

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

MATERI GENETIK (GEN, DNA, KROMOSOM)

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan pembelajaran 1 ini diharapkan mampu:

1. Mendeskripsikan struktur, sifat, fungsi dan komponen dari gen, kromosom serta DNA.
2. Menganalisis hubungan struktur dan fungsi gen, kromosom dan DNA dalam penerapan prinsip pewarisan sifat makhluk hidup.

B. Uraian Materi

Gen, DNA, dan kromosom adalah materi genetik karena bertanggungjawab terhadap pewarisan sifat-sifat genetik dari induk kepada keturunannya. Materi genetik tersebut terdapat di berbagai sel di seluruh tubuh, misalnya pada sel-sel darah, sel tulang, sel gamet dan lain-lain, tepatnya materi genetika tersebut berada di dalam nukleus. Peranan materi genetika tersebut adalah untuk mengatur pewarisan sifat kepada keturunannya, misalnya mengatur bentuk rambut, warna kulit, susunan darah, dan lain-lain.

Hereditas berarti penurunan sifat-sifat genetik dari orang tua ke anaknya. Analisis secara kimiawi dari sel menunjukkan bahwa di dalam sel terdapat senyawa-senyawa organik, seperti karbohidrat, lemak, protein dan asam nukleat. Asam nukleat ini terdapat didalam nukleoplasma. Nukleoplasma adalah substansi cair yang terdapat didalam nucleus (inti sel). Dari berbagai macam asam nukleat yang ada hubungannya dengan dengan hereditas ada dua yaitu DNA dan RNA. DNA dan RNA bertanggung jawab membentuk protein serta mengontrol sifat-sifat keturunan. DNA merupakan komponen penyusun gen. DNA banyak terdapat di dalam inti sel, sedikit terdapat di mitokondria dan kloroplas. Gen yang di sebut sebagai faktor penentu dapat diketahui struktur kimianya adalah DNA.

Gen-gen yang berderet pada kromosom masing-masing mempunyai tugas khusus dengan waktu yang khusus pula. Ada gen yang aktif pada masa embrio, ada yang aktif dimasa kanak-kanak, dan ada pula yang aktif setelah dewasa.

1. Gen

Pertama kali diperkenalkan oleh Thomas Hunt Morgan, ahli Genetika dan Embriologi Amerika Serikat (1911), yang mengatakan bahwa substansi hereditas yang dinamakan gen terdapat dalam lokus, di dalam kromosom. Gen merupakan unit terkecil dari suatu makhluk hidup yang mengandung substansi hereditas, terdapat di dalam lokus gen. Gen terdiri dari protein dan asam nukleat (DNA dan RNA), berukuran antara 4 – 8 m (mikron).

Gen mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

- Mengandung informasi genetik.
- Tiap gen mempunyai tugas dan fungsi berbeda.
- Pada waktu pembelahan mitosis dan meiosis dapat mengadakan duplikasi.
- Ditentukan oleh susunan kombinasi basa nitrogen.

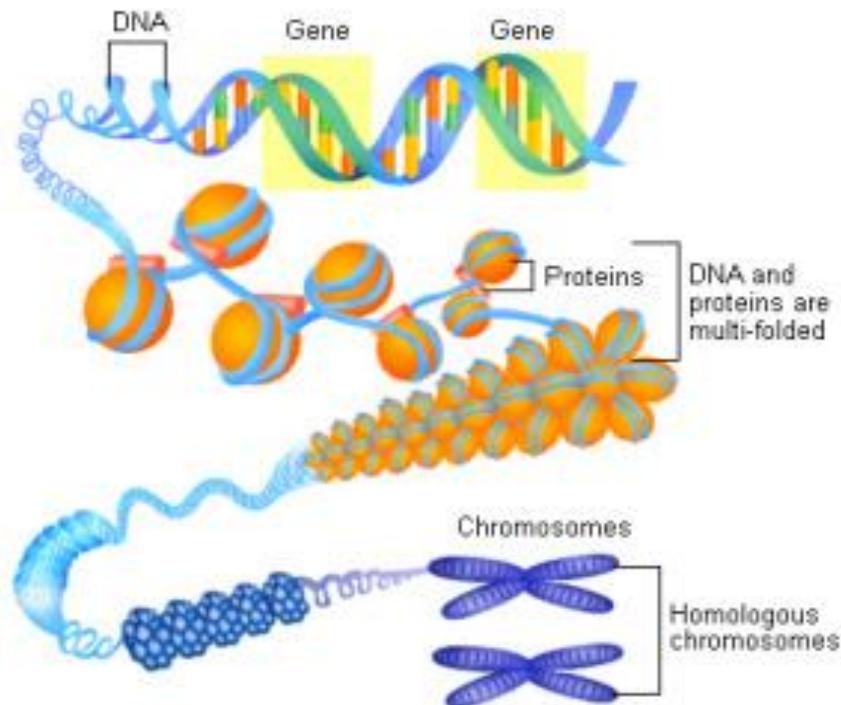
- Sebagai zarah yang terdapat dalam kromosom.

