

SUBTANSI GENETIKA

Gen

Menurut Thomas Hunt Morgan (1866 – 1945) gen adalah substansi hereditas yang terdiri dari suatu kesatuan kimia, yaitu DNA. Gen merupakan substansi hereditas yang terdapat di dalam kromosom, yaitu pada lokus yang berada di dalam kromosom. Bila dikaitkan dengan DNA, gen ini merupakan segmen dari DNA. Secara fisik sepanjang DNA merupakan segmen-segmen dari gen, dimana gen mengkode protein. Ada dua macam gen, yaitu ektron dan intron. Ektron merupakan gen yang mengkode protein, sedangkan intron yang tidak mengkode protein.

Sifat gen antara lain sebagai berikut :

1. Faktor yang dibawanya ditentukan oleh urutan basa nitrogen yang menyusunnya.
2. Sebagai zarah yang terdapat dalam lokus gen pada kromosom.
3. Dapat menduplikasi diri pada peristiwa pembelahan mitosis maupun meiosis.
4. Mengandung informasi genetik.

Fungsi gen adalah :

1. Menyampaikan informasi genetik dari induk kepada keturunannya.
2. Mengatur proses metabolisme dan perkembangan individu.

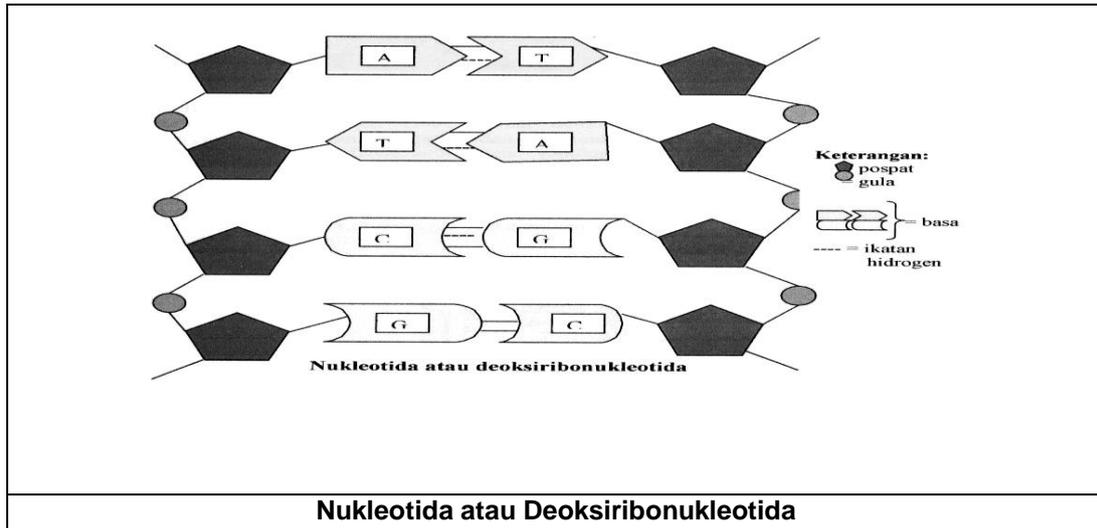
DNA

Merupakan pembawa sebagian besar sifat-sifat keturunan dan bersifat khas dalam kromosom. DNA sebagian besar terdapat dalam nukleus, beberapa ditemukan dalam mitokondria, plastida dan sentriol. Menurut Watson dan Crick, DNA tersusun dari dua rantai nukleotida yang panjang, terpilin dengan yang lain dan membentuk struktur spiral ganda yang teratur (*double helix*) yang berputar ke kanan sesuai dengan putaran jarum jam.

Struktur DNA sangat panjang, tak bercabang, dan dibangun oleh 3 macam molekul, yaitu :

1. Gula pentosa yang dikenal dengan deoksiribosa.
2. Gugus fosfat
3. Basa nitrogen, terdiri atas purin (adenin dan guanin) dan pirimidin (timin dan sitosin).

Purin dan pirimidin berikatan dengan gula pentosa membentuk **nukleosida**. Suatu nukleosida merupakan bahan dasar dari DNA akan berikatan dengan gugus fosfat membentuk **nukleotida** atau **deoksiribonukleotida**.



Hipotesis cara duplikasi / replikasi molekul DNA

1. *Konservatif*

Double helix induk tetap utuh, tetapi keseluruhannya dapat mencetak double helix baru.

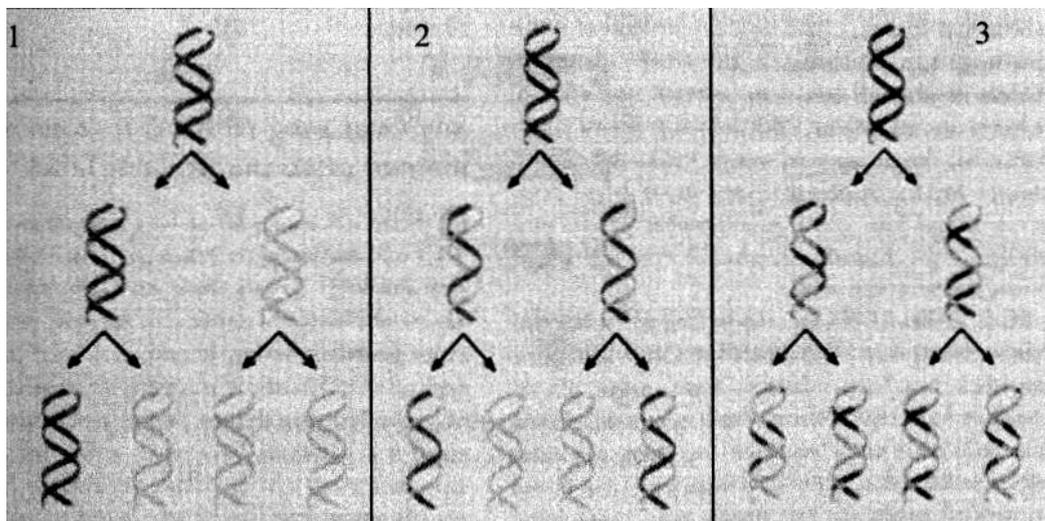
2. *Semi konservatif*

Dua pita spiral dari double helix memisahkan diri, selanjutnya tiap pita tunggal dari double helix induk berlaku sebagai pencetak untuk membentuk pita pasangan.

3. *Dispersif*

Kedua pita dari double helix induk terputus-putus. Segmen-segmen DNA induk dan segmen-segmen DNA yang dibentuk baru saling bersambung dan menghasilkan 2 double helix baru.

Dari hasil eksperimen yang dilakukan oleh para ahli, membuktikan bahwa dari ketiga model replikasi yang paling diterima adalah replikasi secara *Semi Konservatif*.

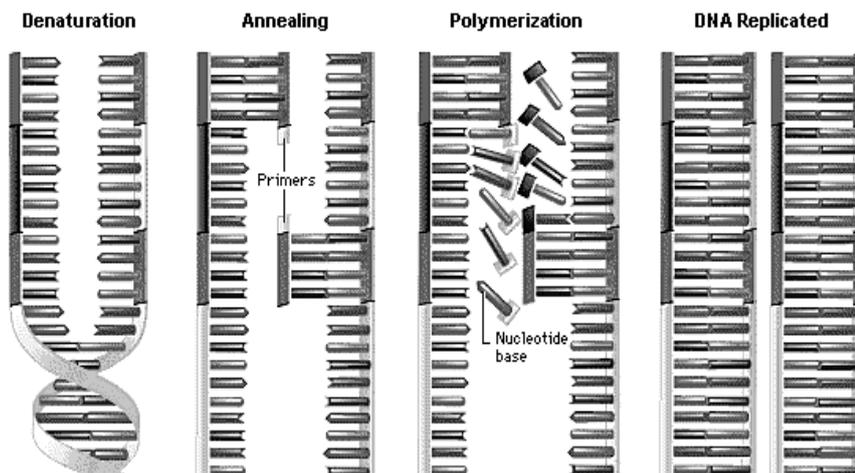


3 Cara Replikasi DNA

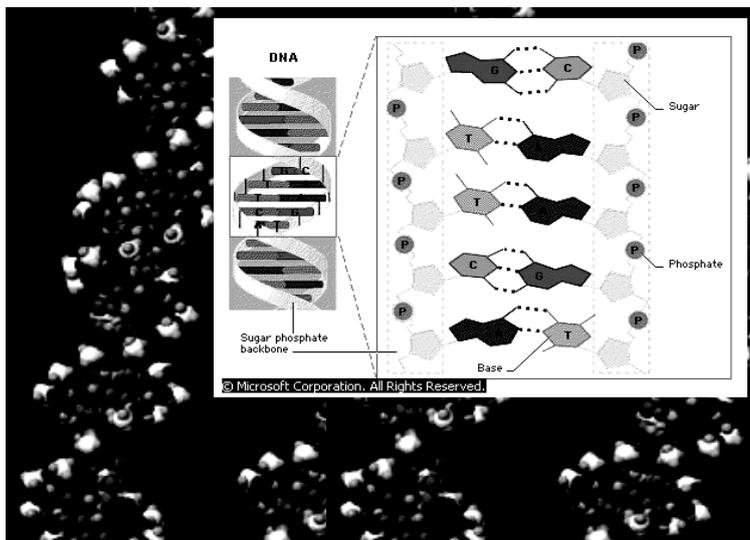
Replikasi DNA

Bahan untuk replikasi DNA adalah deoksiribonukleosida **5-trifosfat**. Penggabungan antara bahan nukleotida dengan rantai DNA dikatalis oleh enzim DNA polimerase. Selain DNA polimerase, replikasi DNA juga membutuhkan beberapa enzim lain atau protein non enzim yaitu :

1. **DNA ligase**, berfungsi menggabungkan untai DNA.
2. **DNA primase**, berfungsi untuk memulai polimerase DNA.
3. **DNA helikase**, enzim yang digunakan untuk membuka pilinan DNA.
4. **Protein pengikat DNA**, berfungsi menstabilkan rantai DNA yang terbuka dan mencegah DNA kembali.
5. **DNA girase**, berfungsi membuka pilinan yang ditimbulkan dari proses pembukaan rantai DNA.



