



**SMA MUHAMMADIYAH 1 YOGYAKARTA**  
Sekolah Kader Muhammadiyah dan Pemimpin Bangsa

plasmid

# Modul Pembelajaran **BIOLOGI**

Disusun oleh :  
**Ema Ambarwati, M.Pd.**

Untuk Kalangan Sendiri

**KELAS**  
**XII**  
**Semester 1**



# **MODUL PEMBELAJARAN**

## **BIOLOGI XII**

### **Semester Gasal**

**SMA MUHAMMADIYAH 1 YOGYAKARTA**



**Nama Guru : Ema Ambarwati, M.Pd.**  
**NBM : 1.007.657**  
**Mata Pelajaran : Biologi**  
**Kelas/ Semester : XII/ 1**

## KATA PENGANTAR KEPALA SEKOLAH SMA MUHAMMADIYAH 1 YOGYAKARTA

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Alhamdulillah, Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan berbagai nikmat karunia kepada kita semua, sholawat dan salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat dan para pengikutnya sampai akhir zaman.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 22 Tahun 2016 tentang Standar Proses Pendidikan Dasar dan Menengah disebutkan guru dalam menyusun perencanaan pembelajaran meliputi penyusunan rencana pelaksanaan pembelajaran dan penyiapan media dan sumber belajar, perangkat penilaian pembelajaran, dan skenario pembelajaran.

Salah satu bentuk sumber belajar dan bahan ajar adalah buku, modul, ensiklopedia, dan bentuk cetakan lainnya. Modul sebagai salah satu bahan ajar berbentuk cetak maupun *softfile* sangat baik digunakan dalam pembelajaran terutama saat pembelajaran *online*. Sehubungan dengan hal tersebut, maka penyusunan modul yang dilakukan oleh guru SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta bertujuan agar peserta didik dapat belajar secara mandiri. Dengan pembelajaran *online* karena kondisi pandemi covid 19 ini, keberadaan modul diharapkan dapat membantu siswa belajar.

Modul yang disusun berdasarkan Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta pada kondisi khusus (darurat pandemi covid 19). Selain membantu peserta didik dapat belajar secara mandiri dan disusun memuat materi pembelajaran yang jelas dan terperinci, peserta didik juga dapat melakukan evaluasi pembelajaran sehingga dapat mengetahui sejauh mana kemampuan penguasaan materi dari pembelajaran yang sudah mereka lakukan sendiri serta dapat digunakan sebagai salah satu rujukan atau referensi untuk materi pelajaran tertentu dan yang berkaitan.

Kepada Bapak/Ibu guru SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta yang sudah menyelesaikan penyusunan modul ini kami ucapkan selamat dan terimakasih, semoga modul ini dapat digunakan oleh peserta didik sebagai sumber belajar dan bahan ajar sehingga peserta didik SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta dapat belajar secara mandiri untuk mengembangkan potensi akademiknya. Semoga Allah SWT meridhloi kita semua. Aamiin.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Kepala Sekolah,



Drs. H. Heryngroho, M.Pd.  
NIP. 19650211990031005

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan nikmat kesehatan dan kesempatan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan *Modul Pembelajaran BIOLOGI XII Semester Gasal*. Rasa terima kasih yang mendalam juga penulis sampaikan kepada dosen pembimbing dan validator yang telah meluangkan waktunya untuk membantu dalam proses penyusunan modul ini. Dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan rasa syukur yang mendalam karena atas bantuan dari para pembimbing dan para teknisi yang telah memberikan ilmu baru dalam kehidupan penulis.

Ucapan terima kasih tak lupa pula penulis tujukan kepada semua pihak yang telah memberikan suport dan dukungan serta limpahan doa kepada penulis dalam penyusunan *Modul Pembelajaran BIOLOGI XII Semester Gasal*, tidak sedikit hambatan yang penulis hadapi. Namun penulis menyadari bahwa kelancaran dalam penyusunan materi dalam modul ini tidak lain berkat bantuan, dorongan, dan bimbingan dari berbagai pihak, sehingga kendala-kendala yang penulis hadapi teratasi.

Penulis sadar dalam pembuatan *Modul Pembelajaran BIOLOGI XII Semester Gasal* masih belum sempurna, dikarenakan terbatasnya kemampuan yang dimiliki. Kami mohon maaf apabila usaha kami tersebut masih banyak kekurangan. Akhir kata penulis berharap semoga *Modul Pembelajaran BIOLOGI XII Semester Gasal* dapat menambah pengetahuan serta bermanfaat bagi semua pihak.

