar di atas akan dijelaskan sebagai berikut (angka dalam kurung menunjukkan keterangan yang ditunjukkan pada gambar):

1. Helikase (9) membuka heliks ganda DNA induk. Topoisomerase (11) mengurangi tegangan untai DNA dan protein-protein pengikat (10) mencegah DNA menutup.
2. Pembentukan untai utama atau leading strand (2) dimulai dari satu primer RNA (5) yang disintesis enzim RNA primase (6). Untai utama dibentuk secara terus-menerus pada arah 5'→3' atau oleh DNA polimerase (8).
3. DNA polimerase menggantikan nukleotida primer RNA dengan DNA.
4. Pembentukan untai lamban atau lagging strand (1) dimulai dari pembentukan primer-primer RNA pendek yang disintesis RNA primase dari arah 3'→5' yang kemudian diperpanjang membentuk fragmen Okazaki (7) oleh DNA polimerase. Untai lamban tidak dibentuk secara terus-menerus.
5. DNA ligase (4) menggabungkan fragmen Okazaki ke untai yang sedang dibentuk.

BIOINFO: Mengapa tes DNA Jadi Bukti Kuat Identitas Seseorang?



Gambar 12. Ilustrasi tes DNA
Sumber: <https://i.blog.ruangguru.com>

Tes DNA dilakukan dengan mengambil sedikit bagian dari tubuh untuk dibandingkan dengan orang lain. Hampir seluruh sampel biologis bisa dipakai untuk melakukan tes DNA, misalnya rambut, air liur, urin, darah, sperma, cairan vagina, serta jaringan tubuh lainnya.

Pada nuklus terdapat area yang dikenal sebagai area STR (short tandem repeats). STR pada setiap orang berbeda-beda dari segi urutan pasang basa yang dihasilkan dan urutan pengulangan STR.

Misalnya urutan AGACC akan beda dengan seseorang yang memiliki untaian AGACT. Pola ini diwariskan dari orangtua ke anaknya

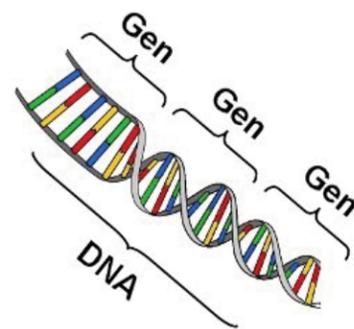
Contohnya tes DNA untuk membuktikan anak kandung dengan mengambil STR dari anak. Kemudian dianalisis

kesamaan urutannya di laboratorium. Proses selanjutnya adalah melihat nomor kromosom. Misalnya, pada hasil pemeriksaan dari seorang anak ditemukan pada kromosom nomor 3 memiliki urutan AGACT dengan pengulangan 2 kali. Kalau orangtua yang mengaku kandung juga memiliki pengulangan sama pada nomor kromosom yang sama, maka dapat disimpulkan antara 2 orang ini memiliki hubungan keluarga.

D. Gen

Perhatikan gambar berikut! Dapatkah Anda menjelaskan pengertian gen berdasarkan hasil pengamatan gambar?

Gen merupakan segmen DNA yang mengandung urutan kode genetik sifat-sifat tertentu. Lokasi yang menunjukkan posisi gen di dalam kromosom disebut lokus. Satu gen mengendalikan satu sifat khusus dan setiap gen menempati lokus tertentu pada kromosom. Rangkaian gen di dalam setiap sel seperti buku resep. Sel tidak menggunakan seluruh gen secara bersamaan. Ketika sel akan melakukan aktivitas atau membentuk senyawa tertentu, sel akan membaca gen yang diperlukan dan mengikuti perintahnya. Gen dapat menyimpan perintah karena mengandung kode genetik. Kode genetik dibentuk dari empat basa nitrogen, yaitu adenin (A), timin (T), guanin (G), dan sitosin (C).



Gambar 13. DNA dan Gen
Sumber: <http://ayoksinau.com>

Gen disimbolkan dalam huruf. Gen dominan ditulis dengan huruf kapital sedangkan gen resesif ditulis dengan huruf kecil. Contohnya gen penentu warna kulit, warna hitam bersifat dominan disimbolkan H dan warna putih bersifat resesif disimbolkan h.

1. Alel

Alel merupakan pasangan gen yang terletak pada lokus yang bersesuaian pada pasangan kromosom homolog dan menunjukkan sifat alternatif sesamanya. Misalnya alel untuk warna kulit terdiri dari alel H yang menentukan warna hitam dan alel h yang menentukan warna putih. Pasangan alel dari kromosom homolog dapat dibedakan atas homozigot dominan (disimbolkan huruf kapital, misalnya HH), heterozigot (disimbolkan huruf kapital dan huruf kecil, misalnya Hh), dan homozigot resesif (disimbolkan huruf kecil, misalnya hh). Pasangan alel dalam kromosom homolog disebut genotip. Hasil ekspresi gen yang memengaruhi penampakan sifat-sifat disebut fenotip. Perhatikan gambar 13 di atas! Dapatkah Anda menunjukkan manakah alel homozigot dominan, homozigot resesif, dan heterozigot?

2. Gen Aktif dan Gen Pasif

Setiap sel-sel penyusun tubuh mengandung gen-gen yang sama. Keaktifan gen dipengaruhi oleh faktor tempatnya berada, jenis kelamin, dan umur. Gen-gen akan aktif pada organ yang sesuai dan akan pasif (nonaktif) pada organ yang tidak sesuai. Contohnya gen yang mengatur pertumbuhan rambut hanya aktif pada sel-sel kulit dan bersifat pasif pada organ pencernaan. Contoh lain gen penumbuh kumis aktif ketika laki-laki masuk usia pubertas dan bersifat pasif selama masa anak-anak.

Penugasan 1

Membuat model struktur DNA dalam bentuk 2 dimensi atau 3 dimensi jika salah satu untai DNA memiliki basa nitrogen A, G, T, C, dan A.

Tujuan

Anda diharapkan mampu:

- Merancang dan membuat model struktur DNA dalam bentuk 2 dimensi atau 3 dimensi
- Melatih kreativitas dalam merancang dan membuat model DNA

Media

- Bahan utama seperti kardus, gabus, kertas karton, kertas atau kain perca warna-warni dan bahan pendukung seperti kawat atau lem. Bahan-bahan bisa disesuaikan rancangan.
- Alat tulis
- Alat pemotong seperti pisau, cutter, atau gunting
- Buku/sumber belajar lain yang mendukung

Langkah - langkah

- Lakukan kajian pustaka dari berbagai sumber untuk melihat contoh model struktur DNA.
- Bentuklah bahan-bahan sesuai pola rancangan, bentuk segilima untuk deoksiribosa, bentuk bulat untuk fosfat dan bentuk lainnya untuk basa nitrogen.
- Rangkailah bahan-bahan yang telah dibentuk hingga membentuk struktur DNA
- Model dapat dibingkai atau dilapisi plastik bening
- Selanjutnya jawab pertanyaan berikut dan kumpulkan bersama hasil karya Anda!

Pertanyaan

1. Apakah fungsi dari DNA?
2. Tuliskan pasangan basa nitrogen dari untai DNA yang memiliki basa nitrogen A, G, T, C, dan A!
3. Berapakah jumlah nukleotida pada DNA tersebut?
4. Bagaimana membedakan pasangan basa purin dan pasangan basa pirimidin?

UNIT 2

Sintesis Protein Sebagai Proses Ekspresi Gen

Kata Kunci

- Antikodon
- Polipeptida
- Sintesis protein
- Kode genetik
- RNA
- Transkripsi
- Kodon
- RNA polimerase
- Translasi

A. Kode Genetik

	U	C	A	G	
U	UUU Phenyl-alanin UUC UUA Leucin UUG	UCU Serin UCC UCA UCG	UAU Tyrosin UAC UAA Stop kodon UAG Stop kodon	UGU Cystein UGC UGA Stop kodon UGG Tryptophan	U C A G
C	CUU Leucin CUC CUA CUG	CCU Prolin CCC CCA CCG	CAU Histidin CAC CAA Glutamin CAG	CGU Arginin CGC CGA CGG	U C A G
A	AUU Isoleucin AUC AUA AUG Methionin Start kodon	ACU Threonin ACC ACA ACG	AAU Aspargin AAC AAA Lysin AAG	AGU Serin AGC AGA Arginin AGG	U C A G
G	GUU Valin GUC GUA GUG	GCU Alanin GCC GCA GCG	GAU Aspargin syre GAC GAA Glutamin syre GAG	GGU Glysin GGC GGA GGG	U C A G

Gambar 15. Tabel Kode Genetik
Sumber: <http://bhimashraf.blogspot.com>.

Bagaimana cara membaca tabel kode genetik di atas? Berikut penjelasannya.

	U	C	A	G
U	UUU Phenyl-alanin UUC Phenyl-alanin UUA Leucin UUG Leucin	UCU Serin UCC Serin UCA Serin UCG Serin	UAU Tyrosin UAC Tyrosin UAA Stop kodon UAG Stop kodon	UGU Cystein UGC Cystein UGA Stop kodon UGG Tryptophan
	U	C	A	G

Sumber: Dokumentasi penulis.

Perhatikan potongan tabel kode genetik di atas. Pada bagian kolom paling kiri dan paling atas terdapat huruf U, C, A, dan G. Pada kolom paling kanan terdapat huruf UCAG pada setiap kolom. Misalnya Anda ingin mencari tahu asam amino untuk kodon UUA (lihat kodon yang ditandai dalam kotak biru), pertama pilih huruf U pada kolom paling kiri kemudian pilih huruf U pada kolom paling atas. Terakhir pilih huruf A pada kolom paling kanan. Hubungkan ketiga huruf tersebut dalam satu titik temu (lihat garis berwarna jingga di dalam tabel) dan Anda akan menemukan bahwa UUA mengkode asam amino leusin.

Ketika sel-sel tubuh akan membentuk senyawa protein yang dibutuhkan, maka sel tubuh akan membaca gen yang diperlukan dan mengikuti perintah dari kode genetik yang terkandung pada gen tersebut.

1. Kode genetik tersusun atas kelompok-kelompok tiga basa nitrogen yang disebut triplet, misalnya ACG, AUU, dan AUC. Triplet yang berperan dalam mengkode asam amino disebut kodon. Total terdapat 64 kodon yang terdiri dari 61 kodon yang mengkode asam amino dan 3 kodon tidak mengkode asam amino tetapi berperan sebagai kodon stop.
2. Satu kodon hanya mengkode satu jenis asam amino, misalnya UCU mengkode serin. Setiap asam amino dapat dikode oleh lebih dari satu kodon, misalnya serin dikode oleh UCU, UCC, UCA, dan AGU. Sel-sel tubuh menggunakan berbagai kombinasi asam amino untuk membentuk protein yang dibutuhkan.
3. Kode genetik bersifat universal, misalnya setiap makhluk hidup memiliki kodon UUU yang mengkode fenilalanin.