Replikasi DNA



Struktur DNA

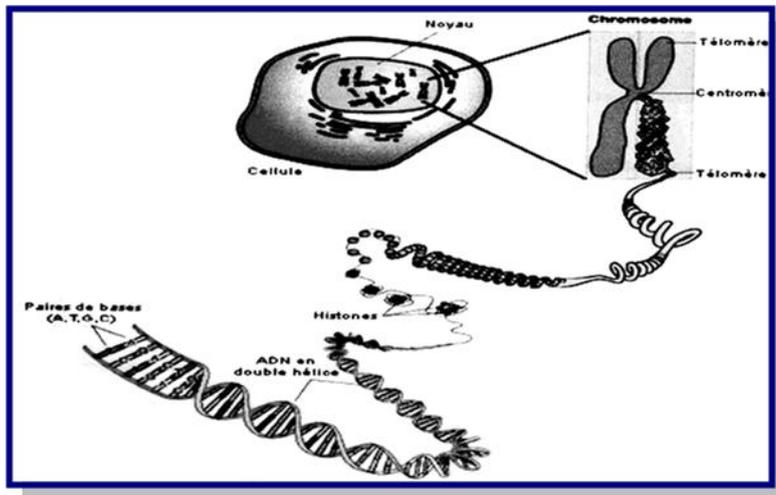
Kromosom

Salah satu bagian nukleus benang kromatin. Benang kromatin merupakan bagian yang mampu menyerap warna. Kroma berarti warna, dan tin berarti badan. Selama pembelahan sel, benang-benang kromatin akan memendek dan tampak lebih menebal dan disebut kromosom. Istilah kromosom pertama kali diperkenalkan oleh W. Waldeger (1808). Fungsi kromosom yaitu mengontrol sifat-sifat hereditas dari semua sel dan merupakan kumpulan pembawa sifat (gen) yang terangkai secara Tinier. Gen terdapat di dalam kromosom, tepatnya pada bagian yang disebut lokus. Kromosom mempunyai susunan berbentuk batang panjang atau pendek, lurus atau bengkok. Kromosom dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop biasa pada saat sel-sel sedang membelah.

Struktur Kromosom Pada Organisme Uerkariotik

Struktur kromosom pada organisme eukariotik terdiri dari :

- Sentromer
- Lengan kromosom
- Lekukan sekunder
- Telomer



Struktur Kromosom

Jumlah Kromosom

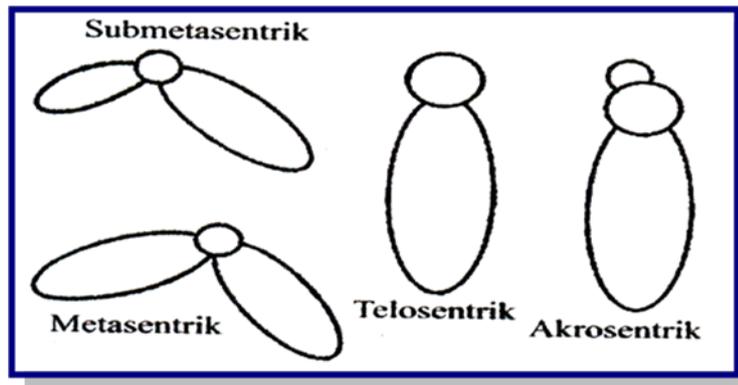
Pada organisme tingkat tinggi, sel somatis/sel tubuhnya mengandung satu pasang kromosom, yang diterima dari kedua induk/orang tua. Kromosom-kromosom yang berasal dari induk betina sama dengan yang berasal dari induk jantan. Sepasang kromosom tersebut dinamakan kromosom homolog. Kromosom yang berpasangan ini disebut diploid/ $2n$. Sedangkan dalam sel kelamin (garnet) hanya mengandung separuh, sehingga disebut haploid / n . Jumlah kromosom dari berbagai macam organisme tidak sama. Perbedaan jumlah kromosom ini tidak menunjukkan adanya hubungan dengan tingkat/derajat individu.



Tipe Kromosom

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

- a. *Metasentrik* : sentromer terletak di tengah kromosom, sehingga panjang kedua lengan kromosom sama.
- b. *Sub inetasentrik* : sentromer terletak agak jauh dari ujung atau sub median, sehingga kromosom terbagi menjadi 2 lengan yang tidak sama panjang.
- c. *Akrosentrik* : sentromer mendekati ujung atau sub terminal, sehingga lengan kromosom yang satu sangat panjang sedang yang lain pendek.
- d. *Telosentrik* : sentromer di ujung atau terminal, sehingga hanya ada satu lengan kromosom.



Deskripsi

RNA (Ribo Nukleat Acid/Asam Ribo Nukleat)

RNA merupakan asam nukleat selain DNA. RNA juga merupakan polimer dari empat ribonukleotida. Masing-masing ribonukleotida tersusun dari molekul gula ribosa, gugus fosfat, dan sebuah basa. Pada RNA tidak mempunyai basa timin dari golongan pirimidin tetapi diganti oleh basa urasil (U). RNA ini dibentuk oleh DNA dalam nukleus, serta digunakan untuk mensintesis protein dalam plasma sel.

Ada 3 macam RNA yaitu: RNA duta/RNA messenger/RNAm, RNA ribosom/RNAr, dan RNA transpor/RNAt.

a. RNAd

RNAd berfungsi membawa kode-kode genetik/kodon untuk sintesis protein dari DNA yang berada dalam nukleus ke ribosom. RNAd disintesis di dalam nukleus pada proses transkripsi, yaitu proses penurunan urutan basa dari salah satu untai DNA pada kromosom dengan perantaraan enzim menjadi bentuk rantai tunggal RNAd. Basa RNAd yang terbentuk ini merupakan komplemen urutan basa dalam DNA tersebut. Setelah proses transkripsi, RNAd keluar dari inti sel bergerak ke ribosom, dan bersama-sama dengan ribosom memulai biosintesis polipeptida/protein. Urutan triplet nukleotida RNAd disebut kodon. Kode-kode genetik yang dibawa RNAd menentukan urutan residu asam amino yang membentuk rantai polipeptida. Kadar RNAd berubah-ubah, tergantung pada laju sintesis protein.

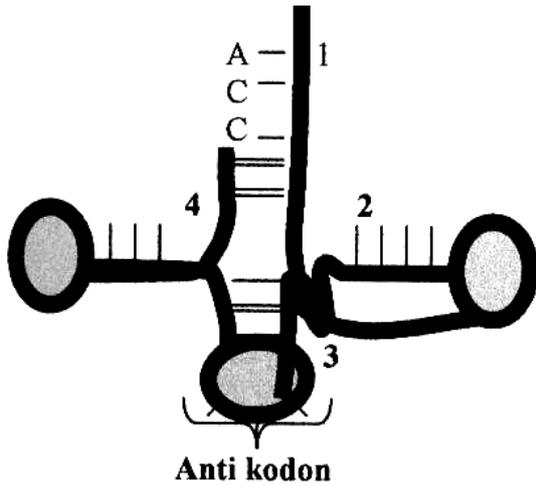
b. RNAt

RNAt relatif merupakan molekul kecil, dan berfungsi sebagai pembawa asam amino spesifik dalam proses biosintesis protein dalam ribosom. Tiap satu asam amino suatu protein, mempunyai satu atau lebih molekul RNAt yang sesuai sebagai pembawa dalam proses biosintesis protein. memiliki banyak lipatan-lipatan sehingga berbentuk seperti daun semanggi. Bentuk ini memiliki 4 ujung (lengkung) yang penting, yaitu :

1. Ujung yang mengikat asam amino. Pada ujung ini terdapat basa ACC (AdenosinSitosin-Sitosin). Pada bagian ini, karboksil dan asam amino berikatan dengan gugus hidroksil dari adenosil.
2. Lengkung anti kodon (lengkung pengenalan kodon). Bagian ini merupakan bagian yang melekat (berpasangan) pada kodon dari RNAd.
3. Lengkung pengenalan enzim aktif faktor asam amino yang bersangkutan.
4. Lengkung pengenalan ribosom, adalah bagian yang diperlukan pada pengikatan RNAt ke ribosom.

c. RNAr

RNAr membentuk 65% berat ribosom, tetapi fungsinya belum jelas, diduga berperan sebagai mesin perakitan yang bergerak ke satu arah sepanjang RNAd. Molekulnya berupa pita tunggal. RNAr dibentuk oleh DNA/gen yang terletak di bagian pengatur nukleolus (bagian kromatin yang melekat ke nukleolus). Masing-masing RNA tersebut mempunyai komposisi basa dan berat molekul yang khas, dan terdiri dari rantai poliribonukleotida tunggal.



Keterangan:

1. Tempat melekatnya asam amino (pada basa adenine/A)
2. Disebut lengan T, terdapat 7 basa tak berpasangan, mempunyai peranan pada pengikatan molekul **RNA^t** dengan ribosom.
3. Anti kodon, yang nantinya akan berpasangan dengan kodon dari **RNA^d**
4. Disebut lengan **DHU (dihidrouridin)**, mengandung 8-12 basa tak berpasangan, tempat mengenal enzim khusus yang memacu terikatnya asam amino.

Struktur ARNt (*Clover leaf structure*)

Tabel Perbedaan DNA dan RNA

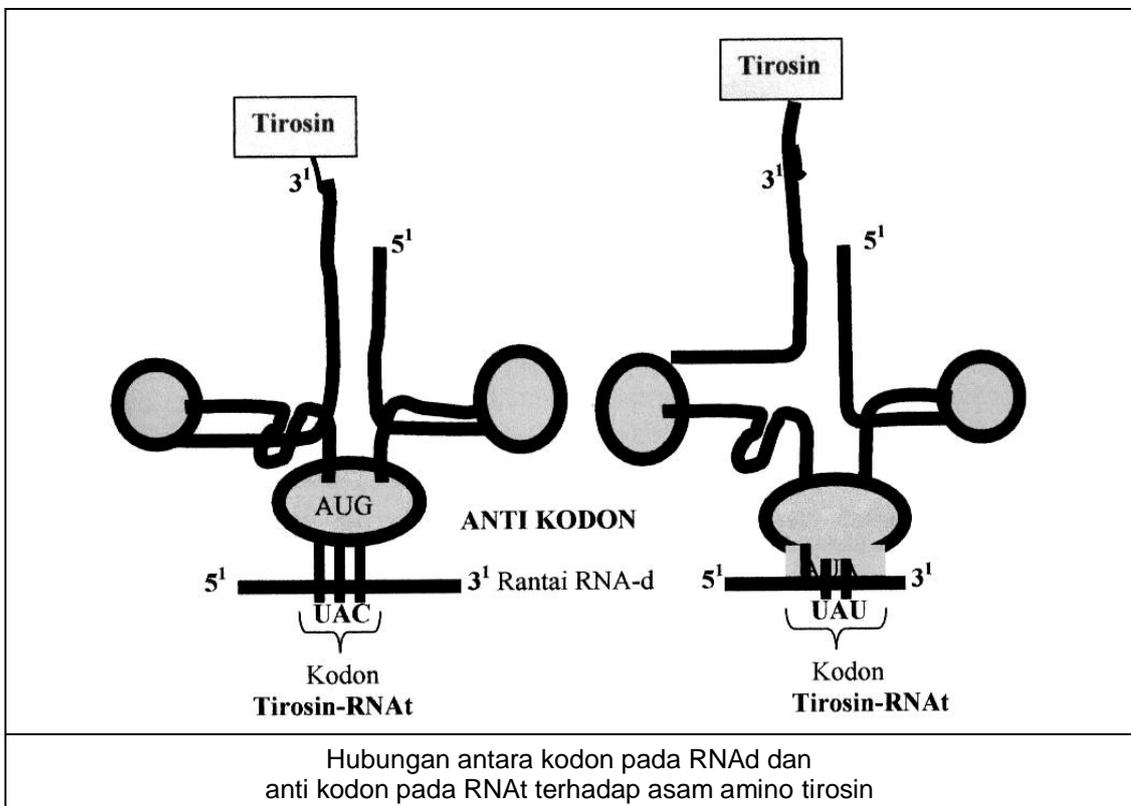
No.	Pembanding	DNA	RNA
1.	Letak	Nukleus, kloroplas dan mitokondria	Nukleus, mitokondria, kloroplas, sitoplasma dan ribosom
2.	Fungsi	Pembawa informasi genetik dan sintesis protein	Umumnya sintesis protein
3.	Rantai	Tangga tali terpilin (<i>double helix</i>)	Tunggal dan tidak ter-pilin
4.	Kadar	Tetap	Berubah-ubah, tergantung aktifitas sintesis protein
5.	Gula Pentosa	Deoxiribosa	Ribosa
6.	Basa Nitrogen	Purin : adenin dan guanin	Purin : adenin dan guanin
		Pirimidin : timin dan sitosin	Pirimidin : timin dan sitosin