Yogyakarta, 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR KEPALA SEKOLAH .....	iii
KATA PENGANTAR .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DAFTAR ISI .....	iv
MODUL 1 PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN MAKHLUK HIDUP .....	1
I.    PENDAHULUAN .....	1
II.   PEMBELAJARAN .....	3
Kegiatan Belajar .....	3
URAIAN MATERI PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN .....	5
Latihan Soal .....	16
Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) .....	17
EVALUASI (TES FORMATIF) .....	19
III.  PENUTUP .....	25
GLOSARIUM .....	25
MODUL 2 METABOLISME SEL .....	30
I.    PENDAHULUAN .....	30
II.   PEMBELAJARAN .....	31
Kegiatan Belajar 1 .....	31
LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD) .....	35
Kegiatan Belajar 2 .....	37
LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD) .....	44
Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) .....	49
Kegiatan Belajar 3 .....	56
LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD) .....	60
Latihan Soal (Anabolisme) .....	65
LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD) .....	69
RINGKASAN .....	76
EVALUASI (TES FORMATIF) .....	77

PENUTUP .....	82
GLOSARIUM.....	83
KUNCI JAWABAN .....	84
<b>MODUL 3 SUBSTANSI GENETIKA .....</b>	<b>89</b>
I.    PENDAHULUAN .....	89
II.   PEMBELAJARAN.....	91
Kegiatan Belajar.....	91
Uraian Materi .....	91
LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD) .....	102
EVALUASI (TES FORMATIF) .....	105
III.  PENUTUP .....	110
GLOSARIUM.....	110
I.    PENDAHULUAN .....	115
II.   PEMBELAJARAN.....	116
Uraian Materi .....	117
LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK.....	124
Kegiatan Belajar 2.....	128
Uraian Materi .....	128
LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD) .....	134
RINGKASAN .....	137
EVALUASI (TES FORMATIF) .....	138
III.  PENUTUP .....	144
GLOSARIUM.....	144
<b>MODUL 5 POLA PEWARISAN SIFAT PADA HUKUM MENDEL .....</b>	<b>148</b>
I.    PENDAHULUAN .....	148
II.   PEMBELAJARAN.....	150
Kegiatan Belajar 1.....	150
LATIHAN SOAL .....	161
Kegiatan Belajar 2.....	162

Uraian Materi .....	162
RINGKASAN .....	175
EVALUASI (TES FORMATIF) .....	176
III. PENUTUP .....	181
GLOSARIUM.....	181
DAFTAR PUSTAKA.....	183



# MODUL 1.

## PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN MAKHLUK HIDUP

### I. PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang

Biologi dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari oleh siapapun yang mempelajarinya. Jika dipelajari oleh siswa maka Biologi akan membekali siswa agar memiliki kemampuan berpikir kritis, logis, sistematis, analisis, dan kreatif. Namun terkadang ada siswa berpandangan bahwa Biologi itu rumit dan sulit karena banyak hafalan.

Oleh karena itu, penulis mengembangkan modul pembelajaran Biologi dengan harapan bisa menjadi sarana mempermudah siswa dalam mengatasi permasalahan pembelajaran secara mandiri. Selain itu bisa sebagai acuan yang digunakan oleh siswa terutama dalam situasi pembelajaran stay at home.

Pada modul ini akan membahas tentang Pertumbuhan Dan Perkembangan Makhluk Hidup. Tumbuh dan berkembang merupakan salah satu ciri dari makhluk hidup. Setiap yang bernyawa akan mengalami hal itu. Makhluk hidup akan tumbuh dewasa bila pertumbuhan dan perkembangannya dapat berjalan dengan selaras dan seimbang baik secara fisik maupun mentalnya

#### B. Tujuan Modul

Setelah mempelajari modul ini, diharapkan peserta didik dapat:

1. Menjelaskan perbedaan pengertian pertumbuhan dengan perkembangan pada makhluk hidup, menganalisis status pertumbuhan dengan menggunakan kartu menuju sehat (KMS) untuk mendapatkan konsep pertumbuhan dan perkembangan,
2. Menunjukkan bagian-bagian struktur biji, membandingkan struktur biji monokotil dengan dikotil,
3. Menyebutkan tiga tahapan proses pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan, menjelaskan proses fisiologi perkecambahan, membedakan pertumbuhan primer dengan pertumbuhan sekunder,
4. Membedakan zona-zona pada titik tumbuh akar dan titik tumbuh batang, mendeskripsikan faktor-faktor internal yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan,
5. Menjelaskan fungsi beberapa jenis fitohormon,
6. Mendeskripsikan faktor-faktor eksternal yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan.
7. Membangun kesadaran akan kebesaran Tuhan YME, menumbuhkan perilaku disiplin, mandiri, teliti, kreatif, kerjasama dan peduli lingkungan



### C. Deskripsi Modul

Coba perhatikan foto keluargamu. Pernahkah kalian memikirkan, kenapa foto orang tuamu saat belasan tahun lalu, atau foto saudara ataupun foto dirimu saat masih anak-anak mengalami perubahan bentuk atau ukuran dibandingkan dengan dirimu dan keluargamu saat ini? Pada waktu lahir, bayi hanya berukuran sekitar 30-an sentimeter dan memiliki berat hanya beberapakilogram saja. Setelah beberapa tahun akan tumbuh menjadi anak kecil yang tinggi badan dan beratnya bertambah.

Begitu pula dengan tanaman yang ada di sekitar kita. Pada awal menanam, tingginya hanya beberapa sentimeter saja, setelah beberapa tahun, memiliki panjang yang bertambah dan berdaun lebih lebat. Dari kedua contoh tersebut, kita dapat menyimpulkan bahwa baik manusia maupun tumbuhan akan mengalami perubahan baik secara struktur maupun kedewasaan.