B. RNA (Ribonucleic Acid)

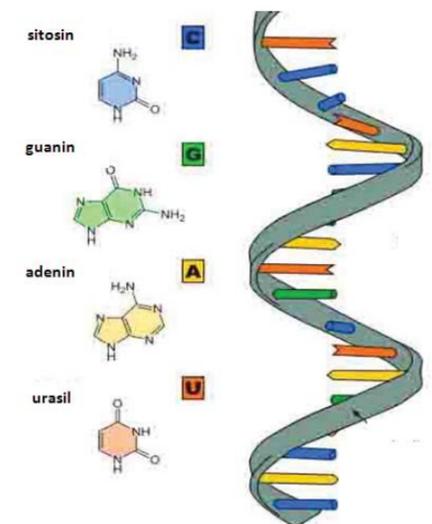
RNA atau asam ribonukleat merupakan polinukleotida berbentuk untai tunggal yang pendek. RNA berperan dalam sintesis protein. RNA dapat ditemukan di dalam nukleus, ribosom, dan sitoplasma.

1. Struktur RNA

RNA terdiri atas komponen-komponen berikut:

- a. Gula pentosa berupa ribosa
- b. Gugus fosfat sebagai penghubung dua gula ribosa
- c. Basa nitrogen yang terdiri dari golongan purin dan pirimidin.
 1. Purin dibedakan atas adenin (A) dan guanin (G).
 2. Pirimidin dibedakan atas urasil (U) dan sitosin (C).

Pada rantai RNA tidak ada ikatan hidrogen karena bentuk RNA berupa untai tunggal. Basa nitrogen C berpasangan dengan G sedangkan pasangan A berpasangan dengan U.



Gambar 16. Struktur RNA
Sumber: Dokumentasi penulis

2. Jenis-jenis RNA

RNA dapat dibedakan atas tiga jenis, yaitu sebagai berikut:

- a. mRNA (messenger RNA) atau RNAd (RNA duta)

mRNA merupakan untai tunggal yang relatif panjang dan terdiri atas ratusan nukleotida. mRNA dibentuk di nukleus oleh DNA melalui proses transkripsi. mRNA berperan membawa kode genetik (kodon) dari DNA ke ribosom.
- b. tRNA (transfer RNA) atau RNAt (RNA transfer)

tRNA merupakan untai tunggal pendek yang melipat membentuk struktur tiga dimensi. tRNA juga terbentuk di nukleus oleh DNA melalui proses transkripsi kemudian diangkut ke sitoplasma. tRNA membawa tiga rangkaian basa nitrogen yang disebut antikodon. tRNA berperan menerjemahkan kodon dari mRNA menjadi asam amino.
- c. rRNA (ribosomal RNA) atau RNAr (RNA ribosomal)

rRNA merupakan jenis RNA yang jumlahnya paling banyak. rRNA terdapat di ribosom dan menyusun 60% dari berat ribosom. rRNA berperan dalam mempermudah ikatan antara kodon dan antikodon selama sintesis protein.

C. Perbedaan DNA dan RNA

Pada dasarnya DNA dan RNA adalah dua jenis utama asam nukleat, yakni sel besar yang ada di dalam tubuh yang susunannya sangat rumit. Asam nukleat ini letaknya berada di dalam inti atau nukleus sel dan dapat ditemukan pada semua sel hidup dan juga virus.

DNA dan RNA sendiri bisa dibedakan berdasarkan dari beberapa hal. Mulai dari letaknya, struktur penyusunnya, jenis gula pentosa, basa nitrogen, fungsinya, kadar jumlahnya, keberadaannya hingga jenisnya. Tabel 3.2 di bawah ini memperlihatkan perbedaan antara DNA dan RNA.

No	Perbedaan	DNA	RNA
1	Letak	Nukleus, plastid, kl oroplas, mitokondria, dan sentriol	Nukleus, sitoplasma, dan ribosom
2	Struktur bentuk	Untai ganda (double helix) dan panjang	Untai tunggal dan pendek
3	Jenis gula pentosa	Deoksiribosa	Ribosa
4	Basa nitrogen	Purin : adenin (A) dan guanin (G) Pirimidin : timin (T) dan sitosin (C)	Purin : adenin (A) dan guanin (G) Pirimidin : urasil (U) dan sitosin (C)
5	Fungsi	Pewarisan sifat dan sintesis protein	Sintesis protein
6	Kadar jumlah	Jumlahnya tetap dan tidak dipengaruhi aktivitas sintesis protein	Jumlahnya tidak tetap dan dipengaruhi aktivitas sintesis protein
7	Keberadaan	Permanen	Periode pendek karena mudah terurai
8	Jenis	DNA sense dan DNA antisense	mRNA, tRNA, rRNA

Tabel 3.2. Perbedaan antara DNA dan RNA

D. Sintesis Protein

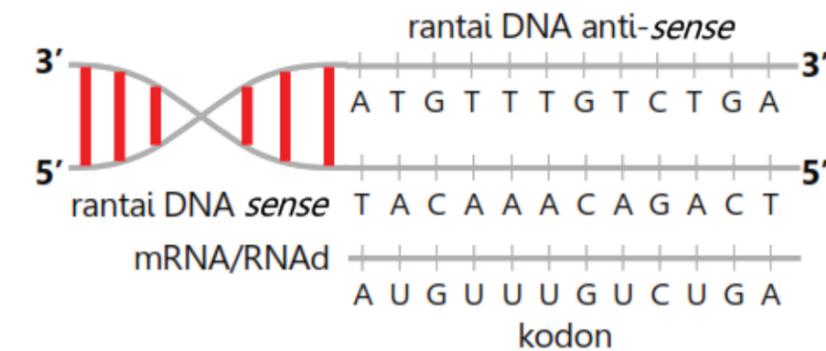
Sintesis protein merupakan proses pembentukan senyawa protein melalui proses penerjemahan kode genetik menjadi urutan asam amino. Pada pembahasan proses sintesis protein ini kita akan mengambil contoh pembentukan enzim erepsin pada usus halus. Enzim termasuk salah satu jenis protein sehingga membutuhkan sintesis protein untuk pembuatannya. Sintesis protein dibedakan atas dua tahap, yaitu :

1. Transkripsi

Transkripsi adalah proses pembentukan mRNA oleh DNA sense di nukleus. DNA sense adalah DNA yang melakukan transkripsi sedangkan DNA antisense adalah pasangan dari DNA sense. Perlu Anda ketahui bahwa pasangan basa nitrogen pada DNA sense dan DNA antisense, adalah A = T atau T = A sedangkan G = C atau C = G.

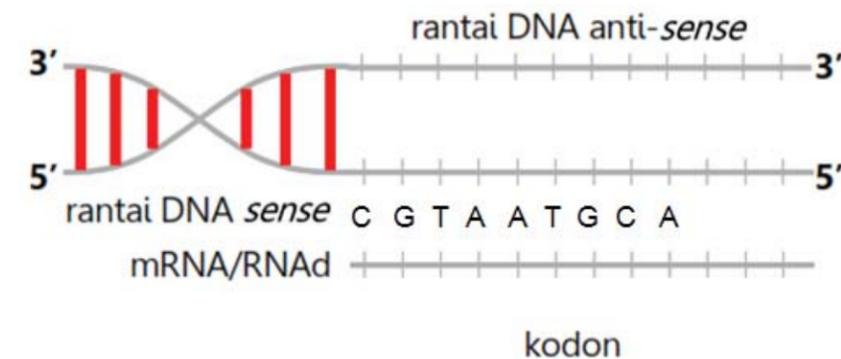
Pada pasangan DNA sense dan mRNA (kodon) adalah A = U atau T = A sedangkan G = C atau C = G.

Agar lebih memahami proses penyalinan kode genetik dari DNA ke mRNA, perhatikan gambar berikut.



Gambar 17. Skema Proses Transkripsi
Sumber: Dokumentasi penulis

Jika diketahui kode genetik pada DNA sense adalah 5'-CGT-AAT-GCA-3'. cobalah tentukan kode genetik pada DNA antisense dan mRNA berikut.



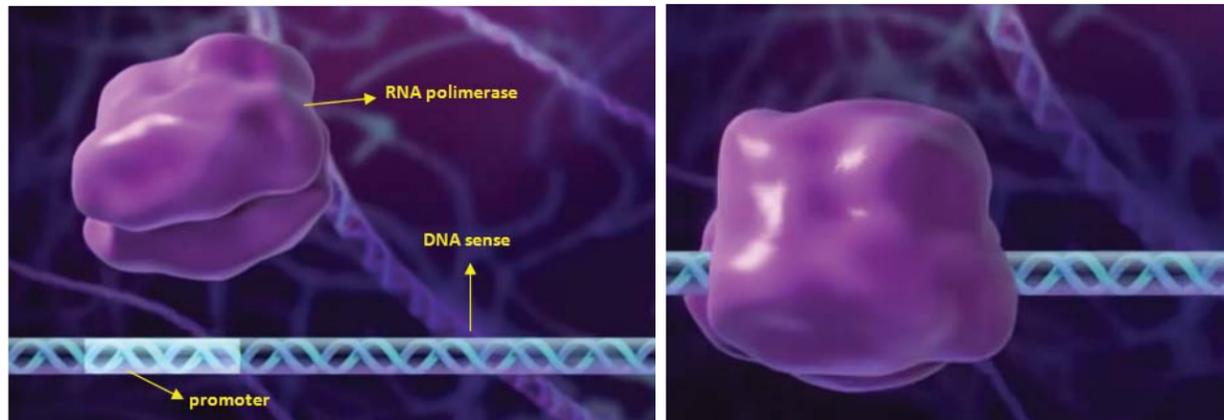
Berikut adalah cara menentukan pasangan basa nitrogen pada DNA antisense dan mRNA gambar di atas.