Persamaan antara DNA dan RNA antara lain:

1. Merupakan asam nukleat
2. Disusun oleh nuleotida
3. Memiliki tulang punggung berupa kompleks gula fosfat
4. Memiliki 4 tipe basa nitrogen

Kode genetik / Kodon

Gula dan fosfat penyusun semua molekul DNA adalah sama, sehingga bagian ini tidak dapat membawa informasi genetik. Bagian yang membawa informasi genetik adalah yang terkandung di dalam urutan basa A, T, S, dan G. Kodon yang terdapat pada RNAd merupakan kode genetik. Kode-kode genetik ini adalah transkripsi dari informasi genetik yang terdapat pada DNA. Kode genetik terdiri dari 3 urutan basa nitrogen, oleh sebab itu disebut kode triplet. Misalnya UUU (U, adalah urasil) adalah kodon untuk asam amino fenilalanin, AAA (A, adenin) untuk lisin, SSS (S, sitosin) untuk prolin dan sebagainya. Hingga saat ini telah dikenal ada 20 macam asam amino. Jadi setidaknya ada 20 macam kode yang diperlukan untuk mengkode asam-asam amino tersebut. Basa nitrogen yang menyusun DNA hanya ada 4 macam. Ini berarti basa nitrogen yang ditranskripsikan pada RNAd juga hanya 4 macam. Jika setiap basa nitrogen membentuk 1 macam kode, berarti hanya terbentuk 4 macam kode. Jika 2 basa nitrogen membentuk 1 macam kode, maka akan terbentuk 4² (16 macam kode). Sedangkan jika 3 basa nitrogen membentuk 1 macam kode, maka akan terbentuk 4³ (64 macam kode). Hingga saat ini kode yang telah dikenal ada 64 macam. Dengan demikian kemungkinan yang ada adalah yang ketiga yaitu 3 basa nitrogen membentuk 1 macam kode. Mengingat ada 20 macam asam amino, maka 1 macam kode dapat memiliki lebih dari satu kode.



Anti Kodon

RNA_t membawa kode genetik yang disebut antikodon. Anti kodon ini akan berhubungan dengan kodon yang terdapat pada RNAd. Dalam hal ini anti kodon akan mencari kodon yang sesuai, dengan cara memasangkan basa-basa yang dikandungnya.

Di samping RNA_t mengandung anti kodon, RNA_t juga berfungsi membawa asam amino tertentu. Asam amino tertentu mempunyai anti kodon tertentu pula pada RNA_t yang membawanya.

Hubungan Antara DNA-RNA-Polipeptida dan Sintesis Protein

DNA, gen, dan polipeptida memiliki hubungan yang erat dan tidak dapat dipisahkan. Polipeptida adalah protein. Gen merupakan segmen DNA yang terdapat di dalam kromosom. Produk seluler yang dikodekan oleh gen sebagian besar adalah protein. Hampir sebagian besar urutan basa suatu gen mengkodekan urutan asam amino dari sebagian atau keseluruhan protein.

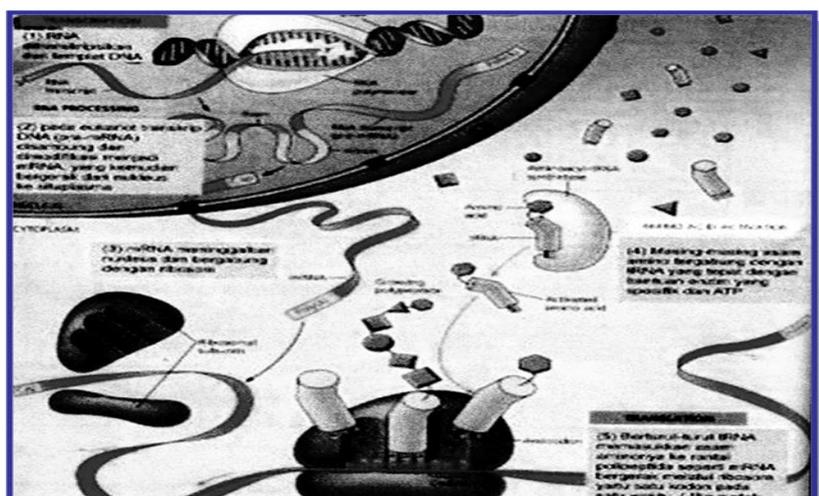
Bagian-bagian sel yang berperan di dalam sintesis protein adalah: ribosom, RNAd, RNAt, asam amino, enzim, dan beberapa faktor lain. Pada bagian sebelumnya telah dibahas bahwa RNAd membawa informasi genetik dalam bentuk kodon. Sedangkan RNAt berfungsi mengangkut asam-asam amino ke ribosom. Ribosom dapat dianggap sebagai pabrik tempat perakitan asam-asam amino menjadi rantai polipeptida dibantu dengan RNAr.

Mekanisme Sintesis Protein

Informasi genetik dari DNA menuju pembentukan protein, melalui dua tahapan/ proses, yaitu 1) transkripsi, dimana informasi yang terdapat pada DNA digandakan dalam bentuk RNAd, dan 2) translasi, dimana urutan basa pada RNAd memberikan informasi yang diperlukan oleh RNAt dan RNAr untuk mensintesis suatu protein dengan urutan asam amino yang sesuai dengan informasi yang terdapat pada DNA.

Secara garis besar, sintesis protein dapat dijelaskan sebagai berikut.

- Enzim RNA-polimerase** menggerakkan DNA untuk mencetak RNAd yang akan membawa kode-kode pembentukan protein berdasar urutan basanya. Sumber energi untuk kegiatan ini berupa ikatan fosfat (ATP). Proses pencetakan ini disebut transkripsi, yang artinya menyalin atau mencetak.
- RNAd** melepaskan diri dari rantai induk DNA, selanjutnya meninggalkan inti sel menuju ke ribosom. Di ribosom RNAd setangkup dengan RNAr. Setelah RNAd melepaskan diri dari DNA, maka bagian rantai DNA yang terbuka tadi menutup kembali dan berpilin seperti semula.
- Enzim menggerakkan asam-asam amino untuk melekat pada RNAt yang sudah ada dalam sitoplasma. Asam-asam amino yang sesuai dengan kode genetik yang dibawa oleh RNAd, melekat pada salah satu ujung RNAt. Selanjutnya menariknya ke RNAd pada ribosom. Proses ini disebut translasi, yang berarti menerjemahkan.
- Asam-asam amino akan berjajar dalam urutan yang sesuai dengan kode genetik. Setiap kali asam amino dilepaskan, dibentuk ikatan peptida sehingga terbentuklah polipeptida yang tidak lain adalah protein. Proses ini terus berjalan sampai kodon stop. Pada akhir proses ini, RNAt melepaskan diri dari ribosom yaitu dari sub unit besar ribosom, dan kembali ke sitoplasma.



Mekanisme Sintesis Protein
LEMBAR KEGIATAN PESERTA DIDIK 1
KD 2.3

A. Tujuan

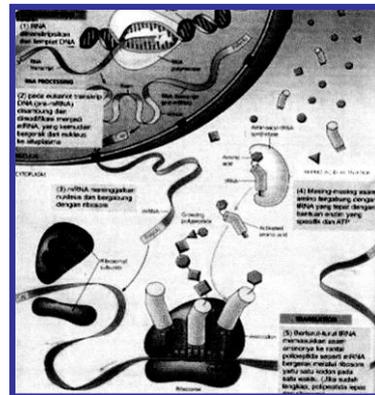
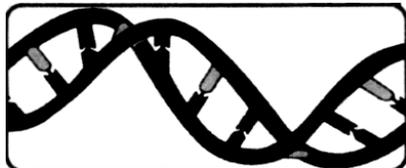
1. Mendeskripsikan pengertian RNA.
2. Menjelaskan struktur RNA.
3. Menjelaskan fungsi RNA.
4. Membedakan DNA dan RNA.
5. Mendeskripsikan pengertian kodon.
6. Mendeskripsikan pengertian anti kodon.
7. Menjelaskan hubungan DNA-RNA-Polipeptida dan proses sintesis protein.
8. Menjelaskan mekanisme sintesis protein.
9. Mendeskripsikan pengertian RNA.

B. Alat dan Bahan

1. Charta struktur model DNA Watson dan Crick.
2. Charta mekanisme sintesis protein.
3. Charta hubungan antara kodon pada RNAd dan anti kodon pada RNAt terhadap asam amino tirosin.

C. Cara Kerja

1. Perhatikan gambar berikut.



2. Jawablah bahan diskusi.
3. Presentasikan hasil diskusi dengan bantuan charta.

D. Bahan Diskusi

1. Jelaskan struktur DNA menurut *Watson dan Crick* !
2. Apa perbedaan DNA dan RNA ?
3. Apa yang kalian ketahui tentang ribosom berkaitan dengan proses sintesis protein ?
4. Jelaskan mekanisme sintesis protein !
5. Jelaskan hubungan antara kodon pada RNAd dan anti kodon pada RNAt terhadap asam amino tirosin !

REPRODUKSI SEL

Deskripsi:

Pembelahan mitosis merupakan pembelahan sel yang menghasilkan 2 buah sel anak yang identik, yaitu sel-sel anak yang memiliki jumlah kromosom sebanyak yang dimiliki oleh sel induknya.