### D. Petunjuk Penggunaan Modul

Siswa diharapkan dapat menguasai dan memahami materi dalam modul ini, serta mengaplikasikannya dalam kehidupan sehari-hari. Oleh karenanya maka bacalah dengan cermat dan ikuti petunjuk berikut dengan baik, dan dengan cara yang berurutan, yaitu :

- 1). Bacalah doa terlebih dahulu, agar diberikan kemudahan dalam mempelajari materi ini.
- 2). Bacalah materi ini dengan seksama, sehingga isi materi ini dapat dipahami dengan baik.
- 3). Buatlah catatan kecil mengenai istilah atau rumus yang belum dipahami, untuk ditanyakan kepada guru mata pelajaran.
- 4). Kerjakan lembar kegiatan siswa dan soal-soal yang sudah disediakan dengan sungguh-sungguh, tanpa melihat kunci jawaban.
- 5). Cocokkan hasil pekerjaan kamu dengan kunci jawaban yang sudah disediakan.
- 6). Jika kamu belum menguasai 75% dari setiap kegiatan, maka kamu dapat mengulangi untuk mempelajari materi yang tersedia dalam modul ini.
- 7). Apabila kamu masih mengalami kesulitan memahami materi yang ada dalam modul ini, silahkan diskusikan dengan teman atau guru.

## II. PEMBELAJARAN

### Kegiatan Belajar

#### Bacaan 1

#### BUDIDAYA TANAMAN KELENGKENG

Kelengkeng menjadi salah satu komoditas buah-buahan subtropis yang banyak diminati oleh masyarakat. Harga jualnya yang tergolong mahal membuat tanaman kelengkeng sangat menarik untuk dibudidayakan. Nah, meskipun Indonesia beriklim tropis, tanaman kelengkeng tetap bisa tumbuh dan berbuah dengan baik di Indonesia. Dulu tanaman kelengkeng hanya bisa berbuah di dataran tinggi. Banyak juga yang beranggapan bahwa perlu menanam dua atau tiga pohon kelengkeng yang berdekatan supaya bisa berbuah. Padahal sebenarnya penyebab tidak bisa berbuahnya pohon kelengkeng adalah karena kondisi suhu lahan budidaya yang terlalu panas. Di mana agar supaya tanaman kelengkeng bisa berbunga, ia membutuhkan kondisi suhu udara dingin dan kering selama dua sampai tiga bulan berturut-turut.

Kelengkeng menghendaki tanah yang gembur, dengan lapisan tanah yang tebal dan dapat mengikat air dengan baik. Jenis tanah yang dapat yang sesuai untuk pertumbuhan Kelengkeng antara lain jenis andosol, vertisol, latosol, atau tanah laterit. Tanaman Kelengkeng menghendaki pH sekitar 5,5-6,5. Curah hujan yang dikehendaki 2500-3000 mm per tahun dengan penyebaran merata sepanjang tahun. Selain itu tanaman ini membutuhkan sinar matahari penuh. Suhu optimum untuk pertumbuhan Kelengkeng berkisar 20-33°C dengan kelembaban udara relatif 65-90%.

Sumber : <http://balitjestro.litbang.pertanian.go.id/budidaya-tanaman-lengkeng/>

#### Diskusi (Pre test).

#### Berdasarkan wacana di atas, menurut pendapatmu

1. Apakah yang dimaksud tumbuh dan berkembang?
2. Buah termasuk dalam fase pertumbuhan atau perkembangan?
3. Apa saja faktor faktor yang mempengaruhi pertumbuhan atau perkembangan pada tanaman ?

#### Bacaan 2

#### FASE PERTUMBUHAN IKAN

Indonesia merupakan Negara maritim yaitu Negara yang  $\frac{3}{4}$  bagiannya merupakan daerah Laut. Selain perairan laut, ada juga perairan yang juga terdapat di Negara Indonesia yaitu sungai, danau, dan waduk. Dapat kita bayangkan bahwa dari banyaknya perairan yang ada di Negara Indonesia akan memiliki sumber daya perairan yang beranekaragam sehingga dapat diolah baik dari jenis ikan-ikanan maupun dari hewan-hewan air lainnya.

Dalam proses pertumbuhan pada ikan mulai dari sebuah telur hingga dewasa dalam hal demikian telah banyak dibahas. Berbagai terminasi dimunculkan untuk membagi fase-fase dalam perubahan siklus ikan. Dari beberapa publikasi terdapat berbagai kategori dan istilah yang berbeda dari beberapa peneliti.

Serupa pengamatan dilakukan tiga puluh tahun yang kemudian yang ditemukan dalam literatur tentang enam puluh istilah yang berbeda menggambarkan periode dan fase-fase pembangunan antara penetasan ikan dan seksual kedewasaan. Embrio awal perkembangan dimulai saat pembuahan "fertilisasi" sebuah sel telur oleh sel sperma yang membentuk zygote "zygot", gametogenesis merupakan fase akhir perkembangan individu dan persiapan untuk generasi berikutnya.