- Diketahui DNA sense: 5'-CGT-AAT-GCA-3'. Karena untai DNA sense dimulai dari untai 5'→3'; maka untai DNA antisense dimulai dari untai 3'→5'. Pasangan basa nitrogen untuk DNA antisense adalah 3'-GCA-TTA-CGT-5'.
- Seperti yang telah dijelaskan di atas, untai DNA sense dimulai dari untai 5'→3'; maka untai mRNA juga dimulai dari untai 3'→5'. Pasangan basa nitrogen untuk mRNA adalah 3'-GCA-UUA-CGU-5'. Ingat! Basa nitrogen T diganti menjadi basa nitrogen U jika menentukan basa nitrogen pada RNA.

Transkripsi terdiri atas tiga tahap, yaitu inisiasi, elongasi, dan terminasi.

a. Inisiasi

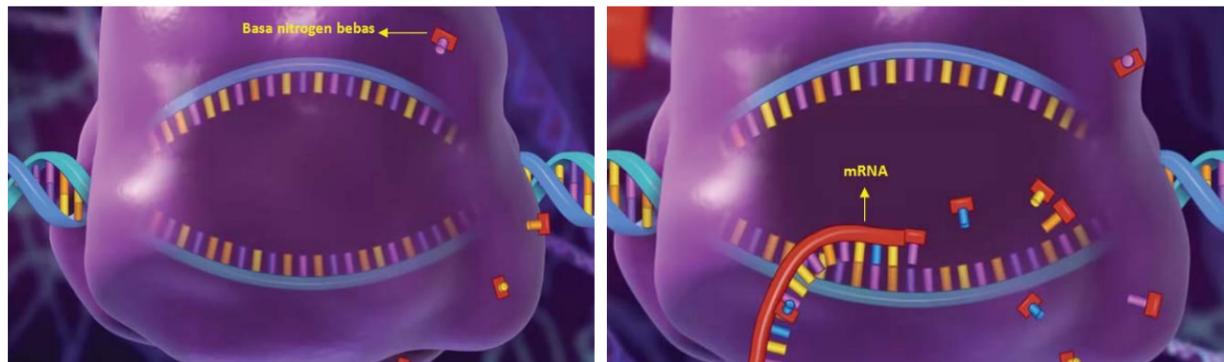
RNA polimerase menempel pada bagian promotor DNA. Ketika sel-sel usus ingin membentuk enzim erepsin, maka di dalam nukleus RNA polimerase akan mencari untai DNA yang mengandung kode genetik dari enzim erepsin lalu terjadilah proses inisiasi.



Gambar 18. Tahap Inisiasi pada Transkripsi
Sumber: Dokumentasi penulis

b. Elongasi

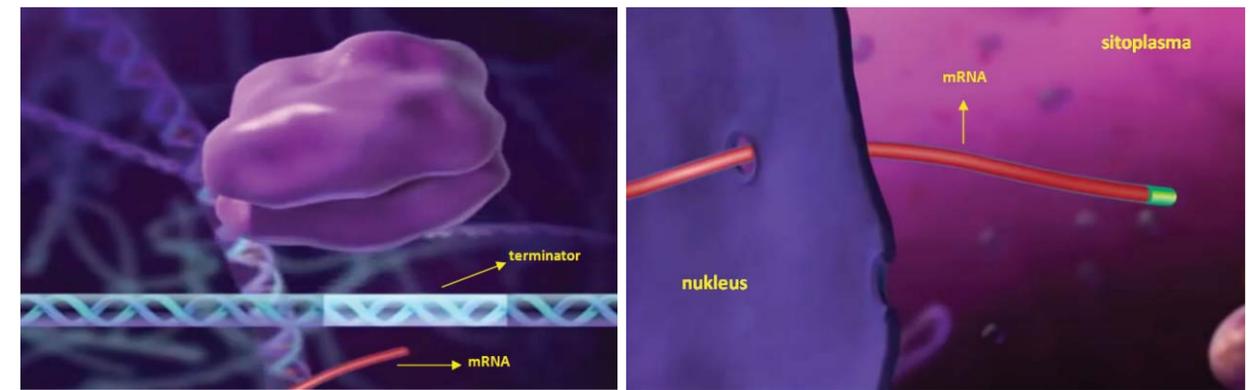
Pembentukan mRNA dari basa nitrogen bebas oleh DNA sense melalui RNA polimerase yang bergerak di sepanjang DNA sambil membuka heliks ganda. mRNA yang terbentuk membawa kode genetik pembentuk enzim erepsin.



Gambar 19. Tahap Elongasi pada Transkripsi
Sumber: Dokumentasi penulis

c. Terminasi

RNA polimerase berhenti ketika mencapai bagian terminator DNA kemudian terlepas. Heliks ganda DNA tertutup kembali dan mRNA yang terbentuk dimodifikasi menjadi mRNA sesungguhnya. mRNA keluar dari nukleus menuju sitoplasma atau ribosom.

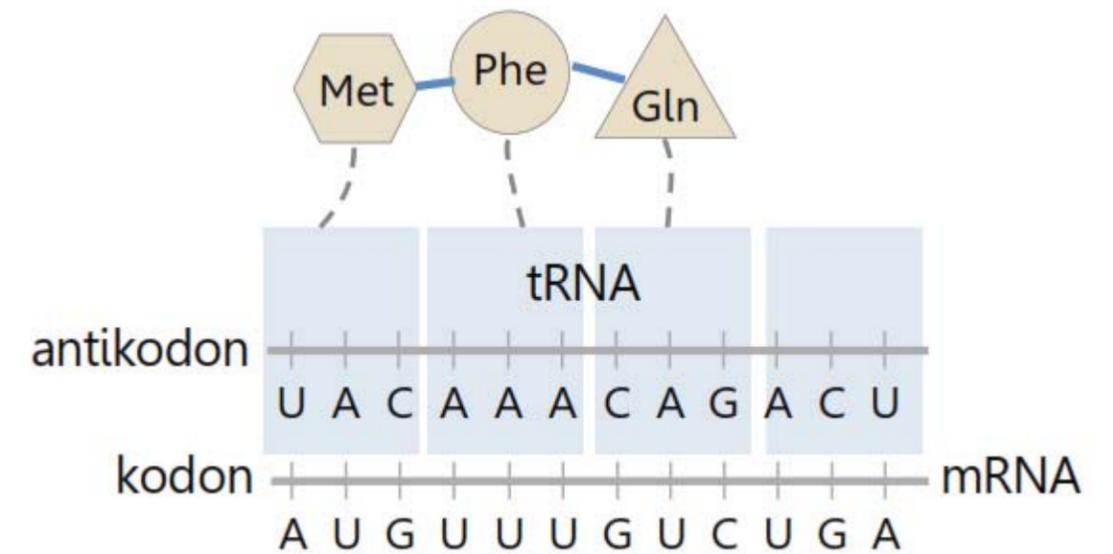


Gambar 20. Tahap Terminasi pada Transkripsi
Sumber: Dokumentasi penulis

2. Translasi

Translasi adalah proses penerjemahan mRNA oleh tRNA di ribosom. Translasi menghasilkan rangkaian asam-asam amino (polipeptida) yang merupakan penyusun protein.

Perhatikan gambar skema proses translasi berikut. Pasangan basa nitrogen pada kodon dan antikodon adalah A = U atau U = A dan G = C atau C = G. Untuk menentukan urutan asam aminonya dapat dilihat dari kode genetik pada kodon. Seperti pada skema kodon AUG = metionin, kodon UUU = fenilalanin, dan kodon GUC = valin.

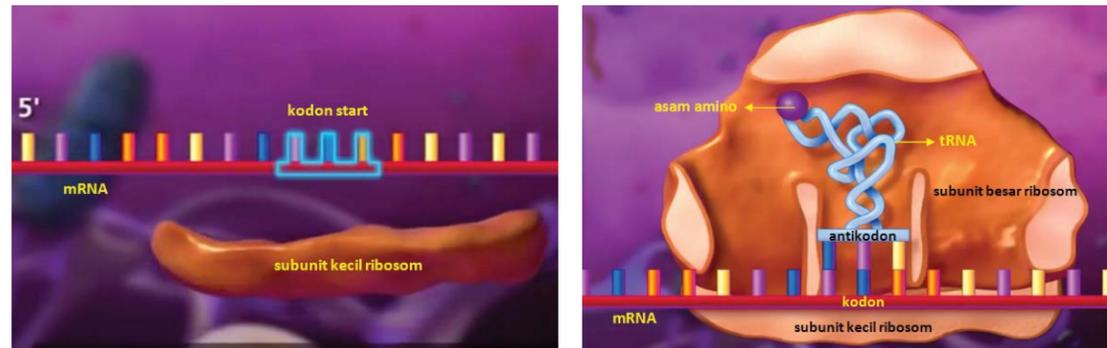


Gambar 21. Skema Proses Translasi
Sumber: Dokumentasi penulis

Seperti halnya transkripsi, tahapan translasi terdiri atas inisiasi, elongasi, dan terminasi.

a. Inisiasi

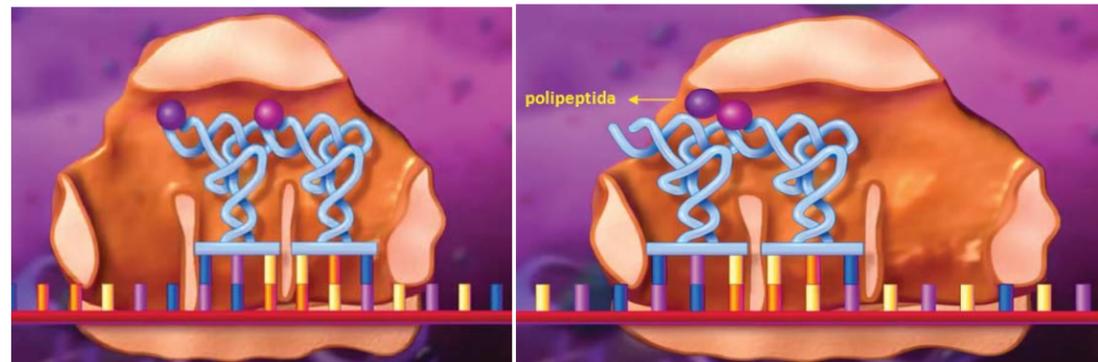
Subunit kecil ribosom melekat pada mRNA. tRNA menempel pada kodon start dan subunit besar ribosom melengkapi ribosom.