Pembelahan meiosis merupakan pembelahan sel yang menghasilkan 4 sel anak dengan jumlah kromosom separuh dari yang dimiliki induknya.

Tabel: Perbedaan pembelahan mitosis dan meiosis

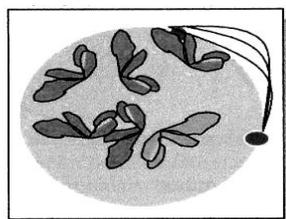
No.	Pembeda	Mitosis	Meiosis
1	Lokasi pembelahan	Sel-sel tubuh (somatis) dan sel gonad	Sel gonad / sel kelamin
2	Jumlah pembelahan	Satu kali	Dua kali yaitu meiosis I dan II
3	Jumlah sel anak hasil pembelahan	Satu sel induk menghasilkan 2 sel anak	Satu sel induk menghasilkan 4 sel anak
4	Jumlah kromosom	Diploid (2n) → Diploid (2n)	Diploid (2n) → haploid (n)
5	Pindah silang	Tidak terjadi	Terjadi pada profase I
6	Komponen genetik	Sama dengan induk	Berbeda dengan induk
7	Tujuan	Pertumbuhan dan regenerasi	Reduksi kromosom yaitu pembentukan gamet

Tahap-tahapan pembelahan mitosis yaitu:

1. Profase

Ciri-ciri:

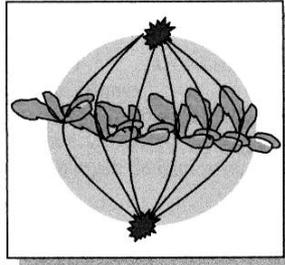
- Dua buah sentriol yang terdapat di dalam sentrosom mulai memisahkan diri.
- Masing-masing sentriol bergerak menuju ke kutub-kutub yang berlawanan dari nukleus.
- Kedua sentriol bergerak saling menjauhi disertai dengan memanjangnya gelendong-gelendong pembelahan / *spindle fiber*.
- Kromatin memendek, menebal dan mengganda disebut kromosom. Kromosom ini berupa suatu benang rangkap dengan sebuah sentromer.
- Gelendong pembelahan menuju ke tengah dan melekatkan diri pada sentromer di setiap kromatid.
- Nukleolus melebur dan tidak tampak lagi, nukleoplasma dan sitoplasma bercampur secara bebas.
- Membran inti melarut.



2. Metafase

Ciri-ciri:

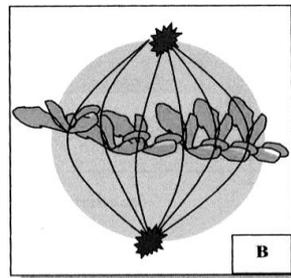
- a. Kromatid-kromatid berkumpul di bidang ekuator/bidang pembelahan.
- b. Kromosom yang telah mengganda ini disebut kromatid.



3. Anafase

Ciri-ciri:

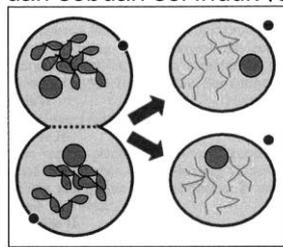
- a. Sentromer membelah menjadi 2 sehingga sepasang kromatid terbelah menjadi 2 bagian.
- b. Masing-masing kromatid tertarik oleh sentriol-sentriol menuju ke arah kutub-kutub pembelahan menjauhi bidang ekuator.



4. Telofase

Ciri-ciri:

- a. Kromatid telah sampai di kutub-kutub yang berlawanan.
- b. Gelendong pembelahan secara berangsur-angsur memudar, kemudian terjadi pembentukan kembali membran inti dan nukleolus.
- c. Kromosom tidak dapat diindera lagi (kromatid kembali menjadi kromatin).
- d. Terbentuk 2 sel anak dari sebuah sel induk (*sitokinesis*).



Tahap-tahapan pembelahan meiosis yaitu:

Pembelahan meiosis berlangsung dalam 2 tahap, yaitu pembelahan meiosis I dan meiosis II. Masing-masing tahap pembelahan meiosis berlangsung dalam 4 fase, sama seperti pada pembelahan mitosis, yaitu profase, metafase, anafase dan telofase.

Meiosis I

1. Profase I

Tingkah laku kromosom pada fase ini mengalami perubahan-perubahan sebagai berikut:

- a. Leptoten: benang-benang kromatin mulai menebal, memendek disebut kromosom.
- b. Zygoten: kromosom-kromosom homolog berpasangan antara yang satu dengan yang lainnya.
- c. Pakiten: masing-masing kromosom membelah dengan arah memanjang menjadi 2 bagian sehingga terbentuk sepasang kromatid. Keduanya masih berhubungan dengan perantaraan sebuah sentromer.
- d. Diploten: kromosom homolog yang berpasangan, selanjutnya memisahkan diri. Pemisahan paling kuat terjadi pada bagian sentromer, tetapi pemisahan ini belum sempurna karena masih terdapat perlekatan/kaisma.
- e. Diakinesis: kromosom homolog yang telah melakukan tukar-menukar bagiannya/*crossing over* tadi, selanjutnya terpisah sempurna terikat oleh gelendong pembelahan dengan perantaraan sentromer dari kromosom yang bersangkutan. Dengan berakhirnya profase I, maka membran nukleus hilang dan benang-benang spindel mulai terbentuk.

2. Metafase I

Pada fase ini kromosom homolog atau tetrade-tetrad menyusun diri di bidang ekuator. Kromosom-kromosom homolog terletak berdekatan berhadapan terikat pada gelendong pembelahan dengan perantaraan sentromer.

3. Anafase I

Pada fase ini masing-masing kromosom homolog saling menjauh menuju ke arah kutub gelendong pembelahan. Perbedaannya dengan anafase mitosis, bukan kromatid (belahan kromosom) yang menuju gelendong pembelahan, tetapi satu kromosom utuh. Jadi pada mitosis separuh dari kromosom utuh yang menuju ke kutub-kutub yang berlawanan, sedang pada meiosis kromosom utuh.

4. Telofase I

Tiap-tiap kromosom yang masih berupa suatu benang pendek, tebal terdiri dari 2 kromatid dengan sebuah sentromer, berubah menjadi benang panjang dan disebut benang kromatin. Bersamaan dengan proses ini, maka gelendong pembelahan pudar, membran nukleus dan nukleolus terbentuk, juga diikuti dengan terbentuknya sekat pada bidang ekuator, yaitu berupa penebalan sitoplasma. Selanjutnya terjadi pemisahan dan terbentuklah 2 buah sel anak yang masing-masing memiliki kromosom separuh dari sel induknya. Dari sini dapat dipahami bahwa, dengan berakhirnya meiosis I telah terjadi reduksi jumlah kromosom dari $2n$ menjadi n . Berikutnya dilanjutkan dengan meiosis II.

Meiosis II

Meiosis II sama persis seperti pembelahan mitosis. Pahami penjelasan berikut:

1. Profase II

Sama seperti pembelahan mitosis, kecuali satu hal yaitu pada profase II tidak terjadi pembelahan benang-benang kromatin lagi sebab benang-benang kromatin tersebut merupakan hasil perubahan kromosom dari 2 benang kromatid dengan sebuah sentromer.

2. Metafase II

Sepasang kromatid-sepasang kromatid menyusun diri di bidang ekuator (sama seperti metafase pembelahan mitosis).

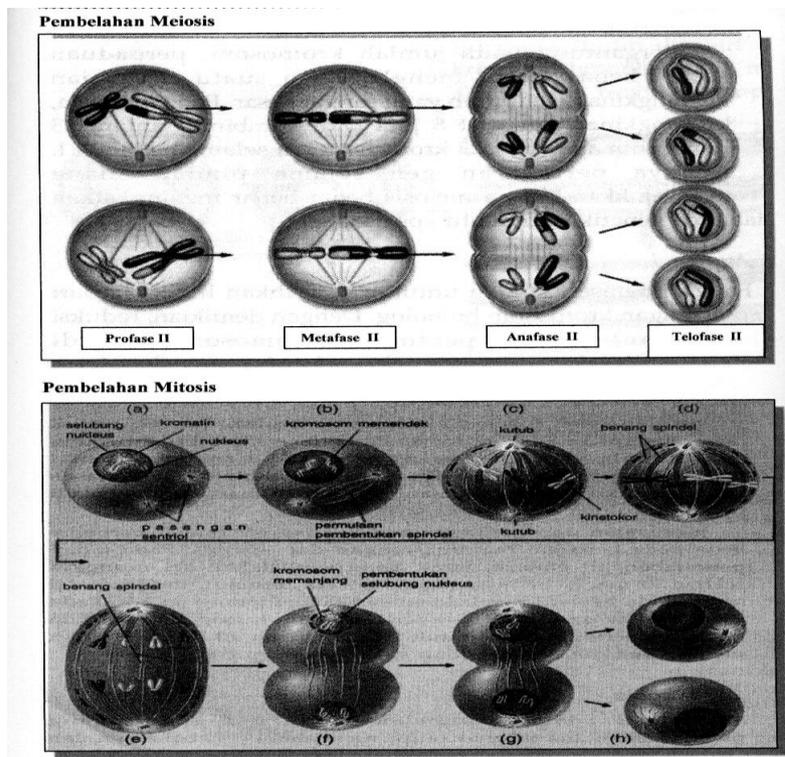
3. Anafase II

Sentromer membelah menjadi 2, sehingga sepasang kromatid-sepasang kromatid tadi terbelah menjadi 2 bagian. Masing-masing kromatid tertarik oleh sentriol-sentriol menuju ke arah kutub-kutub pembelahan menjauhi bidang ekuator (sama seperti anafase pembelahan mitosis).

4. Telofase II

- a. Kromatid telah sampai di kutub-kutub yang berlawanan.
- b. Selanjutnya gelendong pembelahan secara berangsur-angsur memudar, disusul oleh pembentukan kembali membran inti dan nukleus, sehingga pada fase ini nukleus dan membran inti dapat diindera lagi.
- c. Kromosom tidak dapat diindera lagi (kromatid kembali menjadi kromatin).
- d. Pada bidang pembelahan terbentuk suatu sekat berupa penebalan sitoplasma. Telofase ini diakhiri oleh terjadinya proses pemisahan sekat hingga terbentuk 2 sel anak dari sebuah sel induk (sama seperti telofase pembelahan mitosis).

Dengan berakhirnya seluruh proses pembelahan meiosis ini, maka terbentuk 4 buah sel anak dari sebuah sel induk.