Gen merupakan unit terkecil materi genetik dan terdapat dalam setiap lokus yang khas pada kromosom, yang terdiri atas sepenggal DNA yang menentukan sifat individu melalui pembentukan polipeptida. Jadi, gen berperan penting dalam mengontrol sifat-sifat individu yang diturunkan. Sebagai materi hereditas, gen memiliki beberapa fungsi, antara lain:

- Sebagai zarah tersendiri yang ada pada kromosom.
- Menyampaikan informasi genetik dari induk kepada keturunannya.
- Mengatur proses metabolisme dan perkembangan

Kegiatan sel dikendalikan oleh gen di dalam inti. Pengendalian ini dilakukan dengan menyusun materi tertentu yang sesuai dengan pola gen untuk membentuk suatu rantai asam amino (polipeptida). Polipeptida tersebut difungsikan menjadi enzim yang akan mengatur reaksi metabolisme dalam sel. Walaupun demikian, gen-gen dapat diumpamakan dalam satu deretan berurutan dan teratur pada benang kromosom.

Di dalam sel tubuh, kromosom biasanya berpasangan. Sepasang kromosom merupakan homolog sesamanya, artinya keduanya mempunyai bentuk yang sama dan lokus gen-gen yang bersesuaian. Gen-gen yang terdapat pada lokus yang bersesuaian ini disebut alel. Alel dapat memiliki tugas yang sama atau berlawanan untuk suatu pekerjaan tertentu. Alel yang mempunyai tugas yang sama disebut alel homozigot. Sedangkan, alel yang tugasnya berbeda disebut alel heterozigot. Karena genotipe diekspresikan menjadi suatu fenotipe, alel dapat menyebabkan kan perbedaan penampilan di antara individu dalam suatu populasi. Alel adalah gen-gen yang menempati atau terletak pada lokus yang sama pada kromosom homolognya yang mempunyai tugas berlawanan untuk suatu sifat tertentu. Perhatikan gambar struktur gen berikut.



Gambar 2. Gen, DNA, dan Kromosom
 Sumber: <https://hastutiwibowo.wordpress.com>

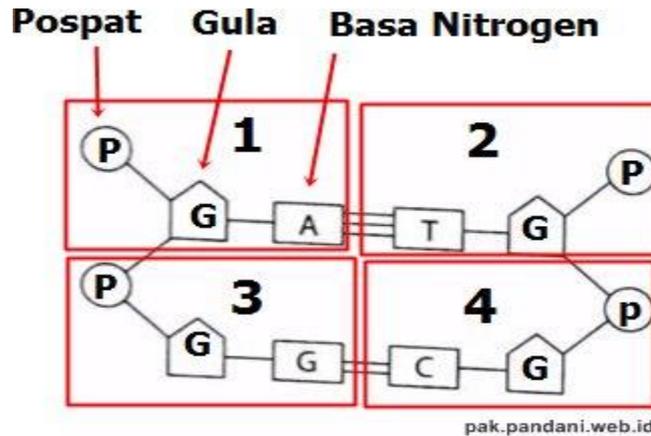
2. DNA (Deoxyribonucleic acid)

DNA berperan sebagai pembawa informasi genetik dari satu generasi ke generasi lain. DNA sendiri merupakan polimer besar yang tersusun atas unit-unit nukleotida (polinukleotida)

Sebuah nukleotida tersusun atas:

- Gugus gula deoksiribosa (gula dengan lima atom karbon atau pentosa)
- Gugus asam fosfat (fosfat terikat pada C kelima dari gula)
- Gugus basa nitrogen (gugus ini terikat pada C pertama dari gula)