Gambar 22. Tahap Inisiasi pada Translasi
Sumber: Dokumentasi penulis

b. Elongasi

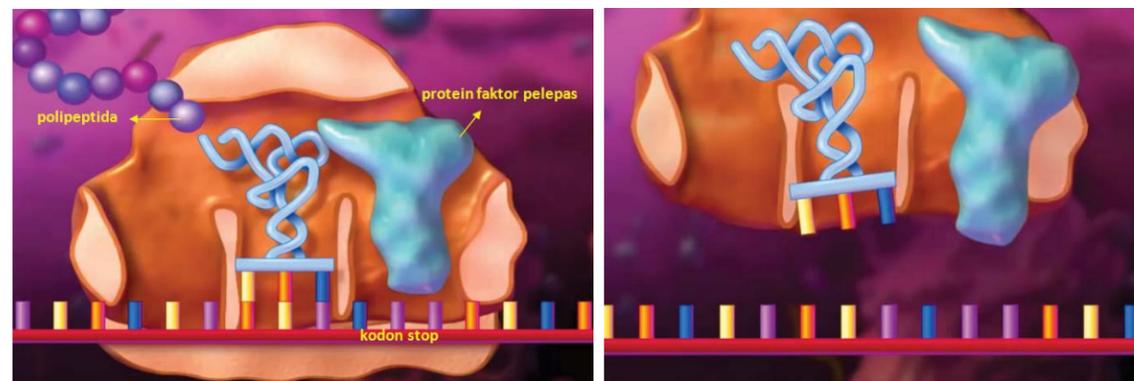
Penerjemahan kodon mRNA oleh tRNA sehingga terbentuk polipeptida.



Gambar 23. Tahap Elongasi pada Translasi
Sumber: Dokumentasi penulis

c. Terminasi

tRNA mencapai kodon stop dan polipeptida terlepas dari ribosom.



Gambar 24. Tahap Terminasi pada Translasi
Sumber: Dokumentasi penulis

Selanjutnya dari pembentukan enzim erepsin, polipeptida yang terbentuk bukanlah enzim tetapi masih seperti bahan mentah. Polipeptida akan dikirim ke badan Golgi untuk diolah menjadi enzim. Enzim yang terbentuk akan dikeluarkan dari sel-sel.

Penugasan 2.1

Memecahkan kode genetik dari urutan basa nitrogen pada proses sintesis protein dari kode genetik yang disajikan

Tujuan

Anda diharapkan mampu:

- Menentukan urutan basa nitrogen penyusun DNA maupun RNA yang terlibat dalam sintesis protein

Media

- Alat tulis
- Lembar Kerja
- Buku/sumber belajar lain yang mendukung.

Langkah - langkah

- Lakukan kajian pustaka dari berbagai sumber untuk lebih memahami cara menentukan urutan basa nitrogen yang menyusun DNA dan RNA.
- Kerjakan pertanyaan di bawah ini dan tuliskan jawaban Anda pada Lembar Jawaban.
- Kumpulkan Lembar Jawaban Anda kepada tutor

Memecahkan Kode Genetik

Gunakan tabel genetik modifikasi berikut untuk menjawab pertanyaan.

tRNA	sym	AA									
AAA	F	Phe	CAA	V	Val	GAA	L	Leu	UAA	I	Iso
AAC	L	Leu	CAC	Z	Val	GAC	L	Leu	UAC	M	Met
AAG	F	Phe	CAG	v	Val	GAG	L	Leu	UAG	I	Iso
AAU	L	Leu	CAU	V	Val	GAU	L	Leu	UAU	I	Iso
ACA	C	Cys	CCA	G	Gly	GCA	R	Arg	UCA	S	Ser
ACC	W	Trp	CCC	G	Gly	GCC	R	Arg	UCC	R	Arg
ACG	C	Cys	CCG	G	Gly	GCG	R	Arg	UCG	S	Ser
ACU	B	spc	CCU	G	Gly	GCU	R	Arg	UCU	R	Arg
AGA	S	Ser	CGA	A	Ala	GGA	P	Pro	UGA	T	Thr
AGC	S	Ser	CGC	A	Ala	GGC	O	Pro	UGC	T	Thr
AGG	S	Ser	CGG	A	Ala	GGG	P	Pro	UGG	T	Thr
AGU	S	Ser	CGU	A	Ala	GGU	P	Pro	UGU	T	Thr
AUA	Y	Tyr	CUA	D	Asp	GUA	H	His	UUA	N	Asn
AUC	U	spc	CUC	E	Glu	GUC	Q	Glu	UUC	K	Lys
AUG	Y	Tyr	CUG	D	Asp	GUG	H	His	UUG	N	Asn
AUU	X	spc	CUU	E	Glu	GUU	Q	Glu	UUU	K	Lys

Sumber: Dokumentasi penulis

1. Diketahui potongan DNA antisense adalah sebagai berikut.



Sumber: Dokumentasi penulis

Tentukanlah urutan basa nitrogen yang menyusun DNA sense dan tRNA (antikodon)!

2. Tentukan urutan asam amino yang terbentuk pada pertanyaan nomor 1 (gunakan tabel kode genetik pada gambar 15)!
3. Gusti mengirimkan surat kepada Tina yang isinya sebagai berikut:

DNA antisense: TAT – GAG – GGC – CAT – CTC – ATA – GGC – ATC

Di dalam surat juga dilampirkan tabel kode genetik modifikasi untuk digunakan Tina dalam memecahkan isi dari suratnya. Apa isi surat dari Gusti?

Lembar Kerja

Anda bisa menggunakan format lembar jawaban berikut untuk membantu menuliskan jawaban tugas di atas!

Untuk pertanyaan nomor 1 dan 2:

DNA		RNA		Asam Amino
Antisense	Sense	mRNA	tRNA	
ATC	TAC	AUC	UAG	Isoleusin
GCG				
TAT				
CCA				
AGA				

Untuk pertanyaan nomor 3:

DNA		RNA		Simbol	Kalimat
Antisense	Sense	mRNA	tRNA		
TAT	ATA	UAU	AUA	I	
GAG					
GGC					
CAT					
CTC					
ATA					
GGC					
ATC					

Penugasan 2.2

Membuat gambar urutan sintesis protein (DNA-RNA-Protein) jika diketahui urutan basa nitrogen pada DNA sense adalah GGA – TCG – TAT – AGA.

Tujuan

Anda diharapkan mampu:

- Menentukan urutan basa nitrogen penyusun DNA maupun RNA yang terlibat dalam sintesis protein
- Membuat gambar atau model urutan proses sintesis protein (DNA-RNA-Protein) berdasarkan hasil studi pustaka

Media

- Alat tulis dan pewarna (pensil warna atau spidol)
- Kertas
- Buku/sumber lain yang mendukung.

Langkah - langkah

- Lakukan kajian pustaka untuk lebih memahami cara menentukan urutan basa nitrogen pada DNA dan RNA serta gambar urutan sintesis protein
- Tentukan urutan-urutan basa nitrogen pada kodon dan antikodon.
- Mulailah merancang dan menggambar urutan sintesis protein
- Berilah warna pada gambar agar hasilnya lebih menarik.
- Selanjutnya jawab pertanyaan berikut dan laporkan hasil urutan proses sintesis

protein dalam kaitannya dengan penyampaian kode genetik (DNA-RNA-Protein)

- Kumpulkan jawaban pertanyaan dan laporan hasil karya Anda kepada tutor!

Pertanyaan

1. Tuliskan komponen-komponen yang berperan dalam proses sintesis protein serta peranannya!
2. Jelaskan perbedaan transkripsi dan translasi!
3. Tuliskan urutan basa nitrogen pada DNA antisense, mRNA dan tRNA serta asam amino yang terbentuk dari DNA sense tersebut!

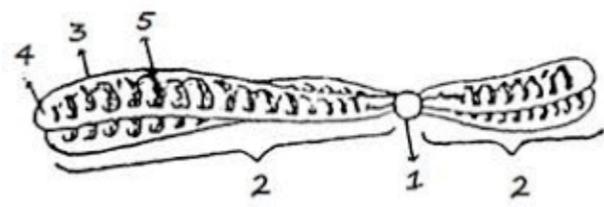
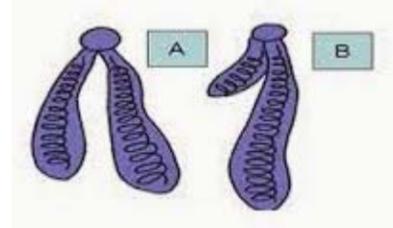
Rangkuman

1. Kromosom merupakan seutas benang DNA tipis dan panjang yang telah menggulung dan memadat.
2. Bagian-bagian penyusun kromosom antara lain kromatid, kromonema, sentromer, telomer, kromomer, kromiol, kinetokor, dan satelit.
3. Berdasarkan letak sentromernya, kromosom dibedakan atas kromosom metacentrik, submetacentrik, akrosentrik, dan telocentrik.
4. Berdasarkan jenisnya, kromosom dibedakan atas kromosom autosom dan gonosom.
5. Kariotipe adalah susunan urutan kromosom dari ukuran terbesar hingga terkecil dengan kromosom seks berada di urutan terakhir.
6. Gen merupakan segmen DNA yang mengandung urutan kode genetik sifat-sifat tertentu.
7. Alel adalah pasangan gen yang terdapat pada kromosom homolog yang menunjukkan sifat alternatif sesamanya.
8. DNA atau asam deoksiribosa merupakan polinukleotida berbentuk rantai ganda yang berperan sebagai pembawa informasi genetik.
9. Satu nukleotida DNA terdiri atas satu deoksiribosa, satu gugus fosfat, dan satu basa nitrogen.
10. Replikasi DNA adalah proses penggandaan DNA
11. Ada tiga model replikasi DNA, yaitu model konservatif, semikonservatif, dan dispersif.
12. RNA atau asam ribonukleat merupakan polinukleotida berbentuk untai tunggal yang pendek dan berperan dalam sintesis protein.
13. Sintesis protein merupakan proses pembentukan senyawa protein melalui proses penerjemahan kode genetik menjadi urutan asam.
14. Transkripsi adalah proses pembentukan mRNA di nukleus.
15. Translasi adalah proses penerjemahan mRNA oleh tRNA di ribosom

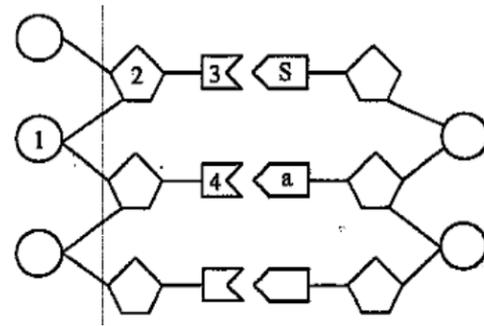
Latihan Soal

A. Soal Pilihan Ganda

Pilihlah jawaban yang tepat!