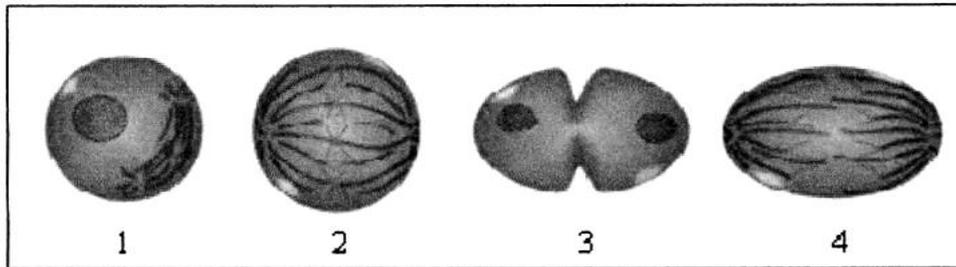


LEMBAR KEGIATAN PESERTA DIDIK I
KD 3.3

Istilah reproduksi berasal dari kata *re* yang artinya kembali dan *produksi* yang artinya membuat atau menghasilkan. Jadi istilah reproduksi mempunyai arti suatu proses kehidupan manusia dalam menghasilkan keturunan demi kelestarian hidupnya.

Reproduksi juga terjadi pada bagian terkecil penyusun tubuh makhluk hidup yaitu 'sel'. Jadi, organisme yang susunan tubuhnya hanya terdiri atas satu sel juga mengalami proses reproduksi. Pembelahan sel ada 2 macam, yaitu: pembelahan secara langsung (amitosis) dan pembelahan secara tidak langsung. Kedua macam reproduksi tersebut dibedakan berdasarkan ada tidaknya tahap-tahapan atau fase-fase selama terjadinya pembelahan / reproduksi.

Peristiwa amitosis dapat dijumpai pada organisme yang uniseluler, misalnya bakteri. Pada bakteri sel mengalami pembelahan secara langsung (tanpa melalui tahap-tahapan tertentu) dari satu sel induk dihasilkan 2 sel anak. Sedangkan pembelahan secara tidak langsung ada 2 macam, yaitu: pembelahan sel secara mitosis dan secara meiosis.



Apa sajakah tahap-tahapan atau fase yang terjadi pada pembelahan mitosis dan meiosis? Untuk memahami fase-fase tersebut, amati gambar berikut!

A. Tujuan

1. Untuk mengetahui perbedaan pembelahan mitosis dan meiosis
2. Untuk mengetahui fase-fase pembelahan mitosis
3. Untuk mengetahui fase-fase pembelahan meiosis.

B. Alat dan Bahan

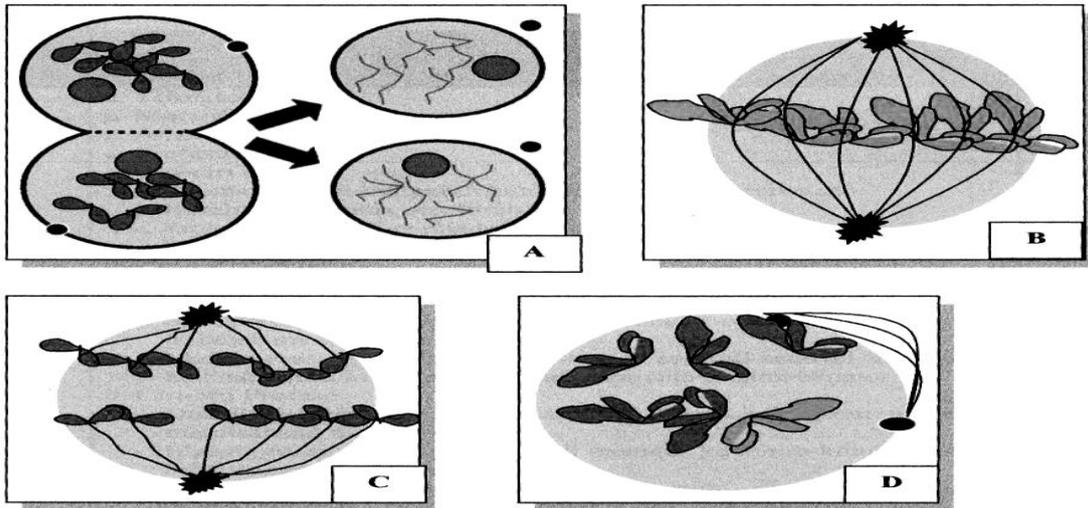
1. Kartu yang berisi gambar tahap-tahapan pembelahan mitosis
2. Kartu yang berisi gambar tahap-tahapan pembelahan meiosis
3. OHP/LCD
4. Plastik dan spidol transparan
5. Jurnal Biologi

C. Cara Kerja

1. Perhatikan gambar di bawah ini
2. Jawablah bahan diskusi

D. Bahan Diskusi

1. Apa nama fase pada gambar a, b, c dan d
2. Jelaskan ciri-ciri atau karakteristik dari gambar a, b, c dan d
3. Jelaskan perbedaan pembelahan sel secara mitosis dan meiosis.

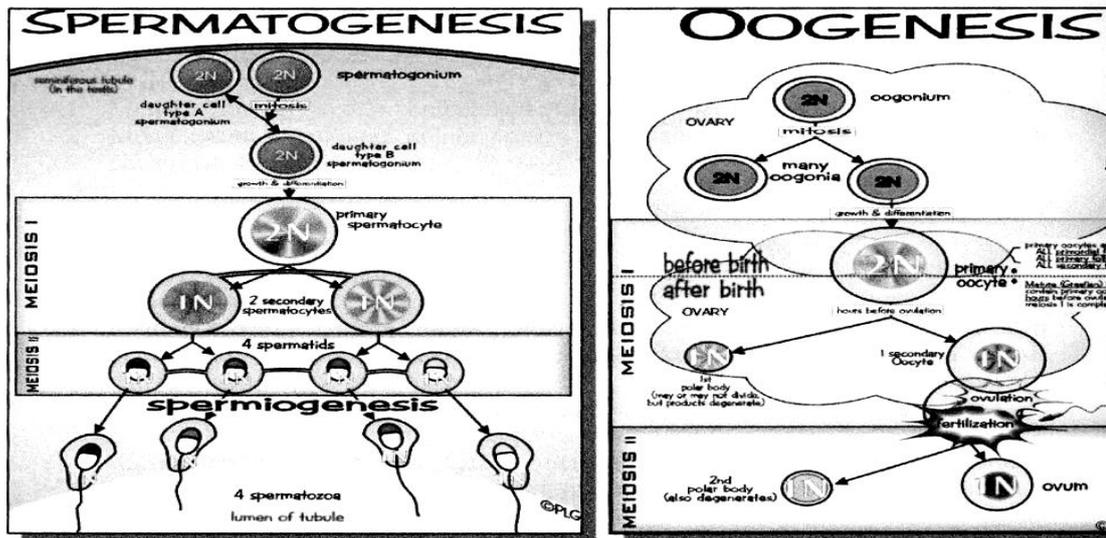


Deskripsi:

Tujuan dari pembelahan mitosis pada makhluk hidup bersel banyak adalah memperbesar ukuran tubuh dan mengganti sel-sel tubuh yang mengalami kerusakan. Sedangkan pada makhluk hidup bersel satu, mitosis bertujuan untuk memperbanyak jumlah sel dan mempertahankan dari kepunahan. Tujuan dari pembelahan meiosis adalah untuk pembentukan sel kelamin (gametogenesis). Pembentukan sperma pada hewan jantan disebut spermatogenesis, sedangkan pembentukan ovum disebut oogenesis. Pada tumbuhan tingkat tinggi pembentukan serbuk sari disebut mikrosporogenesis, sedangkan pembentukan bakal buah disebut makrosporogenesis atau megasporogenesis

Deskripsi:

Tujuan dari pembelahan mitosis pada makhluk bersel banyak adalah memperbesar ukuran tubuh dan mengganti sel-sel tubuh yang mengalami kerusakan. Sedangkan pada makhluk hidup bersel satu, mitosis bertujuan untuk memperbanyak jumlah sel dan mempertahankan dari kepunahan. Tujuan dari pembelahan meiosis adalah untuk pembentukan sel kelamin (gametogenesis). Pembentukan sperma pada hewan jantan disebut spermatogenesis, sedangkan pembentukan ovum disebut oogenesis. Pada tumbuhan tingkat tinggi pembentukan serbuk sari disebut mikrosporogenesis, sedangkan pembentukan bakal buah disebut makrosporogenesis atau megasporogenesis



Keterkaitan / hubungan pembelahan sel dengan pewarisan sifat

Pembelahan sel baik itu mitosis maupun meiosis sebenarnya mempunyai tujuan yang sama, yaitu mewariskan sifat (genetik) yang ada pada sel yang sedang membelah tersebut kepada sel-sel turunannya. Di dalam sel terdapat kromosom yang mengandung gen. Ketika sel melakukan pembelahan, kromosom di dalam inti akan menduplikat yang akan diwariskan kepada sel anak. Sehingga sel anak akan menerima (mewarisi) kromosom-kromosom dan gen-gen dengan tipe dan ukuran yang sama dari induknya.

Dengan demikian setiap individu mempunyai jumlah kromosom yang sama dengan induknya dan masing-masing kromosom tersebut merupakan sumbangan dari kedua induknya.

LEMBAR KEGIATAN PESERTA DIDIK 2

KD 10.3

Tujuan

1. Menjelaskan tujuan dari pembelahan mitosis dan meiosis.
2. Menjelaskan keterkaitan antara proses pembelahan mitosis dan meiosis dengan pewarisan sifat.

Alat dan Bahan

- Alat tulis
- Lembar Problem Posing I (LPP I)
- Lembar Problem Posing II (LPP II)

Cara Kerja

1. Masing-masing peserta didik dalam kelompok merangkum tujuan dari pembelahan mitosis dan meiosis, keterkaitan antara proses pembelahan mitosis dan meiosis dengan pewarisan sifat.
2. Masing-masing peserta didik menyusun pertanyaan sesuai literatur yang dibaca.
3. Menuliskan pertanyaan yang telah dibuat pada LPP I.
4. Masing-masing peserta didik membacakan pertanyaan yang dibuat, mendiskusikan jawaban dalam masing-masing kelompok.
5. Wakil kelompok menuliskan pertanyaan yang tidak dapat diselesaikan dalam kelompok pada LPP II.
6. Kelompok I menyerahkan LPP II ke kelompok II, kelompok II ke kelompok III begitu seterusnya sehingga kelompok VII menyerahkan ke kelompok I.
7. Kelompok yang menerima LPP II dari kelompok lain membantu mencari jawaban dan mendiskusikan jawaban di dalam kelompoknya.
8. Masing-masing kelompok menyampaikan pertanyaan teman kelompok (yang terdapat pada LPP II) dan menyampaikan jawabannya.
9. Kelompok lain dapat membantu menambah jawaban, menyanggah atau memberikan jawaban lain yang dianggap lebih benar.
10. Buatlah kesimpulan dari hasil diskusi kelas.