Dalam proses perkembangan yang berlangsung dari gemetogenesis sampai dengan membentuk zygot disebut dengan progenesis. Yang dalam proses selanjutnya disebut dengan embriogenesis “blastogene” yang mencakup pembelahan sel zygot “cleavage”, blastulasi, gastrulasi dan neurulasi. Yang proses selanjutnya ialah organogenesis, yakni pembentukan alat-alat “organ” tubuh. Embriologi mencakup proses perkembangan setelah fertilisasi sampai dengan organogenesis sebelum menetas atau lahir.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya penetasan yakni keberadaan oksigen, temperature dan cahaya. Dalam beberapa percobaan menunjukkan bahwa akibat kekurangan oksigen mampu menstimulasi aktivitas pernapasan dari embrio dan nampaknya ada keterkaitan antara aktivitas pernapasan embrio dan penetasan. Temperature juga merupakan faktor lingkungan yang penting dalam proses penetasan.

Dalam peningkatan temperature juga dapat menstimulasi sekresi enzim penetasan. Sekali enzim diekskresi maka pencernaan karion menjadi lebih cepat pada temperatur yang tinggi dibandingkan dengan temperatur rendah, menyebabkan penetasan lebih cepat. Untuk faktor lingkungan lain yang di duga mempengaruhi penetasan ialah cahaya. Pada faktor ini nampak bahwa sekresi enzim penetasan dikontrol oleh stimulasi fotoreseptor “mata dan atau kelenjar pineal”, mungkin melalui sistem saraf pusat.

Beberapa faktor lain yang mempengaruhi sekresi enzim penetasan pada ikan. Efinefrin dan MS-222 dengan konsentrasi rendah mampu mempercepat sekresi enzim penetasan pada embrio fundulus sedangkan tobocurarine, atropine dan MS-222 dengan konsentrasi tinggi mampu menghambat sekresi.

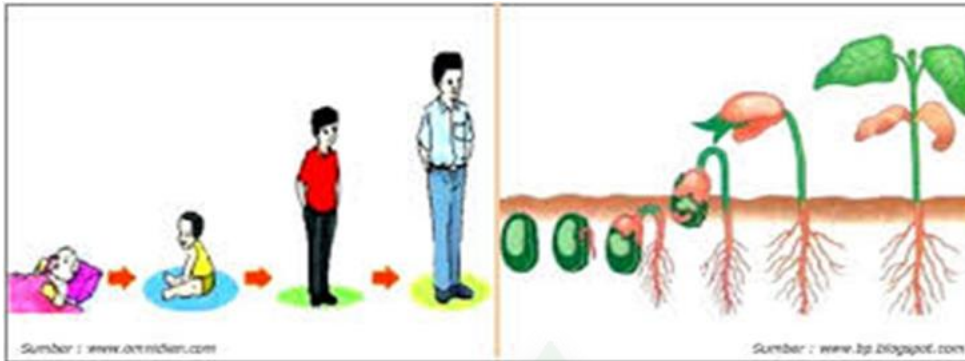
*Sumber : <http://dosenpendidikan.pertanian.go.id/fase-pertumbuhan-ikan-beserta-penjelasmnya/>*

## Diskusi .

### Berdasarkan wacana di atas, menurut pendapatmu

1. apakah yang dimaksud tumbuh dan berkembang?
2. Apa saja faktor faktor yang mempengaruhi pertumbuhan atau perkembangan pada ikan (hewan)?
3. Sebutkan tahap-tahap pertumbuhan atau perkembangan pada ikan (hewan)!

## URAIAN MATERI PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN



### PRINSIP DASAR PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN DARI PERPEKTIF ISLAM

Ketika menyatakan bahwa Allah adalah Maha Pencipta, Maha Penjaga dan Maha Pemelihara segala sesuatu, Alquran juga mengatakan bahwa Allah menciptakan manusia dari berbagai tahap progresif pertumbuhan dan perkembangan. Dengan kata lain, kehidupan manusia memiliki pola dalam tahapan-tahapan tertentu yang termasuk tahapan dari pembuahan sampai kematian. Tahapan yang terjadi dalam pertumbuhan dan perkembangannya bukan karena suatu kebetulan namun merupakan sesuatu yang telah dirancang, ditentukan dan ditetapkan langsung oleh Allah. Banyak ayat Alquran yang menyatakan hal ini. Salah satunya sebagai berikut:

*... dan Dia telah menciptakan segala sesuatu, dan Dia menetapkan segalanya dengan ukuran-ukuran dengan serapi-rapinya (QS. Al-Furqaan 25:2).*

pertumbuhan & perkembangan manusia tidak terjadi serta merta dalam satu waktu, namun melalui tahapan yang telah ditentukan ukurannya yang membuatnya berjalan dalam proses yang berangsur-angsur atau gradual. Ayat berikut ini dengan jelas menyatakan bahwa manusia diciptakan dan ditentukan untuk berkembang dalam tahapan.