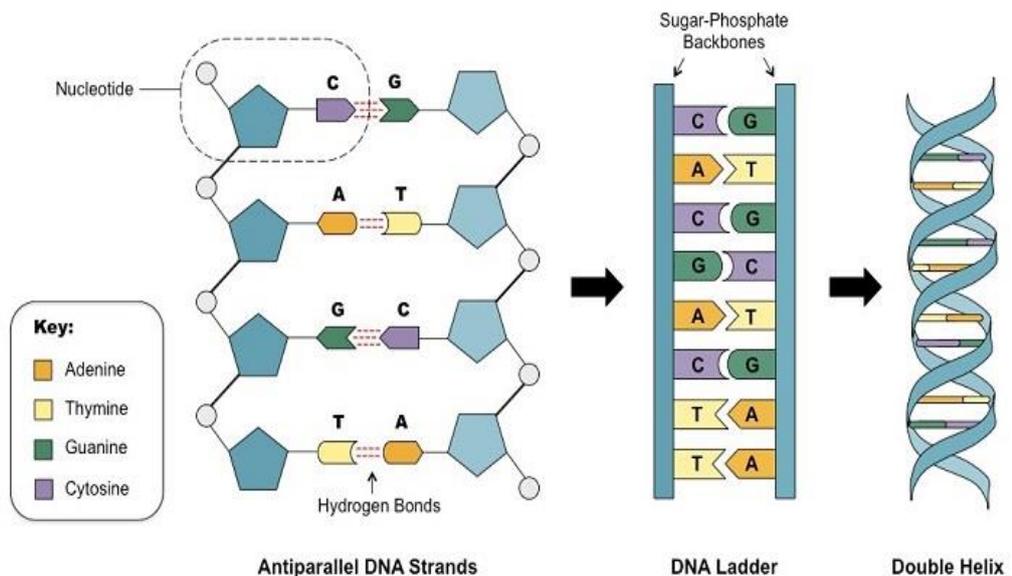
Jadi dikatakan 1 nukleotida terdiri atas 1 fosfat, 1 Gula, 1 Basa nitrogen yang tersusun secara berurutan.



Gambar 3. Nukleotida
Sumber :pandani.web.id

Dari gambar polinukleotida tersebut apakah kalian dapat menghitung berapa jumlah nukleotidanya?

Molekul gula ini terikat pada basa nitrogen yang tersusun atas basa purin dan basa pirimidin. Basa purin tersusun atas guanine (G) dan adenin (A), sedangkan basa pirimidin tersusun atas timin (T) dan sitosin atau Cytosine (C). Perhatikan gambar berikut!



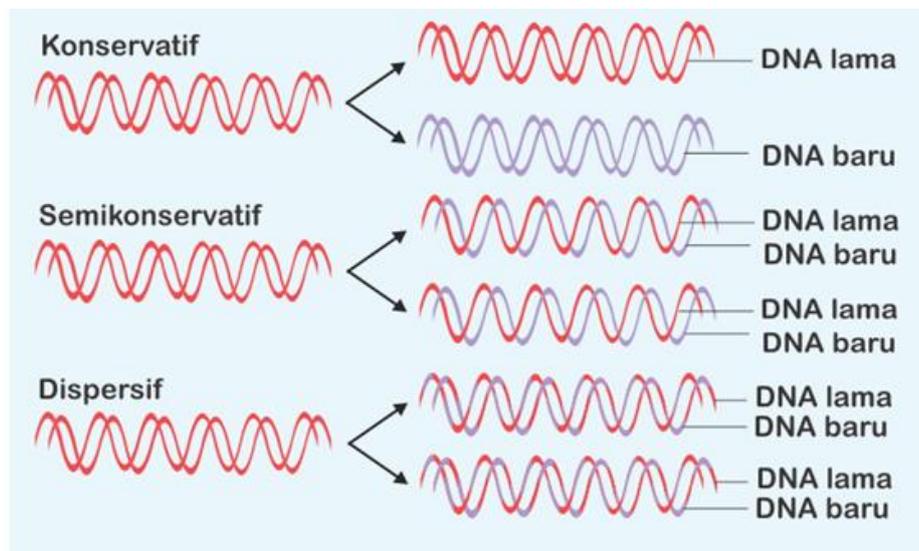
Gambar 4. DNA dan Polinukleotida
Sumber : <https://www.siswapedia.com>

Ikatan antara A-T membentuk dua ikatan hidrogen, sedangkan antara C-G membentuk tiga ikatan hidrogen. Adanya tiga ikatan hidrogen ini menghasilkan ikatan C-G lebih kuat dari ikatan A-T. Spesifikasi pasangan basa ini disebut dengan komplementaritas atau *complementary*.