Penilaian Proses Belajar Peserta Didik KD 10.3**Mengajukan Pertanyaan**

No.	Elemen Yang Dinilai	Skor Maksimal	Penilaian	
			Peserta Didik	Guru
1	Pertanyaan menggunakan bahasa Indonesia yang baik dan benar	10		
2	Pertanyaan bersifat rasional	10		
3	Pertanyaan bersifat selektif	10		
4	Pertanyaan merupakan hasil observasi	10		
5	Pertanyaan merupakan penafsiran / prediksi dari observasi	10		
6	Pertanyaan menganalisa hasil observasi	10		
7	Pertanyaan mengarah pada hasil observasi	10		
8	Pertanyaan menunjukkan pemahaman dengan kejelian terhadap materi yang dipelajari	10		
9	Pertanyaan menunjukkan kemampuan berfikir yang sangat tepat	10		
10	Keabsahan / kebenaran pikirannya dibuat untuk menyeleksi pertanyaan lebih lanjut	10		
Total skor		100		

Sumber: adaptasi Hibbart K.M. (1995: 19)

$$\text{Nilai} = \frac{(\text{skor peserta didik} + \text{skor guru}) / 2}{\text{Total skor maksimal}} \times 100$$

Nilai:

.....

PRINSIP HEREDITAS

Ilmu Biologi yang khusus mempelajari penurunan / pewarisan sifat dari orang tua (induk) ke anaknya disebut genetika. Hukum tentang pewarisan sifat pertama kali ditemukan oleh seorang ilmuwan dari Austria yang bernama Gregor Johann Mendel (1822 – 1884) sehingga Mendel dikenal sebagai bapak genetika.

Percobaan hukum Mendel

Percobaan Mendel berupa pengamatan terhadap persilangan kacang ercis / kapri (*Pisum sativum*) dalam beberapa generasi. Alasan Mendel menggunakan kacang ercis, yaitu:

1. Dapat melakukan pembuahan sendiri
2. Mudah untuk dilakukan persilangan
3. Cepat menghasilkan keturunan
4. Memiliki pasangan-pasangan yang mencolok (bersifat galur murni)
5. Menghasilkan banyak keturunan
6. Daur hidupnya pendek (cepat menghasilkan keturunan).

Dalam penelitiannya, Mendel dapat merumuskan suatu hukum yang dikenal dengan Hukum Mendel antara lain:

1. Hukum Mendel I, yaitu segregasi menyatakan bahwa pasangan-pasangan alel selama pembentukan gamet dan berpasangan kembali secara acak pada saat fertilisasi antar gamet.
2. Hukum Mendel II, yaitu hukum pemisahan bebas menyatakan bahwa pada persilangan dengan dua sifat beda atau lebih, maka sifat yang sepasang tidak tergantung dengan sifat pasangannya.

Macam-macam Persilangan pada Hukum Mendel

1. Persilangan Monohibrid

Adalah persilangan antar induk yang memiliki satu sifat beda. Pada persilangan monohibrid Mendel menggunakan kacang ercis yang berbatang tinggi (TT) galur murni dengan yang berbatang pendek (tt) galur murni.

Hasil persilangan diperoleh keturunan pertama (F1) kacang ercis berbatang tinggi (Tt). Apabila F1 disilangkan dengan sesamanya, maka diperoleh keturunan kedua (F2) dengan fenotip berbatang tinggi dan berbatang pendek dengan perbandingan 3 : 1.

Diagram persilangan dihibrid

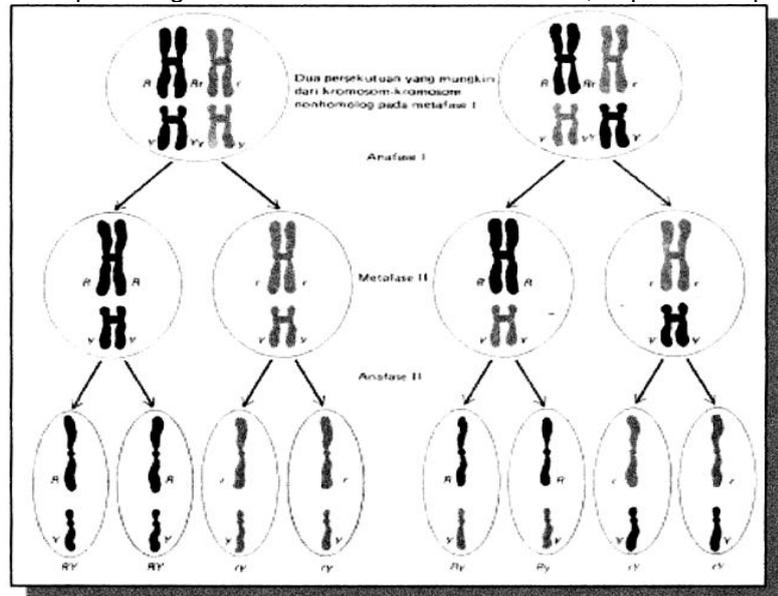
Induk (P1) $BBKK$ \times $bbkk$
 (bulat kuning) (kisut hijau)

Gamet (G) BK bk

Keturunan 1 (F1) $BbKk$ (bulat kuning)
 P2 $F1 \times F1$
 G $BbKk$ $BbKk$
 BK BK
 Bk Bk
 bK bK
 bk bk

F2	♀	BK	Bk	bK	bk
	♂	BK	Bk	bK	bk
	BK	BBKK	BBKk	BbKK	BbKk
	Bk	BBKk	BBkk	BbKk	Bbkk
	bK	BbKK	BbKk	bbKK	bbKk
	bk	BbKk	Bbkk	bbKk	bbkk

Pada persilangan dihibrid berlaku huku Mendel II, dapat dilihat pada diagram berikut.



3. Persilangan Trihibrid atau lebih

Adalah persilangan antar induk yang memiliki tiga atau lebih sifat beda. Misalnya, persilangan dua organisme dengan genotipe $AaBbCc$. Kita dapat menentukan bahwa peristiwa tersebut merupakan 3 persilangan monohibrid yang terpisah, yaitu $Aa \times Aa$, $Bb \times Bb$ dan $Cc \times Cc$.

Hasil persilangan trihibrid dapat dijelaskan dengan prinsip segregasi dan kombinasi alel-alel.

LEMBAR KEGIATAN PESERTA DIDIK 1
KD10.4

Di kelas IX SMP Anda telah mempelajari bagaimana suatu sifat diturunkan dari induk ke keturunannya. Di balai pertanian tanaman, biasanya dilakukan berbagai persilangan. Contohnya, tanaman jeruk jenis A disilangkan dengan jeruk jenis B agar diperoleh jeruk jenis baru dengan sifat gabungan antara kedua induknya. Selain tanaman, persilangan dapat pula dilakukan pada berbagai hewan ternak. Tujuannya untuk memperoleh sifat-sifat gabungan baru yang bersifat unggul.

Untuk lebih memahami prinsip pewarisan sifat, kerjakanlah kegiatan berikut:

i. Tujuan:

1. Menjelaskan prinsip hukum Mendel
2. Menjelaskan macam-macam persilangan pada hukum Mendel.

ii. Alat dan Bahan:

1. Kartu yang berisi nomor soal
2. Alat tulis
3. OHP/LCD
4. Jurnal belajar Biologi.

iii. Cara Kerja

1. Peserta didik duduk dalam kelompok masing-masing
2. Peserta didik menentukan nomor soal yang akan dikerjakan dalam kelompoknya (misalnya: peserta didik nomor 1 mengerjakan soal/bahan diskusi no. 1)
3. Diskusikan dengan anggota kelompok hasil/jawaban dan pastikan seluruh anggota kelompok mengetahui jawabannya
4. Presentasikan jawaban bahan diskusi sesuai dengan nomor yang ditunjuk oleh guru
5. Buatlah kesimpulan dari hasil diskusi!

iv. Bahan Diskusi

1. Jelaskan isi hukum Mendel I dan II!
2. Apa sajakah hipotesis yang dikemukakan Mendel berdasarkan penafsiran data hasil persilangan monohibrid!
3. Buatlah diagram persilangan antara laki-laki berambut lurus (RR) galur murni dengan wanita berambut keriting (rr) galur murni. Bagaimana genotip dan fenotip pada F2-nya?
4. Buatlah diagram persilangan antara bunga mawar berbatang tinggi warna merah (TtMm) dengan bunga mawar berbatang pendek warna putih (ttmm). Bagaimana genotip dan fenotip pada F1-nya?

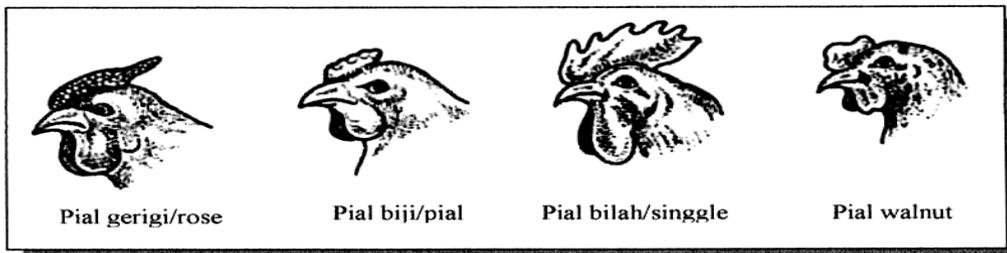
Penyimpangan Hukum Mendel

1. Interaksi beberapa pasangan alel

Alel-alel dari gen yang berbeda terkadang berinteraksi dan memunculkan perbandingan fenotip yang tidak umum, misalnya bentuk pial pada ayam. bentuk pial pada ayam ada 4 macam, yaitu: gerigi, biji, bilah dan walnut.

	Fenotip	Genotip
a	Pial gerigi (Ros)	RRpp
b	Pial biji (Pea)	rrPP
c	Pial bilah (Single)	rrpp
d	Pial sumpel (Walnut)	RRPP

Macam-macam pial ayam



- Perkawinan antara ayam berpial Ros dengan Bilah, pada F1 menghasilkan keturunan yang semuanya berpial Ros. Dan pada F2 diperoleh keturunan Ros : Bilah = 3 : 1
- Perkawinan antara ayam berpial Pea dengan Bilah, pada F1 semuanya berpial Pea. Dan pada F2 diperoleh keturunan Pea : Bilah = 3 : 1
- Perkawinan antara Ros dengan Pea diperoleh keturunan pada F1 berpial Walnut. Sedang pada F2 diperoleh keturunan Walnut : Ros : Pea : Bilah = 9 : 3 : 3 : 1.