1. Dua basa nitrogen pirimidin yang menyusun DNA adalah
A. timin dan urasil B. timin dan sitosin C. sitosin dan urasil
D. adenin dan sitosin E. adenin dan guanine
 2. Pernyataan di bawah ini yang tepat mengenai struktur DNA adalah
A. basa nitrogen terdiri atas adenin, guanin, sitosin, dan urasil
B. tersusun atas rantai ganda berpilin dan fosfat yang berselang seling
C. jumlah ikatan hidrogen yang menghubungkan purin dan pirimidin adalah 6
D. tersusun atas dua rantai unit gula ribosa dan fosfat yang berselang seling
E. satu nukleotida terdiri atas satu gula deoksiribosa, satu fosfat, dan empat basa nitrogen.
 3. Susunan kromosom sel telur pada manusia adalah
A. 22 A + X B. 44 A + X C. 22 A + Y
D. 23 A + XX E. 23 A + XY
 4. Perhatikan gambar struktur kromosom berikut!
Bagian yang mengandung benang-benang DNA dan terhubung pada sentromer ditunjukkan oleh nomor
A. 1 B. 2
C. 3 D. 4
E. 5
- 
5. Perhatikan gambar berikut!
Bentuk kromosom A dan B secara berurutan adalah
A. telocentrik dan akrosentrik
B. metacentrik dan akrosentrik
C. submetacentrik dan akrosentrik
D. telocentrik dan submetacentrik
E. metacentrik dan submetacentrik
- 

6. Perhatikan gambar berikut!
 Pada sepotong molekul DNA di atas, bagian yang ditunjukkan nomor 1, 2, dan 3 adalah
 (Soal UN Biologi 2015)



- A. pentosa, fosfat, dan timin
- B. pentosa, fosfat, dan adenin
- C. fosfat, pentosa, dan guanin
- D. fosfat, deoksiribosa, dan guanin
- E. fosfat, deoksiribosa, dan timin

7. Berikut adalah pernyataan mengenai asam nukleat.

- 1. heliks ganda
- 2. pirimidin berupa timin dan sitosin
- 3. terlibat dalam sintesis protein
- 4. gula berupa ribosa
- 5. ditemukan di ribosom

Ciri-ciri DNA ditunjukkan oleh nomor

- A. 1, 2, dan 3
- B. 1, 2, dan 5
- C. 1, 3, dan 5
- D. 2, 3, dan 4
- E. 2, 4, dan 5

8. Substansi genetik yang berperan dalam membawa kode genetik dari kromosom ke ribosom adalah

- A. gen
- B. DNA
- C. mRNA
- D. tRNA
- E. rRNA

9. DNA tersusun atas senyawa:

- 1) basa nitrogen
- 2) gula deoksiribosa
- 3) gugus fosfat

Model struktur DNA yang tepat ditunjukkan oleh . . .

- A.
- B.
- C.
- D.
- E.

10. Enzim yang berperan dalam menyambungkan fragmen-fragmen DNA saat replikasi DNA adalah

- A. ligase
- B. helikase
- C. RNA primase
- D. DNA polimerase
- E. Topoisomerase

11. Senyawa yang terdiri atas satu gula pentosa dan satu basa nitrogen disebut dengan

- A. RNA
- B. DNA
- C. nukleotida
- D. nukleosida
- E. asam amino

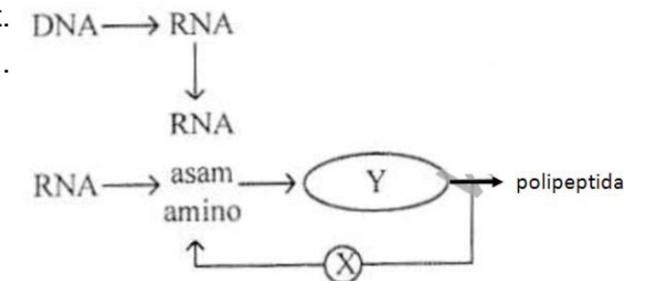
12. Proses penerjemahan urutan basa nitrogen pada RNAd ke dalam urutan asam amino atau polipeptida disebut

- A. inisiasi
- B. replikasi
- C. translasi
- D. terminasi
- E. transkripsi

13. Salah satu ciri RNA adalah

- A. dibentuk di sitoplasma
- B. memiliki kadar yang tetap
- C. memiliki rantai ganda berpilin
- D. memiliki basa nitrogen urasil
- E. berperan sebagai pembawa sifat

14. Perhatikan bagan sintesis protein berikut.
 Bagian X dan proses pada Y adalah
 (Soal UN Biologi 2017)



- A. mRNA dan transkripsi
- B. mRNA dan translasi
- C. tRNA dan transkripsi
- D. tRNA dan translasi
- E. rRNA dan translasi

15. Diketahui urutan basa nitrogen pada DNA sense:

3' – GCG – ATG – CAT – 5'

Urutan basa nitrogen pada kodon adalah

- A. 5' – GCG – ATG – CAT – 3'
- B. 5' – CGC – TAC – GTA – 3'
- C. 5' – GCG – AUG – CAU – 3'
- D. 5' – CGC – UAC – GUA – 3'
- E. 5' – GCG – AUG – CAG – 3'

16. Diketahui urutan basa nitrogen pada DNA sense:

3' – CGA – TTT – GAT – 5'

Urutan basa nitrogen pada antikodon adalah

- A. 3' – GCG – AUG – CAG – 5'
- B. 3' – CGA – UUU – GAU – 5'
- C. 3' – GCU – UUU – CUA – 5'
- D. 3' – CGU – TTT – GAU – 5'
- E. 3' – GCT – AAA – CTA – 5'

17. Diketahui: GUC = valin, ACU = treonin, GCA = alanin, dan CGU = arginin. Jika urutan basa nitrogen DNA antisense ACT – GCA – GTC – CGT adalah ACT – GCA – GTC – CGT, maka urutan asam amino yang terbentuk adalah

- A. arginin – valin – alanin – treonin
- B. valin – teronin – alanin – arginin
- C. valin – alanin – arginin – treonin
- D. treonin – valin – alanin – arginin
- E. treonin – alanin – valin – arginin

18. Sintesis protein terjadi melalui tahapan-tahapan berikut:

- 1) DNA membentuk mRNA
- 2) terbentuk polipeptida
- 3) tRNA menerjemahkan kode dari mRNA
- 4) tRNA membawa asam amino
- 5) mRNA menuju sitoplasma

Urutan proses sintesis protein yang tepat adalah

- A. 1 – 5 – 3 – 4 – 2
- B. 1 – 5 – 4 – 3 – 2
- C. 1 – 3 – 4 – 5 – 2
- D. 1 – 5 – 3 – 2 – 5
- E. 1 – 4 – 3 – 2 – 5

19. Perbandingan yang tepat antara DNA dan RNA adalah

	Karakter	DNA	RNA
A	bentuk	rantai tunggal pendek	rantai berpilin ganda
B	letak	nukleus, ribosom	nukleus, mitokondria
C	gula pentosa	ribosa	deoksiribosa
D	kadar	tetap	tidak tetap
E	basa nitrogen	adenin, guanin, urasil, dan sitosin	adenin, guanin, timin, dan sitosin

20. Tahapan sintesis protein terdiri atas transkripsi dan translasi. Pada tahap translasi terjadi (Soal UN Biologi 2015)

- A. terbentuknya mRNA dari DNA sense
- B. terbentuknya mRNA dan tRNA
- C. meningkatnya jumlah mRNA, tRNA, dan rRNA
- D. penerjemahan basa nitrogen pada mRNA oleh tRNA
- E. terbentuknya kodon stop UUA, UUG, dan UGA

B. Soal Uraian

Jawablah pertanyaan berikut dengan tepat!

1. Jelaskan hubungan antara kromosom, DNA, dan gen!
2. Secara umum makhluk hidup memiliki jumlah kromosom yang berbeda-beda. Manusia memiliki tingkat kecerdasan lebih tinggi dan lebih sempurna dibandingkan dengan hewan lain. Apakah hal tersebut berhubungan dengan jumlah kromosom di dalam sel-sel tubuhnya? Jelaskan!
3. Gambarkan untai DNA yang memiliki 4 nukleotida jika salah satu untainya memiliki basa nitrogen A, G, T, dan A!
4. Jelaskan persamaan dan perbedaan antara DNA dan RNA!
5. Jelaskan secara singkat proses sintesis protein!

Suatu molekul kodon memiliki urutan triplet basa nitrogen:

5' AUG – AGC – UGC – CCU – UGA 3'

- a. Tentukan urutan triplet basa nitrogen pada untai DNA sense, DNA antisense, dan tRNA!
- b. Tentukan asan amino yang terbentuk pada rantai polipeptida!

Kriteria Pindah Modul

- Anda dinyatakan tuntas dan dapat mengikuti modul berikutnya dengan ketentuan telah menyelesaikan tugas-tugas dan latihan soal dalam modul dan nilai hasil belajar mencapai ketuntasan minimal 70. Anda minta tutor untuk menguji pemahaman Anda terhadap modul ini sebelum Anda melanjutkan ke modul berikutnya.
- Jika penguasaan materi belum mencapai nilai ketuntasan 70 jangan berkecil hati dan tetap semangat. Ulangi dengan membaca kembali uraian materi dalam modul, kemudian coba lagi untuk mengerjakan soal latihan khususnya pada soal yang Anda rasakan sulit untuk menjawabnya. Anda juga dapat meminta bantuan Tutor untuk membantu Anda.

Kunci Jawaban Dan Pembahasan

A. Penugasan 1.1

1. Fungsi DNA adalah sebagai substansi pewarisan sifat dan berperan dalam sintesis protein.
2. Pasangan untai DNA yang memiliki basa nitrogen AGTCA adalah TCAGT.
3. Terdapat lima pasangan basa nitrogen dan kita asumsikan jumlah gugus fosfat dan gula pentosa sama dengan total jumlah basa nitrogen, maka DNA tersebut tersusun atas 10 nukleotida.
4. Untuk membedakan pasangan basa purin dan basa pirimidin dapat dilihat dari jumlah ikatan hidrogennya. Antara adenin (A) dan timin (T) dihubungkan oleh dua ikatan hidrogen sedangkan antara guanin (G) dan sitosin (C) dihubungkan oleh tiga ikatan hidrogen. Basa purin memiliki bentuk dua cincin sedangkan basa pirimidin memiliki bentuk satu cincin.

B. Penugasan 2.1

Jawaban untuk pertanyaan nomor 1 dan 2 dapat dituliskan pada tabel berikut.