Molekul DNA mempunyai sifat-sifat, antara lain:

- DNA berbagai organisme mempunyai kandungan adenine (A) yang sama dengan Timin (T). Perbedaan antara DNA dari spesies yang berlainan terletak antara kandungan A + T atau G + C.
- Setiap molekul DNA disusun oleh dua rantai polinukleotida. Antara kedua basa yang berpasangan terbentuk ikatan hidrogen. Adanya ikatan ini memberikan kelenturan pada DNA.
- DNA merupakan struktur yang aktif melakukan fungsi biologi.

DNA memiliki kemampuan untuk bereplikasi yaitu membentuk DNA baru yang sama persis dengan DNA asal. Terdapat 3 hipotesis replikasi DNA yaitu: replikasi konservatif, semi konservatif, dan dispersif.



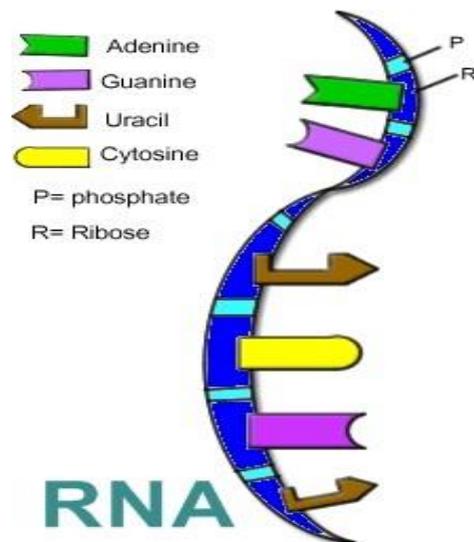
Gambar 5. Mekanisme Replikasi DNA
 Sumber: <https://www.siswapedia.com>

Faktor yang dibutuhkan untuk replikasi DNA:

- Polimerase DNA : berfungsi mempolimerisasi nukleotida-nukleotida
- Ligase DNA : berperan menyambung DNA
- Primase DNA : untuk memulai polimerisasi DNA pada lagging strand
- Helikase DNA : membuka jalinan DNA double heliks

3. RNA (*Ribonucleic acid*)

RNA (*Ribonucleic acid*) merupakan polinukleotida, namun ukurannya jauh lebih pendek dari DNA, yang terdiri atas satu rantai (*single heliks*). Gula pentosa yang menyusun RNA adalah gula ribosa, sedangkan basa nitrogen yang menyusun RNA adalah basa purin yang terdiri atas adenin dan guanin serta basa pirimidin yang terdiri dari sitosin dan urasil. Perhatikan gambar berikut!



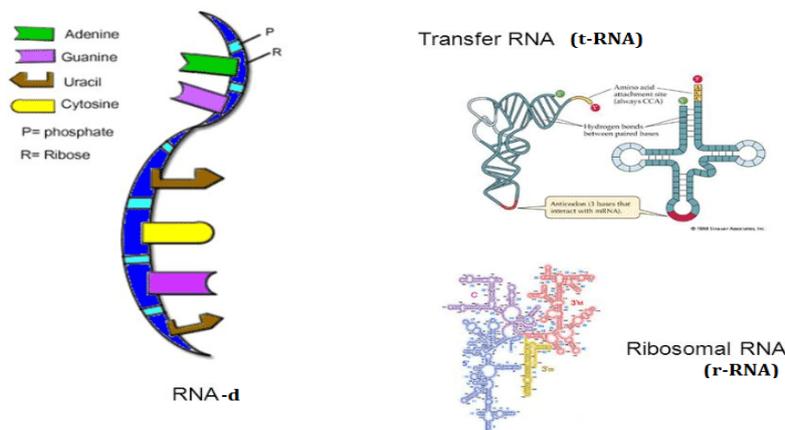
Gambar 6. Struktur RNA

Sumber : <https://gustinerz.wordpress.com>

Jenis-jenis RNA:

- 1) RNA duta (RNA-d)
Merupakan penghubung DNA dengan protein dan membawa pesan berupa informasi genetik dari DNA untuk membentuk protein. Berperan membawa kode genetik dari DNA berupa triplet basa yang ada pada RNA duta, atau yang disebut kodon.
- 2) RNA ribosom (RNA-r)
Merupakan RNA terbanyak, sekitar 83% dari RNA yang dikandung oleh suatu sel. Banyak terdapat di dalam ribosom dan berperan sebagai tempat pembentukan protein.
- 3) RNA transfer (RNA-t)
Berperan menterjemahkan kodon yang terdapat pada RNA-d menjadi satu jenis asam amino serta mengangkut asam amino ke permukaan ribosom pada saat translasi.