Diagram persilangan pada pial ayam

P1	RRpp (Ros)	><	rrPP (Pea)
F1	RrPp (Walnut) F1 RrPp	><	F1 RrPp
G	RP, Rp, rP, rp		RP, Rp, rP, rp

F2	♀				
	♂	RP	Rp	rP	rp
	RP	RRPP Walnut	RRPp Walnut	RrPP Walnut	RrPp Walnut
	Rp	RRPp Walnut	RRpp Ros	RrPp Walnut	Rrpp Ros
	rP	RrPp Walnut	RrPp Walnut	rrPP Pea	rrPp Pea
rp	RrPp Walnut	Rrpp Ros	rrPp Pea	rrpp Bilah	

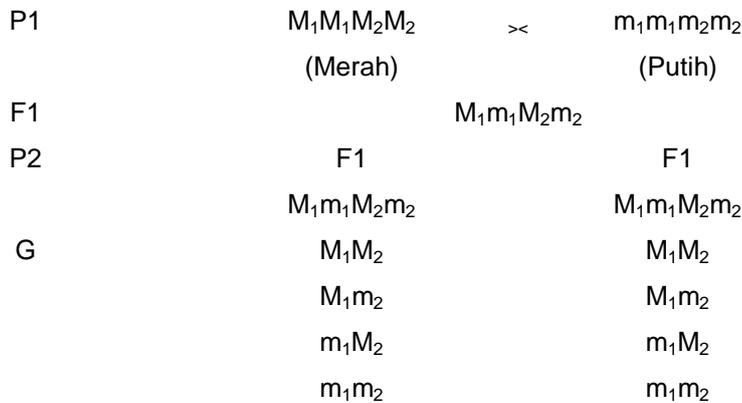
Perbandingan fenotip pada F2 = Walnut : Ros : Pea : Bilah = 9 : 3 : 3 : 1

2. Polimeri

Adalah pembastaran heterozigot dengan banyak sifat beda yang berdiri sendiri, tetapi mempengaruhi bagian yang sama dari suatu organisme. Pola tersebut ditemukan oleh Nilson-Ehle tahun 1913 di Swedia.

Ia membastarkan gandum yang berbiji merah dengan yang berbiji putih. F1 berwarna merah sedang. Pada F2 diperoleh keturunan $\frac{1}{16}$ merah sekali, $\frac{4}{16}$ merah gelap, $\frac{6}{16}$ merah sedang, $\frac{4}{16}$ merah terang, dan $\frac{1}{16}$ putih. Hasil persilangan tersebut kalau disederhanakan menjadi merah : putih = 15 : 1 (dengan tingkat merah yang tidak sama).

Diagram persilangan polimeri



F2	♀				
	♂	M ₁ M ₂	M ₁ m ₂	m ₁ M ₂	m ₁ m ₂
	M ₁ M ₂	M ₁ M ₁ M ₂ M ₂ merah sekali	M ₁ M ₁ M ₂ m ₂ merah gelap	M ₁ m ₁ M ₂ M ₂ merah gelap	M ₁ m ₁ M ₁ m ₁ merah sedang
	M ₁ m ₂	M ₁ M ₁ M ₂ m ₂ merah gelap	M ₁ M ₁ m ₂ m ₂ merah sedang	M ₁ m ₁ M ₂ m ₂ merah sedang	M ₁ m ₁ m ₂ m ₂ merah hampir putih
	m ₁ M ₂	M ₁ m ₁ M ₂ M ₂ merah gelap	M ₁ m ₁ M ₂ m ₂ merah sedang	m ₁ m ₁ M ₂ M ₂ merah sedang	m ₁ m ₁ M ₂ m ₂ merah hampir putih
m ₁ m ₂	M ₁ m ₁ M ₂ m ₂ merah sedang	M ₁ m ₁ m ₂ m ₂ merah hampir putih	m ₁ m ₁ M ₂ m ₂ merah hampir putih	m ₁ m ₁ m ₂ m ₂ putih	

Perbandingan fenotip pada F2 = merah : putih = 15 : 1

LEMBAR KEGIATAN PESERTA DIDIK 2
KD.10.4

Persilangan yang dilakukan oleh Mendel merupakan persilangan dengan gen-gen yang mengendalikan sifat tersebut berada pada kromosom yang berbeda. Persilangan dihibrid yang dilakukan oleh Mendel tidak selalu menghasilkan rasio (perbandingan) fenotip seperti hukumnya. Penyimpangan tersebut dikenal dengan **penyimpangan hukum Mendel**.

A. Tujuan:

Menjelaskan macam-macam penyimpangan pada hukum Mendel.

B. Alat dan Bahan:

1. Alat tulis (spidol, kertas manila, plastik transparan)
2. Jurnal belajar Biologi
3. Buku paket Biologi yang relevan
4. Kertas manila

C. Cara Kerja:

1. Duduklah dalam kelompok ahli yang telah ditetapkan oleh guru
2. Buatlah rangkuman tentang penyimpangan hukum Mendel (Interaksi beberapa pasangan alel)
3. Diskusikan dengan kelompok ahli Anda hasil rangkuman yang telah dibuat
4. Presentasi hasil rangkuman kelompok Anda dalam bentuk poster.

LEMBAR KEGIATAN PESERTA DIDIK 3
KD10.4

Persilangan yang dilakukan oleh Mendel merupakan persilangan dengan gen-gen yang mengendalikan sifat tersebut berada pada kromosom yang berbeda. Persilangan dihibrid yang dilakukan oleh Mendel tidak selalu menghasilkan rasio (perbandingan) fenotip seperti hukumnya. Penyimpangan tersebut dikenal dengan **penyimpangan hukum Mendel**.

A. Tujuan

Menjelaskan macam-macam penyimpangan pada hukum Mendel.

B. Alat dan Bahan

1. Alat tulis (spidol, kertas manila, plastik transparan)
2. Jurnal belajar Biologi
3. Buku paket Biologi yang relevan
4. Kertas manila.

C. Cara Kerja

1. Duduklah dalam kelompok ahli yang telah ditetapkan oleh guru.
2. Buatlah rangkuman tentang penyimpangan huku Mendel (Polimeri)
3. Diskusikan dengan kelompok ahli Anda hasil rangkuman yang telah dibuat
4. Presentasi hasil rangkuman kelompok Anda dalam bentuk poster.

**LEMBAR KEGIATAN PESERTA DIDIK 4
KD.10.4**

Persilangan yang dilakukan oleh Mendel merupakan persilangan dengan gen-gen yang mengendalikan sifat tersebut berada pada kromosom yang berbeda. Persilangan dihibrid yang dilakukan oleh Mendel tidak selalu menghasilkan rasio (perbandingan) fenotip seperti hukumnya. Penyimpangan tersebut dikenal dengan **penyimpangan hukum Mendel**.

v. Tujuan:

Menjelaskan macam-macam penyimpangan pada hukum Mendel.

vi. Alat dan Bahan:

1. Alat tulis (spidol, kertas manila, plastik transparan)
2. Jurnal belajar Biologi
3. Buku paket Biologi yang relevan
4. Kertas manila

C. Cara Kerja:

1. Duduklah dalam kelompok ahli yang telah ditetapkan oleh guru
2. Buatlah rangkuman tentang penyimpangan hukum Mendel (Kriptomeri)
3. Diskusikan dengan kelompok ahli Anda hasil rangkuman yang telah dibuat
4. Presentasi hasil rangkuman kelompok Anda dalam bentuk poster.

**LEMBAR KEGIATAN PESERTA DIDIK 5
KD10.4**

Persilangan yang dilakukan oleh Mendel merupakan persilangan dengan gen-gen yang mengendalikan sifat tersebut berada pada kromosom yang berbeda. Persilangan dihibrid yang dilakukan oleh Mendel tidak selalu menghasilkan rasio (perbandingan) fenotip seperti hukumnya. Penyimpangan tersebut dikenal dengan **penyimpangan hukum Mendel**.

D. Tujuan

Menjelaskan macam-macam penyimpangan pada hukum Mendel.

E. Alat dan Bahan

1. Alat tulis (spidol, kertas manila, plastik transparan)
2. Jurnal belajar Biologi
3. Buku paket Biologi yang relevan
4. Kertas manila.

F. Cara Kerja

1. Duduklah dalam kelompok ahli yang telah ditetapkan oleh guru.
2. Buatlah rangkuman tentang penyimpangan huku Mendel (Hipostasis dan Epistasis)
3. Diskusikan dengan kelompok ahli Anda hasil rangkuman yang telah dibuat
4. Presentasi hasil rangkuman kelompok Anda dalam bentuk poster.

Rubrik Penilaian LKPD 2, 3, 4, dan 5

Pembuatan Poster ‘Penyimpangan Pada Hukum Mendel’

No.	Elemen Yang Dinilai	Skor Maksimal	Penilaian	
			Peserta Didik	Pendidik
1	Pada saat melihat poster, tema utamanya jelas	10		
2	Ketepatan dan kecermatan pada ide pokok / gagasan menunjang tema	10		
3	Ketepatan dan perincian gambar harus mendukung ide pokok	5		
4	Poster merupakan suatu kesatuan (tidak boleh ada informasi yang terputus-putus)	10		
5	Informasi tentang poster harus akurat / cermat dan siswa memahami konsep ilmiah yang disajikan	10		
6	Jarak / ruang, bentuk, tekstur, dan warna berdasarkan informasi dan menambah keefektifan / kelebihan poster	10		
7	Gambar, foto, diagram, grafik, dan lainnya menambah keefektifan poster	10		
8	Format poster yang tepat menunjukkan ada tidaknya orang yang membaca	10		
9	Penyelesaian poster bertujuan untuk menarik pembaca	5		
10	Poster sangat rapi dan presentatif	10		
11	Poster kreatif dan menarik	10		
Total skor		100		

$$\text{Nilai} = \frac{(\text{skor peserta didik} + \text{skor guru})}{2} \times 100$$

Total skor maksimal

Nilai:
.....

Penilaian Proses Belajar Peserta Didik KD 3.4 Diskusi Kelas

No.	Elemen Yang Dinilai	Skor Maksimal	Penilaian	
			Peserta Didik	Pendidik
1	Seluruh perhatian diarahkan pada materi diskusi	20		
2	Mengikuti kegiatan diskusi secara aktif	20		
3	Pertanyaan yang diajukan telah dipikirkan secara seksama dan ada kaitannya dengan materi diskusi	20		
4	Menjawab pertanyaan sesuai dengan maksud dan tujuan pertanyaan	20		
5	Menghargai saran dan pendapat sesama teman peserta diskusi	20		
Total skor		100		

Sumber: adaptasi Hibbart K.M. (1995: 73)

$$\text{Nilai} = \frac{(\text{skor peserta didik} + \text{skor guru}) / 2}{\text{Total skor maksimal}} \times 100$$

Nilai:
.....