DNA		RNA		Asam Amino
Antisense	Sense	mRNA	tRNA	
ATC	TAC	AUC	UAG	Isoleusin
GCG	CGC	GCG	CGC	Alanin
TAT	ATA	UAU	AUA	Tirosin
CCA	GGT	CCA	GGU	Prolin
AGA	TCT	AGA	UCU	Arginin

DNA		RNA		Simbol	Kalimat
Antisense	Sense	mRNA	tRNA		
TAT	ATA	UAU	AUA	I	I LOVE YOU
GAG	CTC	GAG	CUC	L	
GGC	CCG	GGC	CCG	O	
CAT	GTA	CAU	GUA	V	
CTC	GAG	CUC	GAG	E	
ATA	TAT	AUA	UAU	Y	
GGC	CCG	GGC	CCG	O	
ATC	TAG	AUC	UAG	U	

C. Penugasan 2.2

1. Komponen yang berperan dalam sintesis protein antara lain DNA (DNA sense) sebagai cetakan pembentuk mRNA, mRNA sebagai pembawa kode genetik dari DNA, tRNA sebagai penerjemah kode genetik yang dibawa mRNA menjadi asam amino, rRNA untuk mempermudah ikatan antara mRNA dan tRNA, ribosom sebagai tempat berlangsungnya sintesis protein (translasi), dan RNA polimerase sebagai inisiator proses transkripsi dan membuka heliks ganda.
2. Transkripsi adalah proses pembentukan mRNA yang terjadi di nukleus sedangkan translasi adalah proses penerjemahan mRNA oleh tRNA yang terjadi di sitoplasma dan menghasilkan polipeptida.
3. Diketahui urutan basa nitrogen pada DNA sense adalah GGA – TCG – TAT – AGA, maka urutan basa nitrogen pada DNA antisense, mRNA dan tRNA adalah:

DNA antisense : CCT – AGC – ATA – TCT

DNA sense : GGA – TCG – TAT – AGA

mRNA : CCU – AGC – AUA – UCU

tRNA : GGA – UCG – UAU – AGA

Asam amino : Prolin – Serin – Tirosin – Arginin

D. Latihan Soal Pilihan Ganda

1. B
Pembahasan: Timin dan sitosin adalah basa pirimidin sedangkan adenin dan guanin adalah basa purin.
2. B
Pembahasan: DNA memiliki struktur heliks ganda (rantai ganda berpilin) dan fosfat yang berselang-seling. DNA merupakan polinukleotida yang tersusun atas nukleotida-nukleotida. Satu nukleotida terdiri atas satu gugus fosfat, satu gula deoksiribosa, dan satu jenis basa nitrogen. Basa nitrogen penyusun DNA adalah adenin, guanin, timin, dan sitosin. Pasangan basa nitrogen dihubungkan oleh dua hingga tiga ikatan hidrogen.
3. A
Pembahasan: Susunan kromosom sel telur manusia dituliskan 22 A + X, artinya mengandung kromosom haploid yang terdiri atas 22 autosom dan 1 gonosom.
4. B
Pembahasan: Nomor 2 menunjukkan kromatid atau lengan kromosom yang mengandung benang-benang DNA dan masing-masing dihubungkan oleh sentromer (nomor 1).
5. B
Pembahasan: Gambar A menunjukkan metasentrik karena letak sentromer di tengah sehingga memiliki dua kromatid yang terlihat sama panjang. Gambar B menunjukkan akrosentrik karena letak sentromer dekat dengan ujung kromatid sehingga salah satu kromatid berukuran lebih pendek dan satunya lebih panjang
6. D
Pembahasan: Nomor 1 = fosfat, nomor 2 = deoksiribosa (karena merupakan DNA), nomor 3 = guanin (karena berpasangan dengan sitosin), dan nomor 4 = timin (karena berpasangan dengan adenin)
7. A
Pembahasan: Ciri-ciri DNA ditunjukkan nomor 1, 2, dan 3. Nomor 4 dan 5 merupakan ciri-ciri RNA.
8. C
Pembahasan: mRNA berperan sebagai pembawa kode genetik dari kromosom (DNA) untuk ditranslasi oleh tRNA di ribosom.

9. C

Pembahasan: Pada gambar struktur DNA atau RNA, fosfat selalu digambarkan berbentuk bulat, gula pentosa (deoksiribosa atau ribose) digambarkan berbentuk segilima, dan basa nitrogen digambarkan berpasangan dengan basa nitrogen lainnya yang dihubungkan oleh ikatan hidrogen (garis putus-putus).

10. A

Pembahasan: Ligase berperan menyambung fragmen-fragmen DNA, helikase berperan membuka heliks ganda DNA, RNA primase berperan membentuk primer RNA, DNA polimerase berperan menggabungkan nukleotida-nukleotida bebas membentuk polimer DNA, dan topoisomerase berperan dalam mengurangi tegangan untai DNA saat terbuka.

11. D

Pembahasan: Nukleosida merupakan nukleotida tanpa fosfat (hanya memiliki satu gula pentosa dan satu jenis basa nitrogen).

12. C

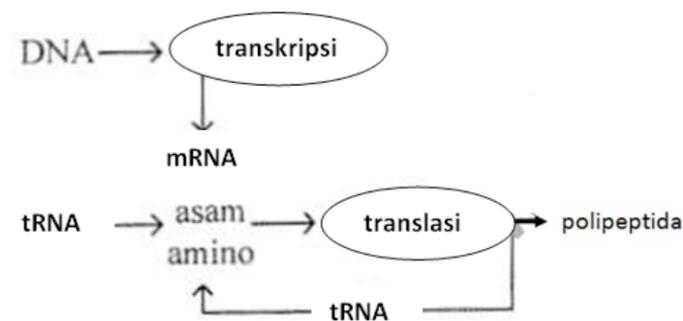
Pembahasan: Translasi merupakan proses penerjemahan urutan basa nitrogen pada mRNA/RNA_d ke dalam urutan asam amino. Inisiasi adalah tahap awal pada transkripsi atau translasi sedangkan terminasi adalah tahap akhir pada transkripsi atau translasi. Replikasi merupakan proses penggandaan. Transkripsi merupakan proses pembentukan mRNA.

13. D

Pembahasan: Ciri khas RNA adalah memiliki basa nitrogen berupa urasil. RNA dibentuk di nukleus. Pilihan A, C, dan E merupakan ciri-ciri dari DNA.

14. D

Pembahasan:



15. D

Pembahasan: DNA sense 3' – GCG – ATG – CAT – 5', maka pasangannya adalah kodon (mRNA) 5' – CGC – UAC – GUA – 3'. Pada RNA, T diganti menjadi U.

16. B

Pembahasan: DNA sense 3' – CGA – TTT – GAT – 5', maka pasangannya adalah kodon 5' – GCU – AAA – CUA – 3', lalu pasangan kodon adalah antikodon 3' – CGA – UUU – GAU – 5'. Cara singkat untuk menentukan urutan basa nitrogen pada antikodon, Anda dapat menggunakan urutan basa nitrogen pada DNA sense lalu hanya mengganti T menjadi U.

17. E

Pembahasan: Diketahui DNA antisense ACT – GCA – GTC – CGT, maka pasangannya adalah DNA sense yang akan melakukan transkripsi dengan urutan basa nitrogen TGA – CGT – CAG – GCA. Pasangannya adalah kodon ACU – GCA – GUC – CGU. Diketahui GUC = valin, ACU = treonin, GCA = alanin, dan CGU = arginin, maka urutan asam amino yang terbentuk adalah treonin – alanin – valin – arginin.

18. B

Pembahasan: Tahapan awal sintesis protein dimulai dengan transkripsi, yaitu pembentukan mRNA dari DNA (nomor 1), selanjutnya mRNA menuju sitoplasma (nomor 5) untuk selanjutnya mengalami translasi oleh tRNA yang membawa asam amino atau kode genetik (nomor 4) yang sesuai dengan pasangan kode genetik dari mRNA. Terjadi penerjemahan kode dari mRNA oleh tRNA pada ribosom (nomor 3). Tahap akhir sintesis protein adalah terbentuknya polipeptida (nomor 2)

19. D

Pembahasan: DNA memiliki kadar atau jumlah yang tetap sedangkan RNA memiliki kadar yang tidak tetap karena bergantung pada aktivitas sintesis protein. Perbandingan DNA dan RNA pada pilihan A, B, C, dan E posisinya terbalik antara DNA dan RNA.

20. D

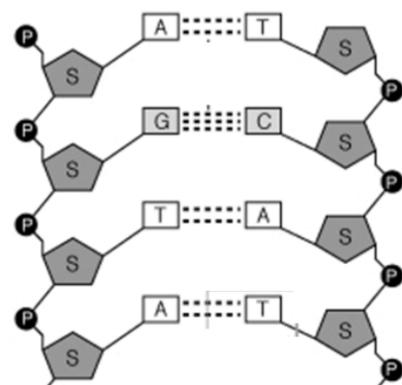
Pembahasan: Anda harus mengingat bahwa translasi diartikan proses penerjemahan, dalam hal ini penerjemahan basa nitrogen pada mRNA oleh tRNA.

E. Latihan Soal Uraian

1. Pembahasan: Kromosom tersusun atas DNA dan protein sedangkan gen merupakan segmen-segmen DNA yang mengandung kode genetik sifat-sifat tertentu. Dapat

dikatakan bahwa di dalam kromosom terdapat DNA dan di dalam DNA terdapat gen. Kromosom, DNA, dan gen merupakan satu kesatuan materi genetik yang terletak didalam nukleus sebagai pusat informasi tubuh.

- Pembahasan: Jumlah kromosom di dalam sel-sel tubuh makhluk hidup tidak menentukan tingkat kecerdasan dan kesempurnaannya. Contohnya manusia memiliki 46 kromosom dan ikan mas memiliki 98 kromosom, padahal manusia memiliki tingkat kecerdasan dan kesempurnaan lebih baik dibandingkan ikan mas.
- Pembahasan: Gambar struktur DNA dapat seperti di bawah ini.