Berikut ini Gambar macam-macam RNA



Gambar 7. Macam-macam RNA

Sumber: dosenpendidikan.co.id

4. Kromosom

Segala aktivitas sel diatur oleh inti sel (nukleus). Pada saat sel aktif melakukan metabolisme, di dalam nukleus terdapat benang-benang halus seperti jala yang dapat menyerap warna. Benang-benang halus ini disebut kromatin (chromo = warna, dan tin = badan). Ketika sel akan membelah, benang kromatin menebal dan memendek, lebih mudah menyerap zat warna sehingga dapat dilihat dengan mikroskop. Benang kromatin yang menebal dan memendek ini, disebut kromosom. Setiap spesies memiliki jumlah kromosom yang khas. Kromosom tersusun atas DNA yang berkondensasi bersama.

protein histon di dalam inti sel, membentuk struktur bernama nukleosom. Sebelum sel membelah, molekul DNA dari setiap kromosom berduplikasi sehingga terbentuk lengan kromosom ganda yang disebut kromatid. Sel kelamin (sel sperma atau sel telur) hanya memiliki satu kromosom kelamin (gonosom) sehingga sel kelamin dari betina hanya memiliki gonosom X. Adapun sel kelamin jantan memiliki gonosom X atau Y yang akan menentukan jenis kelamin individu setelah terjadi fertilisasi.

a. Penggolongan Kromosom

1) Berdasarkan jenisnya, kromosom dibedakan atas:

- Kromosom badan (Autosom)
- Kromosom kelamin / kromosom seks (Gonosom)

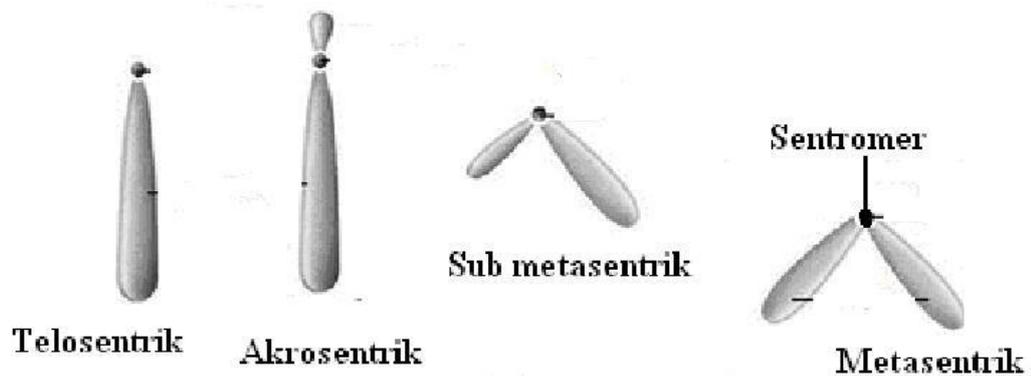
Di dalam sel tubuh terdapat sepasang kromosom atau diploid ($2n$). Sepasang kromosom ini berasal dari induk betina (ovum) dan induk jantan (sperma). Masing-masing kromosom induk berjumlah (n) kromosom. Kromosom yang berpasangan tersebut, disebut kromosom homolog. Kromosom homolog adalah kromosom yang mempunyai struktur yang sama atau mempunyai lokus-lokus alel yang sama. Dalam sel tubuh manusia terdapat 23 macam kromosom homolog. Jumlah macam kromosom atau satu pasang kromosom haploid disebut genom.

Bagaimanakah cara penulisan rumus kromosom pada makhluk hidup?