Presentasi Lisan

No.	Elemen Yang Dinilai	Skor Maksimal	Penilaian	
			Peserta Didik	Pendidik
1	Menggunakan konsep sains secara tepat	10		
2	Penjelasan pendukung cukup rinci untuk menjelaskan konsep	20		
3	Penyajian terdiri dari permulaan yang jelas, isi yang terorganisir dan penutup yang jelas	20		
4	Kualitas suara seperti tingkat volume, artikulasi dan antusiasme cukup baik	10		
5	Bahas tubuh seperti kontak mata, postur dan gerak tubuh digunakan secara efektif	10		
6	Humor positif digunakan secara tepat	10		
7	Memberi audien waktu untuk berpikir	10		
8	Memberi respon yang baik pada pertanyaan			
Total skor		100		

Sumber: adaptasi Hibbart K.M. (1995: 73)

$$\text{Nilai} = \frac{(\text{skor peserta didik} + \text{skor guru}) / 2}{\text{Total skor maksimal}} \times 100$$

Nilai:
.....

PENYIMPANGAN HUKUM MENDEL

Macam-macam peristiwa yang menunjukkan adanya hubungan antara hukum Mendel dengan pewarisan kromosom adalah sebagai berikut:

1. Tautan

Adalah dua gen atau lebih yang terletak pada suatu kromosom yang sama dan cenderung memisah secara bersama-sama. Peristiwa tersebut terjadi karena gen-gen yang mengendalikan satu sifat atau lebih berada pada kromosom yang sama dan tidak dapat memisahkan diri secara bebas.

Perhatikan bagan persilangan berikut:

P	BBVV (bulat)	><	bbvv (kisut)
F1	BbVv (kelabu panjang) F1 dites cross dengan ♀ resesif		
	BbVv	><	BbVv
G	BVbv		bv

	♀	BV	Bv
♂	bv	BbVv	Bbv

Rasio fenotip kelabu panjang : hitam pendek = 1 : 1

2. Pindah silang

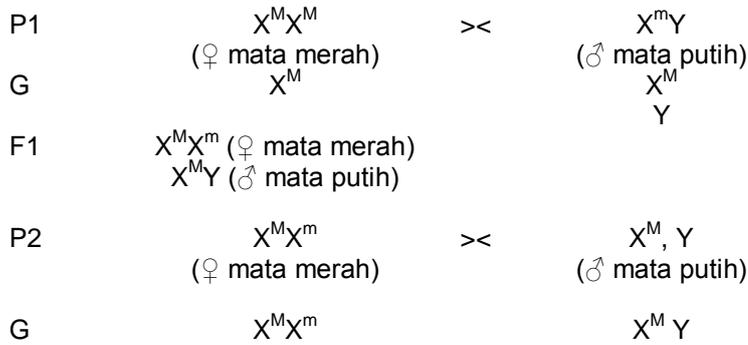
Adalah proses pertukaran segmen antara dua kromosom homolog yang berlangsung saat kromosom homolog berpasangan pada profase I

3. Gagal Berpisah

Adalah kegagalan pemisahan sepasang kromosom homolog selama proses anafase meiosis I atau kegagalan pemisahan kromatid-kromatid selama proses anafase meiosis II. Gagal berpisah dapat terjadi pada kromosom seks ataupun autosom.

4. Determinasi seks dan pautan seks

Pautan seks (*sex linkage*) adalah gen yang terletak pada kromosom seks. Dengan demikian karakter yang ditimbulkan oleh gen ini muncul bersama-sama dengan jenis kelamin. Gen berpautan seks yang pertama kali ditemukan adalah gen mutan resesif yang menyebabkan warna mata putih pada *Drosophila*.



F2

	♀	X^M	X^m
♂	X^M	$X^M X^m$	$X^M X^m$
	Y	$X^M Y$	$X^m Y$

Selain pada lalat buah, pautan seks juga dapat terjadi pada manusia. Macam-macam pautan seks pada manusia adalah:

1. Buta warna
 - a. Buta warna sebagian (buta warna parsial)
 - b. Buta warna total
2. Hemofili
3. Anodontia (ompong)
4. Anenamel (tak beremail)
5. Duchenne muscular dystrophy

**LEMBAR KEGIATAN PESERTA DIDIK 6
KD10.4**

Hasil penelitian para ilmuwan menunjukkan bahwa ada hubungan antara hukum Mendel dengan pewarisan kromosom. Penelitian *Thomas Hunt Morgan* menunjukkan adanya hubungan antara gen dan kromosom seks lalat buah *Drosophila melanogaster*.

A. Tujuan

- Melalui pembelajaran ini peserta didik dapat
- Menjelaskan hubungan antara hukum Mendel, gen dan kromosom.

B. Alat dan Bahan

1. Alat tulis
2. Buku Biologi kelas XII yang relevan

C. Cara Kerja

1. Bacalah materi tentang hubungan antara hukum Mendel, gen dan kromosom
2. Buatlah rangkuman tentang 'Gagal berpisah, determinasi seks dan tautan seks
3. Ceritakan hasil rangkuman Anda kepada teman sebangku (pasangan) Anda, sementara pasangan Anda sebagai pendengar mencatat hasil rangkuman Anda.

MUTASI

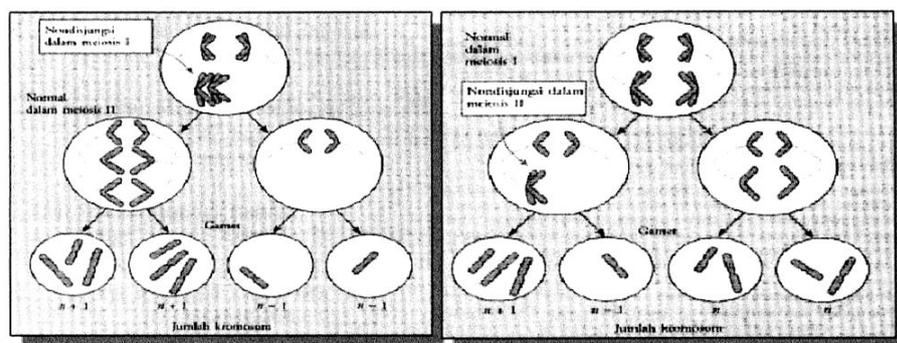
Mutasi adalah suatu perubahan yang terjadi pada bahan genetika sehingga ekspresinya (fenotip) berubah. Mutasi dapat terjadi pada pasangan basa, satu ruas ADN, atau bahkan pada kromosom. Perubahan ADN dapat menyebabkan perubahan kodon-kodon ARNd dan akhirnya menyebabkan perubahan jenis asam nukleat yang disintesisnya.

Macam-macam mutasi

1. Berdasarkan jenis sel yang mengalami mutasi, dibedakan menjadi:
 - a. Mutasi somatis adalah mutasi yang terjadi pada sel-sel somatis. Mutasi ini hanya diwariskan / diturunkan pada sel-sel somatis. Misalnya mutasi pada sel-sel kulit yang menyebabkan kanker kulit
 - b. Mutasi germinal adalah mutasi yang terjadi pada sel-sel gamet (sperma atau ovum). Mutasi ini diwariskan pada generasi berikutnya. Misalnya berbagai macam cacat dan penyakit menurun yang terpaut kromosom X atau kromosom Y.
2. Berdasarkan jumlah / banyak sedikitnya materi genetik yang mengalami mutasi dibedakan menjadi:
 - a. Mutasi gen adalah mutasi yang terjadi akibat perubahan pada satu pasang basa ADN suatu gen
 - b. Mutasi kromosom (aberasi) mutasi yang menyebabkan terjadinya perubahan pada jumlah dan struktur kromosom.

Macam-macam mutasi kromosom:

 - a) Aneuploidi adalah penambahan atau pengurangan satu atau beberapa kromosom pada genom (ploidi sehingga kandungan kromosom di dalam nukleus bukan merupakan kelipatan haploidnya.
 - b) Euploidi adalah perubahan kromosom pada tingkat ploidi atau genom.



3. Berdasarkan faktor penyebabnya dibedakan menjadi:
 - a. Mutasi alam, jika penyebabnya adalah mutagen-mutagen alam
 - b. Mutasi buatan (mutasi induksi), jika penyebabnya adalah mutagen buatan.

Macam-macam mutagen

Mutagen adalah bahan yang dapat menyebabkan terjadinya mutasi.

- A. Mutagen dibagi dalam 3 golongan, yaitu mutagen kimia, fisik dan biologi.
 1. Mutagen kimia dapat masuk ke dalam replikasi ADN sehingga mengubah struktur basa ADN
 2. Mutagen fisik berupa bahan fisik misalnya sinar ultraviolet, sinar X, sinar gamma
 3. Mutagen biologi berupa virus dan bakteri. Hal ini dapat me-nyebabkan kerusakan pada kromosom.
- B. Mutagen dapat dibedakan antara mutagen alami dan mutagen buatan.
 1. Mutagen alami, misalnya:
 - a. Sinar kosmis
 - b. Batuan radioaktif alam (uranium, thorium, radium) masuk bersama makanan dan minuman menyebabkan ionisasi internal
 - c. Sinar ultraviolet matahari karena daya tembusnya hanya beberapa mm ke dalam kulit sehingga menyebabkan mutasii pada sel-sel kulit
 - d. Temperatur yang terlalu tinggi
 - e. Kekeliruan metabolisme terjadi pada saat replikasi gen
 - f. Virus, asam nukleatnya merusak DNA sel inang.
 2. Mutagen buatan, misalnya:
 - a. Sinar-sinar radioaktif buatan (sinar α , β , γ), yang menye-babkan gen / kromosom labil sehingga patah dan terjadi delesi, duplikasi, translokasi dan inversi
 - b. Penggunaan senjata nuklir
 - c. Zat-zat alkilase (gas mustard, etil metil sulfat, etil metan sulfat). Zat-zat ini dapat memindahkan gugus alkil (CH_4 , CH_3 , CH_2) pada suatu basa sehingga mengubah kekhu-susan basa. Hal ini menyebabkan terjadinya transisi
 - d. Zat-zat yang sifatnya sama dengan basa nitrogen dapat menggantikan basa normal pada saat replikai. Misalnya: 5 Brom Urasil (BU) yang analog dengan timin dan sitosin. Hal ini dapat menyebabkan transisi.
 - a. HNO_2 , zat ini bereaksi dengan adenin, membentuk hypoxantin. Zat baru ini menggeser kedudukan adenin asli dan berpasangan dengan sitosin, bukan dengan timin.
 - b. NH_2OH (hydroxylamine) dapat berpasangan dengan timin atau guanin dapat mengacaukan replikasi.
 - c. Senyawa-senyawa kimia yang menyebabkan poliploid. Misalnya: kolkisin, chlor hidrat, etil merkuri chlorida.
 - d. Pestisida, kafein, zat ini menyebabkan terjadinya aberasi.