Keterangan :

P = Fosfat

S = Deoksiribosa

A = Adenin

G = Guanin

T = Timin

C = Sitosin

- Pembahasan: Persamaan antara DNA dan RNA adalah keduanya sama-sama materi genetik yang berperan dalam sintesis protein dan keduanya merupakan polinukleotida karena tersusun atas nukleotida-nukleotida. Perbedaan keduanya dapat Anda lihat pada Tabel 3.2 halaman 17.
- Pembahasan: Tahapan sintesis protein: 1) Terjadi transkripsi DNA membentuk mRNA di dalam nukleus; 2) mRNA menuju sitoplasma/ribosom; 3) tRNA membawa asam amino yang sesuai dengan kode genetik mRNA; 4) Terjadi translasi yang menerjemahkan kode genetik mRNA oleh tRNA; 5) Terbentuk polipeptida
- Pembahasan: Diketahui kodon memiliki urutan triplet basa nitrogen 5' AUG – AGC – UGC – CCU – UGA 3', maka dapat dituliskan sebagai berikut:

DNA antisense : 5' ATG – AGC – TGC – CCT – TGA 3'

DNA sense : 3' TAC – TCG – ACG – GGA – ACT 5'

Kodon : 5' AUG – AGC – UGC – CCU – UGA 3'

Antikodon : 3' UAC – UCG – ACG – GGA – ACU 5'

Pada tabel kode genetik diperoleh AUG = kodon start/metionin, AGC = serin, UGC = sistein, dan UGA = kodon stop, maka urutan asam amino yang terbentuk adalah metionin – serin – sistein.

Rubrik Penilaian

A. Rubrik Penugasan

1. Penugasan 1.1

No	Kriteria	Skor dan Deskripsi
1	Tampilan karya	1. Hasil karya seadanya (tidak rapi, tidak bersih, tidak menarik) 2. Hasil karya kurang rapi, kurang bersih, dan kurang menarik 3. Hasil karya rapi, bersih, dan menarik
2	Kesesuaian pasangan basa nitrogen	1. Ada lebih dari satu pasangan basa tidak sesuai 2. Ada satu pasangan basa yang tidak sesuai 3. Seluruh pasangan basa sudah sesuai
3	Kesesuaian dengan konsep/gambar model DNA	1. Ada banyak bagian yang kurang sesuai dengan konsep struktur dan gambar model DNA 2. Ada satu bagian yang kurang sesuai dengan konsep struktur dan gambar model DNA 3. Hasil karya sudah sesuai dengan konsep struktur dan gambar model DNA
4	Jawaban atas pertanyaan	1. Ada lebih dari satu jawaban yang belum tepat 2. Ada satu jawaban yang belum tepat 3. Menjawab seluruh pertanyaan dengan baik dan tepat

Kriteria Penilaian

Total Skor	Nilai	Total Skor	Nilai
12	100	7	80
11	96	6	75
10	92	5	70
9	88	4	65
8	84		

2. Penugasan 2.1

No. Soal	Skor	Kriteria Penskoran
1	30	Jika urutan basa nitrogen pada DNA sense sudah tepat, maka memperoleh skor 15 Jika urutan basa nitrogen pada antikodon sudah tepat, maka memperoleh skor 15
2	30	Untuk setiap urutan asam amino yang tepat memperoleh skor 6

3	40	Jika kode genetik DNA sense, mRNA, dan tRNA sudah tepat, maka masing-masing memperoleh skor 10 Jika simbol dan kalimat yang ditulis sudah tepat, maka memperoleh skor 10
---	----	---

Nilai = Total Skor Jawaban 1 + Total Skor Jawaban 2 + Total Skor Jawaban 3

Penugasan 2.2

No	Kriteria	Skor dan Deskripsi
1	Tampilan karya	1. Hasil karya seadanya (tidak rapi, tidak bersih, tidak menarik) 2. Hasil karya kurang rapi, kurang bersih, dan kurang menarik 3. Hasil karya rapi, bersih, dan menarik
2	Kesesuaian pasangan basa nitrogen	1. Ada lebih dari satu pasangan basa tidak sesuai 2. Ada satu pasangan basa yang tidak sesuai 3. Seluruh pasangan basa sudah sesuai
3	Kesesuaian dengan konsep/gambar model sintesis protein	1. Ada banyak bagian yang kurang sesuai dengan konsep/gambar model sintesis protein 2. Ada satu bagian yang kurang sesuai dengan konsep/gambar model sintesis protein 3. Hasil karya sudah sesuai dengan konsep/gambar model sintesis protein
4	Jawaban atas pertanyaan	1. Ada lebih dari satu jawaban yang belum tepat 2. Ada satu jawaban yang belum tepat 3. Menjawab seluruh pertanyaan dengan baik dan tepat

Kriteria Penilaian

Total Skor	Nilai	Total Skor	Nilai
12	100	7	80
11	96	6	75
10	92	5	70
9	88	4	65
8	84		

3. Nilai Akhir Penugasan

Nilai akhir penugasan dapat Anda peroleh dengan menggunakan rumus berikut:

$$\frac{\text{Nilai Penugasan Unit 13.1} + \text{Nilai Penugasan 1 Unit 31.2} + \text{Nilai Penugasan 2 Unit 13.2}}{3}$$

B. Rubrik Penilaian Latihan Soal

1. Pilihan Ganda

Setiap soal dengan jawaban yang benar mendapatkan skor 5. Total skor untuk 20 soal dengan jawaban benar adalah 100. Total skor yang diperoleh merupakan nilai untuk latihan soal pilihan ganda.

2. Soal Uraian

Total skor untuk 6 soal uraian dengan jawaban benar adalah 100. Total skor yang diperoleh merupakan nilai untuk latihan soal uraian.

No	Skor	Deskripsi
1	15	Jika pada jawaban menjelaskan bahwa enzim bekerja secara spesifik, maka Anda memperoleh skor 10. Jika menjelaskan lebih lanjut bahwa enzim bekerja terhadap satu jenis substrat atau menjelaskan kerja enzim seperti kunci dan gembok, maka Anda memperoleh skor 5.
2	20	Jika pada jawaban menjelaskan bahwa pengaruh suhu tinggi menyebabkan enzim mengalami denaturasi dan suhu rendah menyebabkan inaktif/tidak aktif maka Anda memperoleh skor 10 (masing-masing skor 5 untuk suhu tinggi dan suhu rendah) Jika pada jawaban menjelaskan bahwa pengaruh pH tergantung pada jenis enzim karena ada enzim bekerja optimum pada pH tertentu, maka Anda memperoleh skor 10.
3	20	Jika pada jawaban menjelaskan kerusakan grana menyebabkan terganggunya reaksi terang, maka Anda memperoleh skor 10. Jika Anda menjelaskan tahapan reaksi terang yang terganggu seperti fotolisis serta pembentukan ATP dan NADPH, maka Anda memperoleh skor 5. Jika Anda menjelaskan bahwa reaksi gelap tidak dapat berlangsung, maka Anda memperoleh skor 5.
4	20	Jika pada jawaban menjelaskan bahwa 34 ATP yang dihasilkan berasal dari pembebasan energi NADH dan FADH ₂ , maka Anda memperoleh skor 10. Jika pada jawaban menuliskan rincian jumlah NADH dan FADH ₂ serta jumlah ATP yang dihasilkannya maka: 2 NADH (6 ATP) dari glikolisis = skor 3 2 NADH (6 ATP) dari dekarboksilasi oksidatif = skor 3 6 NADH (18 ATP) dan 2 FADH ₂ (4 ATP) dari siklus Krebs = skor 4
5	15	Jika pada jawaban menjelaskan perbedaan fotosintesis dan kemosintesis dengan tepat, maka Anda memperoleh skor 10. Jika dapat memberikan masing-masing contoh yang tepat, maka Anda memperoleh skor 5.

6	20	Jika pada jawaban menjelaskan persamaan keduanya sama-sama mengalami glikolisis, maka Anda memperoleh skor 5. Jika pada jawaban menjelaskan perbedaan dari faktor jumlah ATP yang dihasilkan dan kebutuhan oksigen, maka Anda memperoleh skor 10 (masing-masing skor 5 untuk setiap faktor perbedaan yang tepat). Jika pada jawaban memberikan masing-masing contohnya dengan tepat, maka Anda memperoleh skor 5.
---	----	---

3. Nilai Akhir Latihan Soal

Nilai akhir latihan soal dapat Anda peroleh dengan menggunakan rumus berikut:

$$\frac{\text{Nilai Latihan Soal Pilihan Ganda} + \text{Nilai Latihan Soal Uraian}}{2}$$

C. Nilai Akhir Modul

Nilai akhir modul dapat diperoleh dengan menggunakan rumus berikut:

$$\frac{\text{Nilai Akhir} = \text{Nilai Akhir Penugasan} + \text{Nilai Akhir Latihan Soal}}{2}$$

Bila diperoleh nilai diatas 70, maka Anda dinyatakan lulus dan dapat melanjutkan ke modul berikutnya. Bila Anda memperoleh nilai dibawah 70, maka Anda dinyatakan tidak lulus dan dapat mempelajari modul ini kembali sampai Anda memperoleh skor diatas 70.

Saran Referensi

<https://biologiklaten.wordpress.com/bab-23-dna-gen-kromosom-xii/>

Irnaningtyas. 2013. Biologi untuk SMA/MA Kelas XII. Jakarta: Penerbit Erlangga

SMA Negeri 78. 2015. Biologi. <https://materi78.wordpress.com/2013/06/25/biologi-3/>

Sulistiyowati, Omegawati, Ningsih, dan Rumiyati. 2016. Biologi untuk SMA/MA Kelas XII. Klaten: PT. Intan Pariwara

Anda juga dapat mempelajari dengan materi lebih lanjut dengan mengunjungi situs Youtube pada tautan berikut:

1. Video Replikasi DNA

<https://www.youtube.com/watch?v=NvRFZP45BPI>

2. Video Sintesis Protein

<https://www.youtube.com/watch?v=omRn8pTIOck>

Daftar Pustaka

Campbell, N.A., J.B. Reece, dan L.G. Mitchell. 2012. Biologi edisi 8 jilid 1. Jakarta: Penerbit Erlangga

Irnaningtyas. 2013. Biologi untuk SMA/MA Kelas XII. Jakarta: Penerbit Erlangga

Ruang Guru. 2016. Mengapa Tes DNA Jadi Bukti Kuat Kasus Pengakuan Anak?. Diakses pada 23 Desember 2018, dari <https://blog.ruangguru.com/mengapa-tes-dna-jadi-bukti-kuat-kasus-pengakuan-anak>

SMA Negeri 78. 2015. Biologi. Diakses 20 Mei 2018, dari <https://materi78.wordpress.com/2013/06/25/biologi-4/>

Sulistiyowati, Omegawati, Ningsih, dan Rumiyati. 2016. Biologi untuk SMA/MA Kelas XII. Klaten: PT. Intan Pariwara

Wikipedia. 2017. Replikasi DNA. Diakses 2 Juni 2018, dari https://id.wikipedia.org/wiki/Replikasi_DNA