- Pada manusia terdapat 46 kromosom, maka:
 - Pada sel tubuh: 46 buah = 23 Pasang
 - Pada wanita : $22AA + XX$
 - Pada Pria : $22AA + XY$
 - Pada sel Kelamin : 23 buah (kromosom tidak berpasangan)
 - Pada Ovum : $22A + X$
 - Pada Spermatozoa: $22A + X$ atau $22A + Y$
- Pada Kuda terdapat 64 Kromosom, maka:
 - Pada sel tubuh: 64 buah = 32 Pasang
 - Pada kuda betina : $31AA + XX$
 - Pada kuda jantan : $31 AA + XY$
 - Pada sel Kelamin: 32 buah (kromosom tidak berpasangan)
 - Pada Ovum : $31A + X$
 - Pada Spermatozoa: $31A + X$ atau $31A + Y$

2) Berdasarkan letak sentromer, kromosom dibedakan atas:

- Telosentrik : sentromer terletak di ujung kromosom.
- Akrosentrik : sentromer terletak di dekat ujung kromosom
- Submetasentrik : sentromer dekat pada salah satu ujung kromosom
- Metasentrik : sentromer terletak di tengah-tengah kromosom



Gambar 8. Macam-macam bentuk kromosom
 Sumber: <https://hisham.id>

b. Jumlah Kromosom

Dalam setiap makhluk hidup terdapat jumlah kromosom yang bervariasi. Jumlah kromosom yang terdapat pada berbagai organisme dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 1. Jumlah kromosom pada makhluk hidup

No.	Organisme	Jumlah Kromosom	No.	Organisme	Jumlah Kromosom
1.	Manusia	46	23.	Hidra	32
2.	Simpanse	48	24.	Cemara	24
3.	Kera	48	25.	Ceri	32
4.	Kuda	64	26.	Kubis	18
5.	Lembu/sapi	60	27.	Lobak	18
6.	Keledai	62	28.	Kacang polong	14
7.	Anjing	78	29.	Buncis	22
8.	Kucing	38	30.	Ketimun	14
9.	Tikus rumah	40	31.	Kapas	52
10.	Tikus sawah	42	32.	Kentang	48
11.	Merpati	80	33.	Tomat	24
12.	Ayam	78	34.	Tembakau	48
13.	Kalkun	82	35.	Gandum dipakai untuk membuat roti	42
14.	Katak	26	36.	Gandum dipakai untuk membuat bir (Barley)	14
15.	Ikan mas	94	37.	Jagung	20
16.	Bintang laut	36	38.	Beras	24
17.	Ulat sutera	56	39.	Bawang	16
18.	Lalat rumah	12	40.	Ragi	34
19.	Drosophila melanogaster	8	41.	Jamur	4
20.	Nyamuk	6	42.	Kapang <i>Penicillium</i>	2
21.	Kecoak	24			
22.	Cacing tanah	36			

Sumber :<https://desybio.wordpress.com>

C. Rangkuman

1. Gen, DNA, dan kromosom adalah materi genetik karena bertanggungjawab terhadap pewarisan sifat-sifat genetik dari induk kepada keturunannya.
2. Gen merupakan unit terkecil materi genetik dan terdapat dalam setiap lokus yang khas pada kromosom dan berperan penting dalam mengontrol sifat-sifat individu yang diturunkan. Sedangkan alel merupakan gen-gen yang terdapat pada lokus yang bersesuaian.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

SINTESIS PROTEIN

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan pembelajaran 2 ini diharapkan siswa dapat:

1. Menjelaskan tahapan sintesis protein.
2. Merumuskan urutan proses sintesis protein dalam kaitannya dengan penyampaian kode genetik (DNA-RNAProtein).

B. Uraian Materi

1. SINTESIS PROTEIN

Sintesis protein yaitu proses penyusunan senyawa protein dengan membentuk rangkaian rantai polipeptida. Sintesis protein ini terjadi di dalam ribosom dan pengaturan sintesis protein dilakukan oleh gen (DNA) di dalam inti.

Perubahan struktur gen dapat menyebabkan perubahan struktur protein pada tingkat asam amino, yang selanjutnya akan menyebabkan perubahan dalam proses metabolisme. Ekspresi gen dilakukan melalui dua tahapan yaitu transkripsi dan translasi.

1) Transkripsi

Proses transkripsi berlangsung di dalam inti sel. Transkripsi merupakan proses pengkopian/penyalinan molekul DNA menjadi utas RNA yang komplementer (DNA - mRNA). embacaan oleh transkriptase dimulai dari tanda awal (promotor) sampai tanda akhir (terminator). Hanya ruas yang diapit oleh kedua tanda itu yang akan ditranskripsikan. Utas DNA yang digunakan bagi sintesis RNA disebut sebagai utas cetakan (template), sedangkan utas DNA lainnya disebut dengan utas pendamping.