*Padahal Dia sesungguhnya telah menciptakan kamu dalam beberapa tingkatan kejadian (QS. Nuh 71:14)*

Ayat-ayat di atas menunjukkan bahwa manusia tumbuh dan berkembang mengikuti tahapan tertentu. Tahapan ini secara khusus dinyatakan dalam berbagai ayat Alquran yang lain dengan cara yang lebih rinci. Masing-masing tahapan ini juga dapat dibagi atas berbagai bagian lagi dengan istilah dan periode yang berbeda-beda. Hal ini juga terlihat dalam petikan ayat berikut:

*Hai manusia, jika kamu dalam keraguan tentang kebangkitan, maka ketahuilah sesungguhnya Kami menciptakan kamu dari tanah (turab), kemudian dari tetesan (nutfah), kemudian segumpal darah (alaqah), kemudian dari struktur daging (mudgah) yang sempurna kejadiannya dan yang tidak sempurna agar kami jelaskan padamu, dan Kami*

*tetapan dalam rahim siapa yang Kami kehendaki sampai waktu yang ditentukan, kemudian kami keluarkan kamu sebagai bayi, kemudian berangsur-angsur kamu menjadi dewasa, dan diantara kamu yang diwafatkan dan adapula yang diperpanjang umurnya sampai pikun, supaya tidak diketahui lagi sesuatu yang dulunya diketahuinya.. (QS Al-Hajj 22:5)*

## **A. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan dan Perkembangan**

Setiap makhluk hidup mengalami proses pertumbuhan dan perkembangan. Misalnya yang terjadi pada diri kita, kalau diamati keadaan ketika bayi sangat berbeda dengan keadaan saat ini.

Pertumbuhan adalah proses penambahan ukuran yang tidak dapat kembali ke asal (irreversibel), yang meliputi penambahan volume dan penambahan massa. Selain disebabkan penambahan ukuran sel, pertumbuhan juga terjadi karena penambahan jumlah sel. Contohnya bayi yang baru lahir ukurannya + 45 cm dengan berat badan + 3 kg. Setelah mengalami pertumbuhan, tinggi badan dapat mencapai lebih dari 150 cm dan berat badan lebih dari 30 kg.

Perkembangan adalah proses menuju tercapainya kedewasaan. Pada tingkat seluler, perkembangan dapat berupa diferensiasi sel-sel yang baru membelah membentuk jaringan yang menyusun organ tertentu. Pada tumbuhan perkembangan ditandai dengan munculnya bunga atau buah. Sedangkan pada hewan dan manusia ditandai dengan kematangan organ reproduksi sehingga siap untuk menghasilkan keturunan. Perkembangan juga menyebabkan perkembangan psikis dari usia bayi, anak-anak, dan menjadi dewasa. Kalau kamu perhatikan, tinggi dan besar badanmu bisa jadi berbeda bila dibandingkan dengan teman-teman sekelasmu.

Padahal usia kalian hampir sama, dengan kata lain waktu tumbuh dan berkembangnya hampir sama. Mengapa bisa demikian? Hal ini disebabkan karena pertumbuhan dan perkembangan dipengaruhi oleh berbagai faktor. Karena ada perbedaan faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan, tinggi dan besar badan teman-teman sekelasmu bisa berbeda-beda.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan dapat dibedakan menjadi faktor dari dalam dan faktor dari luar tubuh.

### **1. Faktor Dalam (Internal)**

Faktor dalam yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan berasal dari dalam tubuh makhluk hidup sendiri. Yang termasuk kategori ini adalah faktor gen dan keadaan hormonal.

#### **a. Gen**

Gen adalah substansi/materi pembawa sifat yang diturunkan dari induk. Gen mempengaruhi ciri dan sifat makhluk hidup, misalnya bentuk tubuh, tinggi tubuh, warna kulit, warna bunga, warna bulu, rasa buah, dan sebagainya. Gen juga

menentukan kemampuan metabolisme makhluk hidup, sehingga mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangannya. Hewan, tumbuhan, dan manusia yang memiliki gen tumbuh yang baik akan tumbuh dan berkembang dengan cepat sesuai dengan periode pertumbuhan dan perkembangannya.

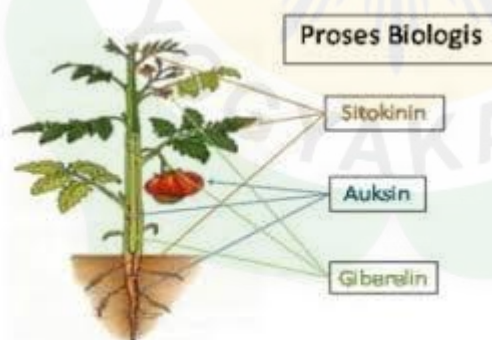
#### b. Hormon

Hormon merupakan zat yang berfungsi untuk mengendalikan berbagai fungsi di dalam tubuh. Meskipun kadarnya sedikit, hormon memberikan pengaruh yang nyata dalam pengaturan berbagai proses dalam tubuh. Hormon yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan pada makhluk hidup beragam jenisnya.