Sumber Gambar

<http://bhimashraf.blogspot.com/2010/09/v-behaviorurldefaultvml-o.html>

<http://biologyondemand.blogspot.com/p/bab-3.html>

<https://blog.ruangguru.com/mengapa-tes-dna-jadi-bukti-kuat-kasus-pengakuan-anak>

https://id.wikipedia.org/wiki/Replikasi_DNA

<http://kumpulanmateribiologisahabat.blogspot.com/2013/09/catatan-substansi-genetik-bab-3.html>

<https://www.ayoksinau.com/pengertian-gen-sifat-gen-dan-fungsi-gen-lengkap/>

<https://www.dreamstime.com/royalty-free-stock-photography-normal-human-karyotype-image26596857>

<https://www.latimes.com/science/sciencenow/la-sci-sn-crispr-gene-expression-20171207-story.html>

<http://www.yyzuo.com/dna-wallpapers.html>

<http://www.zakapedia.com/2013/03/apa-itu-kromosom-chromosome.html>

Glosarium

Akrosentrik: letak sentromer berada di dekat ujung kromatid sehingga satu bagian kromatid lebih panjang dan satunya lebih pendek

Alel: gen-gen yang terletak pada lokus yang bersesuaian pada pasangan kromosom homolog

Antikodon: kode triplet yang dibawa oleh tRNA

Antiparalel: istilah untuk dua rantai DNA yang sejajar dan berpasangan secara berlawanan

Asentrik: kromosom yang tidak memiliki sentromer

Autokatalitik: sifat DNA yang dapat melakukan replikasi untuk menghasilkan DNA baru

Autosom: Kromosom yang menentukan sifat-sifat tubuh, seperti warna kulit, bentuk rambut, tinggi badan, dan lain-lain

Deoksiribosa: sejenis monosakarida golongan gula pentosa yang memiliki lima atom karbon tetapi kekurangan satu atom oksigen

Disentrik: kromosom yang memiliki dua sentromer

Diploid: memiliki jumlah kromosom yang sama dengan jumlah kromosom induk

DNA: deoxyribonucleat acid (asam deoksiribosa); asam nukleat berbentuk pita ganda berpilin yang berperan sebagai pembawa informasi genetik

DNA antisense: DNA yang tidak mengalami transkripsi; pasangan dari DNA sense

DNA hibrid: DNA yang terbentuk dari dua DNA berbeda

DNA ligase: enzim yang menyambungkan fragmen-fragmen DNA (fragmen Okazaki) yang baru terbentuk sehingga menjadi untai DNA yang lengkap

DNA sense: DNA yang melakukan transkripsi

Fragmen Okazaki: DNA pendek berbentuk fragmen-fragmen pada lagging strand

Gen: segmen DNA yang mengandung urutan kode genetik sifat-sifat tertentu

Genom: keseluruhan informasi genetik yang dimiliki oleh suatu sel atau makhluk hidup

Genotip: keadaan genetik yang dibentuk oleh pasangan alel dalam kromosom homolog; sifat yang tidak dapat diamati

Gonosom: kromosom yang menentukan jenis kelamin, contohnya kromosom X berbentuk dan kromosom Y

Gugus hidroksil: gugus fungsional -OH yang digunakan sebagai pengganti atom hidrogen pada senyawa organik

Helikase: enzim yang berperan membuka heliks ganda DNA

Heliks: bentuk menyerupai tangga spiral

Heterokatalitik: sifat DNA yang dapat membentuk RNA melalui sintesis protein

Heterozigot: genotip yang terbentuk dari alel berbeda untuk satu sifat tunggal

Homozigot: genotip yang terbentuk dari alel yang sama untuk satu sifat tunggal

Ikatan hidrogen: bentuk interaksi tarik-menarik antara atom yang bersifat elektronegatif dengan atom hidrogen yang terikat pada atom lain yang juga bersifat elektronegatif

Kariotipe: profil visual penyusunan urutan kromosom dari ukuran terbesar hingga terkecil dengan kromosom seks berada di urutan terakhir

Kinetokor: struktur pada sentromer sebagai tempat melekatnya benang-benang spindel saat terjadi pembelahan sel

Kodon: kode triplet yang dibawa oleh mRNA sebagai pengkode asam amino

Kromatid: satu bagian lengan kromosom yang melekat satu sama lain di bagian sentromer

Kromatin: rangkaian DNA membentuk benang-benang halus, tidak beraturan, dan mudah diwarnai dengan pewarna tertentu

Kromiol: granula kecil pada kromonema yang tidak mengandung gen

Kromomer: granula besar pada kromonema yang mengandung gen

Kromonema: filamen tipis yang diselubungi matriks kromosom dan mengandung granula-granula

Kromosom: substansi genetik berupa benang-benang kromatin yang memendek dan menebal

Kromosom homolog: pasangan kromosom yang memiliki bentuk, ukuran, dan komposisi yang sama

Lagging strand: untaian DNA yang dibentuk dari primer-primer RNA pendek dari arah 3' → 5' yang kemudian diperpanjang membentuk fragmen Okazaki

Leading strand: untaian DNA yang disintesis dengan arah 5' → 3 secara berkesinambungan

Lokus: lokasi gen berada pada kromosom

Metasentrik: kromosom yang letak sentromernya berada di tengah-tengah kromatid sehingga kedua kromatid terlihat sama panjang

Mitosis: pembelahan sel yang terjadi pada sel-sel tubuh yang menghasilkan dua sel anakan yang bersifat diploid (2n) dan identik dengan sel induk

Monosentrik: kromosom yang memiliki satu sentromer

Nukleosida: molekul nukleotida tanpa gugus fosfat, hanya tersusun atas basa nitrogen dan gula pentosa

Nukleotida: monomer asam nukleat yang tersusun atas basa nitrogen, gula pentosa, dan gugus fosfat

Nukleus: inti sel sebagai pusat informasi yang mengandung materi genetik

Ovum: gamet betina, sel telur

Pirimidin: senyawa organik aromatik heterosiklik yang mengandung dua atom nitrogen; membentuk basa nitrogen sitosin, timin, dan urasil pada nukleotida

Polinukleotida: polimer yang tersusun atas nukleotida-nukleotida, contohnya DNA dan RNA

Polipeptida: polimer yang tersusun atas beberapa peptida dan merupakan penyusun protein

Polisentrik: kromosom yang memiliki banyak sentromer

Prekursor: senyawa yang mendahului senyawa lain dalam jalur metabolisme

Promoter DNA: bagian DNA yang memulai proses transkripsi

Pubertas: masa peralihan dari anak-anak menjadi dewasa yang ditandai dengan perubahan fisik, psikis, dan pematangan fungsi seksual

Purin: senyawa organik aromatik heterosiklik yang mengandung empat atom nitrogen; membentuk basa nitrogen adenin dan guanin pada nukleotida

RNA: ribonucleic acid (asam ribonukleat), asam nukleat berbentuk untai tunggal pendek

RNA duta/mRNA: jenis RNA hasil transkripsi DNA dan berperan membawa kode genetik (kodon) dari DNA ke ribosom

RNA polimerase: enzim yang membuka untaian DNA pada proses sintesis protein

RNA primase: enzim yang menggabungkan nukleotida-nukleotida RNA agar dapat membentuk primer RNA

RNA ribosomal: jenis RNA penyusun ribosom

RNA transfer/tRNA: jenis RNA yang membawa kode genetik (antikodon) untuk menerjemahkan kodon dari mRNA menjadi asam amino

Replikasi: pembentukan salinan

Ribosa: sejenis monosakarida golongan gula pentosa yang memiliki lima atom karbon

Ribosom: organel sel yang berperan dalam sintesis protein

Satelit kromosom: struktur berupa tonjolan yang terletak di ujung lengan kromatid

Sentriol: organel sel yang berperan dalam pembelahan sel

Sentromer: bagian tengah kromosom berupa bulatan kecil sebagai daerah perlekukan

Sintesis: penggabungan, pencampuran, atau pembentukan senyawa baru

Submetasentrik: letak sentromer tidak tepat berada di tengah-tengah kromatid sehingga kedua kromatid terlihat tidak sama panjang

Telomer: daerah ujung kromosom yang berperan menjaga stabilitas

Telosentrik: letak sentromer yang berada di ujung kromatid

Terminator DNA: bagian DNA yang mengakhiri proses transkripsi

Topoisomerase: enzim yang mengurangi tegangan untai DNA saat replikasi

Transkripsi: tahapan sintesis protein berupa pembentukan mRNA oleh DNA sense di nukleus

Translasi: tahapan sintesis protein berupa proses penerjemahan mRNA oleh tRNA di ribosom

Triplet: kode genetik yang tersusun atas tiga basa nitrogen, misalnya ACG

Biodata Penulis



Nama Lengkap : Harianto Baharuddin, S.Pd.
Telp Kantor/HP : 0811489370
E-Mail : antopaudni@gmail.com
Akun Facebook : Harianto
Alamat Kantor : H. Abdul Malik Pattana Endeng, Rangas Kec. Simboro
Kab. Mamuju
Bidang Keahlian : Pendidikan Nonformal

Riwayat Pekerjaan/Profesi dalam 10 Tahun Terakhir

1. Pamong Belajar BP-PAUD dan Dikmas Papua (2011-2018)
2. Pamong Belajar BP-PAUD dan Dikmas Sulawesi Barat (2018-Sekarang)
3. Asesor BAN PAUD dan PNF (2016-Sekarang)

Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar

1. S1- Pendidikan Luar Sekolah, Universitas Negeri Makassar (2005-2009)
2. S2 Manajemen Pendidikan, Universitas Cenderawasih (2014-Sekarang)

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir)

1. Modul Keterampilan Pembuatan Furniture Minimalis (2015)
2. Modul Keterampilan 5 Langkah Pembuatan Sabun Mandi Buah Merah (2014)

Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir) -

Nama Lengkap : Idham Khalik Idrus, S.Pd
Telp Kantor/HP : 085341991776
E-Mail : idham.khalid.idrus@gmail.com
Akun Facebook : Idham Khalik Idrus
Alamat Kantor : Jl. M. Djud P. No. 2
Bidang Keahlian : Pendidikan Biologi



Riwayat Pekerjaan/Profesi dalam 10 Tahun Terakhir

1. Guru Tidak Tetap (GTT)/Honorar di SMAN 1 Majene (2015-sekarang)
2. Praktisi BP PAUD dan Dikmas Sulawesi Barat (2018-2019)

Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar

S1-Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Sulawesi Barat (2009-2015)

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir) -

Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir) -