Proses transkripsi menghasilkan tiga jenis RNA, yaitu RNA duta (mRNA), RNA transfer (tRNA), dan RNA ribosomal (rRNA). ketiga jenis RNA ini berperan dalam proses trasnlasi. Hanya mRNA yang akan diterjemahkan kedalam protein.

Proses transkripsi dikatalisis oleh enzim transcriptase atau RNA polymerase. Proses transkripsi dapat dibagi dalam tiga tahap yaitu inisiasi sintesis RNA, pemanjangan (elongasi) RNA, dan penyelesaian (terminasi) sintesis RNA.

Tahapan Transkripsi:

- a) Berlangsung dalam inti sel.
- b) Dimulai dengan membukanya pita "Double Helix" oleh enzim DNA polymerase.
- c) Pita DNA yang berfungsi sebagai pencetakan RNA disebut pita template atau sense dan pita DNA yang tidak mencetakan RNA disebut dengan pita antisense.
- d) Pita RNA dibentuk sepanjang pita DNA pencetak dengan urutan basa nitrogennya komplementer dengan basa nitrogen yang ada pada pita cetakan DNA.

- e) Pita RNA yang telah selesai menerima pesan genetik dari pita DNA pencetak segera meninggalkan inti nukleus menuju ke ribosom, tempat sintesis protein dalam sitoplasma. Pita RNA menempatkan diri pada leher ribosom.
- f) RNA yang ada dalam sitoplasma bersiap-siap untuk berperan dalam proses sintesis protein berikutnya. Setiap satu RNA ini, mengikat satu asam amino yang mengandung ATP.

2) Translasi

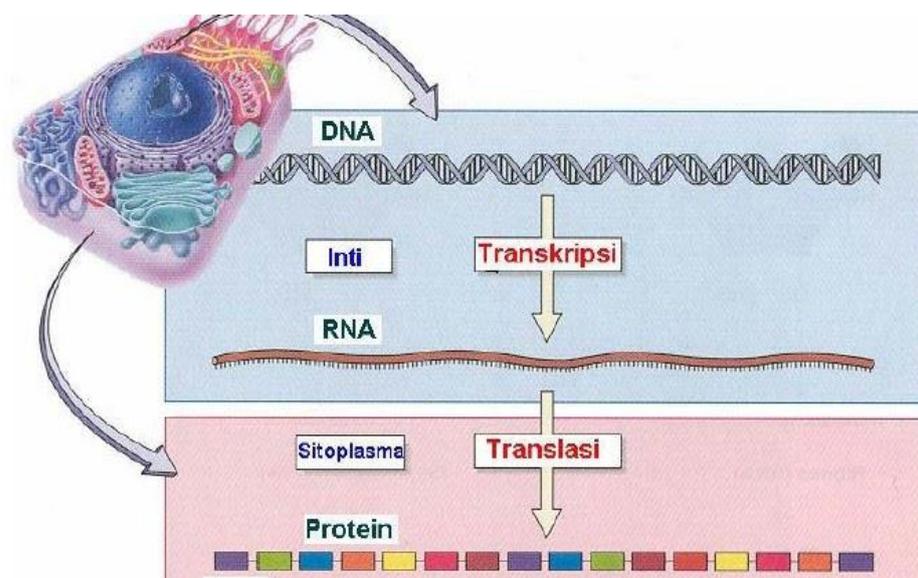
Translasi berlangsung di sitoplasma, sehingga RNA harus dikeluarkan dari inti sel menuju sitoplasma. Dalam proses translasi, terjadi penerjemahan urutan kodon pada RNAd menjadi urutan asam amino pada ribosom, artinya asam amino akan dirangkai dengan asam amino lainnya untuk membentuk rantai polipeptida atau protein.

Setelah mRNA sampai di ribosom, tRNA mulai mengangkut asam amino ke dalam kompleks translasi (ribosom), serta membaca sandi-sandi (kodon) pada mRNA. Setiap tRNA mempunyai antikodon yang spesifik. Translasi bermula dari kodon awal sampai kodon akhir. Hubungan antara kodon dengan asam amino diatur melalui kode genetik.

Dalam proses translasi ini, hanya ada satu kodon awal yaitu AUG yang menyandi asam amino metionin dan tiga kodon akhir UAA, UAG, dan UGA. Seperti pada proses transkripsi, translasi dapat dibagi dalam tiga tahap yaitu inisiasi, elongasi /pemanjangan, dan terminasi /penyelesaian.