##### 1) Hormon pada tumbuhan

Hormon pada tumbuhan sering disebut fitohormon atau zat pengatur tubuh. Beberapa di antaranya adalah auksin, sitokinin, giberelin, etilen, dan asam absisat.

- a) Auksin, berfungsi untuk memacu perpanjangan sel, merangsang pembentukan bunga, buah, dan mengaktifkan kambium untuk membentuk sel-sel baru.
- b) Sitokinin, memacu pembelahan sel serta mempercepat pembentukan akar dan tunas.
- c) Giberelin, merangsang pembelahan dan pembesaran sel serta merangsang perkecambahan biji. Pada tumbuhan tertentu, giberelin dapat menyebabkan munculnya bunga lebih cepat.
- d) Etilen, berperan untuk menghambat pemanjangan batang, mempercepat penuaan buah, dan menyebabkan penuaan daun.
- e) Asam absisat berperan dalam proses perontokan daun.



##### 2) Hormon pada hewan

Beberapa hormon pertumbuhan pada hewan adalah sebagai berikut.

- a) Tiroksin, mengendalikan pertumbuhan hewan.
- b) Somatomedin, mempengaruhi pertumbuhan tulang.
- c) Ekdison dan juvenil, mempengaruhi perkembangan

##### 3) Hormon pada manusia

Hormon dihasilkan oleh kelenjar endokrin atau kelenjar buntu, yaitu suatu kelenjar yang tidak mempunyai saluran. Beberapa hormon pertumbuhan pada manusia antara lain sebagai berikut.

- a) Hormon tiroksin, dihasilkan oleh kelenjar gondok/ tiroid. Hormon ini memengaruhi pertumbuhan, perkembangan, dan metabolisme karbohidrat dalam tubuh.
- b) Hormon pertumbuhan (Growth hormon – GH). Hormon ini dihasilkan oleh hipofisis bagian depan. Hormon ini disebut juga hormon somatotropin (STH). Perannya adalah memengaruhi kecepatan pertumbuhan seseorang. Seorang anak tidak akan tumbuh dengan normal jika kekurangan hormon pertumbuhan. Pada masa pertumbuhan, kelebihan hormon ini akan mengakibatkan pertumbuhan raksasa (gigantisme), sebaliknya jika kekurangan akan menyebabkan kerdil (kretinisme). Jika kelebihan hormon terjadi setelah dewasa, akan menyebabkan membesarnya bagian tubuh tertentu, seperti pada hidung atau telinga. Kelainan ini disebut akromegali.
- c) Hormon testosteron, mengatur perkembangan organ reproduksi dan munculnya tanda-tanda kelamin sekunder pada pria.
- d) Hormon estrogen dan progesteron, mengatur perkembangan organ reproduksi dan munculnya tandatanda kelamin sekunder pada wanita.

## 2. Faktor Luar (Eksternal)

Faktor luar yang mempengaruhi proses pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup berasal dari faktor lingkungan. Beberapa faktor lingkungan yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup adalah sebagai berikut.

### a. Makanan atau Nutrisi

Makanan merupakan bahan baku dan sumber energi dalam proses metabolisme tubuh. Kualitas dan kuantitas makanan akan mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup. Karena sedang dalam masa pertumbuhan, kamu harus cukup makan makanan yang bergizi untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tubuhmu.

Zat gizi yang diperlukan manusia dan hewan adalah karbohidrat, protein, lemak, vitamin, dan mineral. Semua zat ini diperoleh dari makanan. Sedangkan bagi tumbuhan, nutrisi yang diperlukan berupa air dan zat hara yang terlarut dalam air. Melalui proses fotosintesis, air dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) diubah menjadi zat makanan dengan bantuan sinar matahari. Meskipun tidak berperan langsung dalam fotosintesis, zat hara diperlukan agar tumbuhan dapat tumbuh dan berkembang dengan baik..

### b. Suhu

Semua makhluk hidup membutuhkan suhu yang sesuai untuk menunjang pertumbuhan dan perkembangannya. Suhu ini disebut suhu optimum, misalnya suhu tubuh manusia yang normal adalah sekitar 37°C. Pada suhu optimum, semua makhluk hidup

dapat tumbuh dan berkembang dengan baik. Hewan dan manusia memiliki kemampuan untuk bertahan hidup dalam kisaran suhu lingkungan tertentu. Tumbuhan menunjukkan pengaruh yang lebih nyata terhadap suhu. Hal ini disebabkan karena semua proses dalam pertumbuhan dan perkembangan seperti penyerapan air, fotosintesis, penguapan, dan pernapasan pada tumbuhan dipengaruhi oleh suhu.

#### c. Cahaya

Cahaya berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup. Tumbuhan sangat membutuhkan cahaya matahari untuk fotosintesis. Namun keberadaan cahaya ternyata dapat menghambat pertumbuhan tumbuhan karena cahaya dapat merusak hormon auksin yang terdapat pada ujung batang. Bila kamu menyimpan kecambah di tempat gelap selama beberapa hari, kecambah itu akan tumbuh lebih cepat (lebih tinggi) dari seharusnya, namun tampak lemah dan pucat/kekuning-kuningan karena kekurangan klorofil. Selain tumbuhan, manusia juga membutuhkan cahaya matahari untuk membantu pembentukan vitamin D.