Contoh proses pembentukan protein dari molekul DNA secara sederhana:

Untai pendamping	: 5' A T G G G T A C C C A T G C T -3'
Untai cetakan	: 3' T A C C C A T G G G T A C G A -5'
m-RNA	: 5' A U G G G U A C C C A U G C U -3'
Protein	: Met - Gly - Thr - His - Ser.



Gambar 9. Tahapan Sintesis protein

Sumber: e-the-I.blogspot.com

3) Kode Genetik

Kode genetik merupakan instruksi berupa kode-kode yang merumuskan jenis protein yang akan dibuat. Ciri khas protein ditentukan oleh jumlah asam amino. Pada sandi genetic terdapat 20 macam asam amino.

Dalam sintesis protein dapat terjadi kesalahan dalam menerjemahkan kode-kode yang diterima dari DNA. Jika terjadi kesalahan penerjemahan, akibatnya protein yang disusun juga keliru sehingga enzim yang dihasilkan juga salah.

Pada asam nukleat DNA atau RNA-d terdapat 4 jenis nukleotida (basa) yang menyusun rantainya. Pada polipeptida dikenal 20 jenis asam amino penyusunnya. Dengan adanya 20 jenis asam amino tersebut, harus ada aturan yang dapat menjamin pengendalian gen dalam pembentukan protein, selalu bersifat khas (satu gen hanya menyandikan satu jenis protein).

Untuk menjamin kekhasan tersebut harus banyak factor pengendali (kodon), sekurang-kurangnya sama dengan yang dikendalikan (asam amino). Hal ini bertujuan untuk mencegah adanya satu kodon mengendalikan lebih dari satu asam amino. Berdasarkan persyaratan ini, tidak mungkin satu asam amino dikendalikan hanya oleh satu nukleotida, karena keempat nukleotida yang ada tidak akan mencukupi untuk mengendalikan 20 asam amino.

Sistem pengkodean seharusnya didasarkan pada kombinasi dari nukleotida yang ada. Yang paling mungkin adalah setiap kodon merupakan kombinasi 3 nukleotida DNA sehingga akan diperoleh 64 kodon yang akan mencukupi untuk mengendalikan 20 asam amino.

Tabel 1. Kode Genetika Asam Amino

Basa No 1	Basa No 2				Basa No 3
	U	C	A	G	
U	UUU } Phe	UCU } Ser	UAU } Tyr	UGU } Cys	U C A G
	UUC } Phe	UCC } Ser	UAC } Tyr	UGC } Cys	
	UUA } Leu	UCA } Ser	UAA } Stop	UGA } Stop	
	UUG } Leu	UCG } Ser	UAG } Stop	UGA } Trp	
C	CUU } Leu	CCU } Pro	CAU } His	CGU } Arg	U C A G
	CUC } Leu	CCC } Pro	CAC } His	CGC } Arg	
	CUA } Leu	CCA } Pro	CAA } Gln	CGA } Arg	
	CUG } Leu	CCG } Pro	CAG } Gln	CGG } Arg	
A	AUU } Ile	ACU } Thr	AAU } Asn	AGU } Ser	U C A G
	AUC } Ile	ACC } Thr	AAC } Asn	AGC } Ser	
	AUA } Ile	ACA } Thr	AAA } Lys	AGA } Arg	
	AUG } Met atau start	ACG } Thr	AAG } Lys	AGG } Arg	
G	GUU } Val	GCU } Ala	GAU } Asp	GGU } Gly	U C A G
	GUC } Val	GCC } Ala	GAC } Asp	GGC } Gly	
	GUA } Val	GCA } Ala	GAA } Glu	GGA } Gly	
	GUG } Val	GCG } Ala	GAG } Glu	GGG } Gly	

Sumber: Biology Concepts & Connections, 2005

Keterangan:

- | | | | |
|---------------------|---------------------|----------------|-----------------|
| Ala = alanin | Gln = glutamin | Leu = leusin | Ser = serin |
| Arg = arginin | Glu = asam glutamat | Lys = lisin | Thr = treorin |
| Asn = asparagin | Gly = glisin | Met = metionin | Trp = triptofan |
| Asp = asam aspartat | His = histidin | Phe = fenil | Try = tirosin |
| Cys = sistein | Ile = isoleusin | Pro = prolin | Val = valin |