#### d. Air dan Kelembapan

Air dan kelembapan merupakan faktor penting untuk pertumbuhan dan perkembangan. Air merupakan tempat berlangsungnya reaksi-reaksi kimia di dalam tubuh. Tanpa air, reaksi kimia di dalam sel tidak dapat berlangsung, sehingga dapat mengakibatkan kematian.

Kelembapan adalah banyaknya kandungan uap air dalam udara atau tanah. Tanah yang lembab berpengaruh baik terhadap pertumbuhan tumbuhan. Kondisi yang lembab banyak air yang dapat diserap oleh tumbuhan dan lebih sedikit penguapan. Kondisi ini sangat mempengaruhi sekali terhadap pemanjangan sel. Kelembapan juga penting untuk mempertahankan stabilitas bentuk sel.

#### e. Tanah

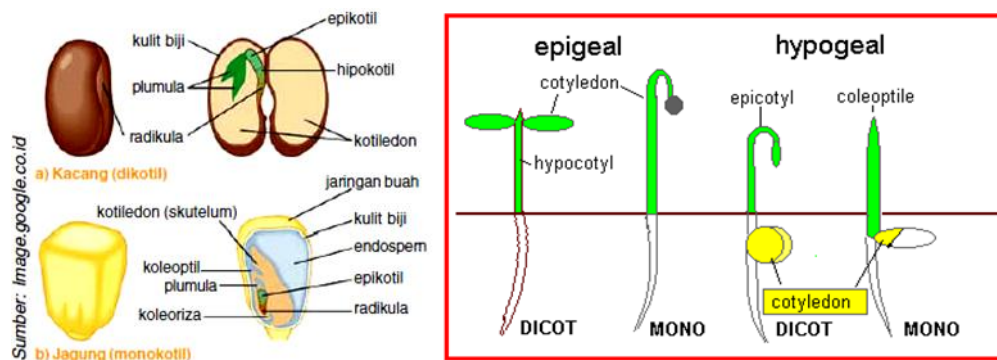
Bagi tumbuhan, tanah berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangannya. Tumbuhan akan tumbuh dan berkembang dengan optimal bila kondisi tanah tempat hidupnya sesuai dengan kebutuhan nutrisi dan unsur hara. Kondisi tanah ditentukan oleh faktor lingkungan lain, misalnya suhu, kandungan mineral, dan air.

## **B. Pertumbuhan dan Perkembangan pada Tumbuhan**

Pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan dimulai sejak perkecambahan biji. Kecambah kemudian berkembang menjadi tumbuhan kecil yang sempurna. Perkecambahan merupakan tahapan awal dalam pertumbuhan dan perkembangan khususnya untuk tumbuhan berbiji (spermatophyta), didefinisikan sebagai sebuah proses munculnya tumbuhan baru (kecambah/embrio) dari biji. Pada tahapan proses ini, calon tumbuhan baru yang sebelumnya mengalami dormansi akan mengalami pertumbuhan akibat perubahan-perubahan fisiologis yang selanjutnya akan berkembang menjadi



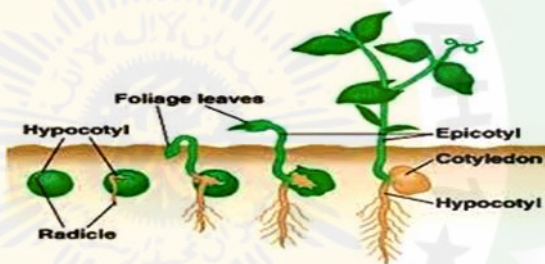
tumbuhan baru (kecambah). Proses ini diawali oleh penyerapan air oleh biji yang dapat merangsang proses pertumbuhan tumbuhan baru.



Berdasarkan posisi kotiledon dalam proses perkecambahan, proses ini terbagi menjadi 2 (dua) jenis, yaitu :

A. Perkecambahan Hipogeal

Disebut juga sebagai perkecambahan dalam tanah, dikarenakan proses keluarnya tumbuhan baru akibat pertumbuhan memanjang dari epikotil membuat plumula keluar menembus kulit biji, tetapi kotiledon relatif tetap berada di dalam tanah. Perkecambahan ini dapat terjadi pada jagung atau kapri (kacang polong).



Tipe perkecambahan hypogeal

B. Perkecambahan Epigeal

Berbeda dengan Hipogeal, Epigeal disebut sebagai perkecambahan di atas tanah. Disebut demikian karena kotiledon bergerak ke permukaan tanah akibat pemanjangan epikotil yang mendorong plumula dan kotiledon ke atas permukaan tanah. Perkecambahan ini terjadi pada kacang hijau dan jarak.



Tipe perkecambahan epigeal

Setelah tumbuh hingga mencapai ukuran dan usia tertentu, tumbuhan akan berkembang membentuk bunga dan buah atau biji sebagai alat perkembangbiakannya. Pertumbuhan pada tumbuhan terjadi di daerah meristematis (titik tumbuh), yaitu bagian yang mengandung jaringan meristem. Jaringan ini terletak di ujung batang, ujung akar, dan kambium. Aktivitas jaringan meristem yang terletak di ujung batang/akar menghasilkan pola pertumbuhan yang berbeda bila dibandingkan dengan jaringan meristem di kambium. Oleh karena itu pertumbuhan pada tumbuhan dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu pertumbuhan primer dan pertumbuhan sekunder.

### 1. Pertumbuhan Primer



Pertumbuhan primer adalah pertumbuhan yang terjadi akibat aktivitas jaringan meristem primer atau disebut juga meristem apikal. Titik tumbuh primer terbentuk sejak tumbuhan masih berupa embrio. Jaringan meristem ini terdapat di ujung batang dan ujung akar. Akibat pertumbuhan ini, akar dan batang tumbuhan bertambah panjang.

Pada titik tumbuh, pertumbuhan terjadi secara bertahap. Oleh karena itu daerah pertumbuhan dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu daerah pembelahan, daerah pemanjangan, dan daerah diferensiasi.

#### a. Daerah pembelahan

Daerah pembelahan terletak di bagian paling ujung. Di daerah ini sel-sel baru terus-menerus dihasilkan melalui proses pembelahan sel. Daerah inilah yang disebut daerah meristematis.

#### b. Daerah pemanjangan

Daerah pemanjangan terletak di belakang daerah pembelahan. Di daerah ini sel-sel hasil pembelahan akan tumbuh sehingga ukuran sel bertambah besar. Akibatnya di daerah inilah yang mengalami pemanjangan.

### c. Daerah diferensiasi

Daerah diferensiasi terletak di belakang daerah pemanjangan. Sel-sel yang telah tumbuh mengalami perubahan bentuk dan fungsi. Sebagian sel mengalami diferensiasi menjadi epidermis, korteks, xilem, dan floem. Sebagian lagi membentuk parenkim, kolenkim, dan sklerenkim.



Titik tumbuh pada akar

### 2. Pertumbuhan Sekunder

Pertumbuhan sekunder disebabkan oleh aktivitas jaringan meristem sekunder. Contoh jaringan meristem sekunder adalah jaringan kambium pada batang tumbuhan dikotil dan Gymnospermae. Sel-sel jaringan kambium senantiasa membelah. Pembelahan ke arah dalam membentuk xilem atau kayu sedangkan pembelahan ke luar membentuk floem atau kulit kayu. Akibat aktivitas jaringan meristem pada kambium, diameter batang dan akar bertambah besar. Tumbuhan monokotil tidak mempunyai kambium sehingga tidak mengalami pertumbuhan sekunder. Bila kamu perhatikan diameter batang palem, bambu, tebu, dan kelapa hampir selalu sama dari kecil hingga dewasa. Berbeda dengan tumbuhan dikotil seperti mangga, jati, jambu, asam, cemara, dan pinus.

Bila kamu menjumpainya, coba perhatikan dengan seksama! Aktivitas pertumbuhan kambium tidak selalu sama antara musim penghujan dengan musim kemarau. Di musim penghujan, air dan zat hara terlarut tersedia dengan melimpah sehingga pembelahan sel lebih giat. Sebaliknya di musim kemarau, ketersediaan air berkurang sehingga aktivitas pembelahan sel berkurang. Aktivitas pembelahan yang berbeda ini tampak sebagai cincin-cincin konsentris pada batang yang disebut lingkaran tahun. Perkembangan pada tumbuhan merupakan diferensiasi atau spesialisasi sel atau bagian-bagian tumbuhan untuk melakukan fungsi khusus (menjadi dewasa). Perkembangan pada tingkat sel misalnya sel-sel hasil

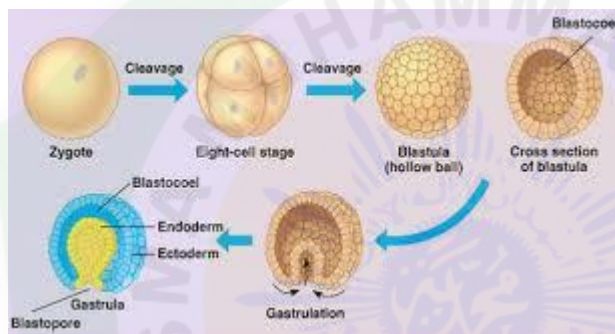
pembelahan jaringan meristem mengalami diferensiasi membentuk jaringan pengangkut.

Masa dewasa ditandai dengan kemampuan berkembang biak secara generatif. Jadi ketika suatu tumbuhan telah membentuk bunga berarti tumbuhan itu telah dewasa dan dapat bereproduksi secara generatif (menghasilkan biji). Biji merupakan calon individu yang dapat tumbuh dan berkembang jika menemukan kondisi lingkungan yang sesuai.

### C. Pertumbuhan dan Perkembangan pada Hewan

Pertumbuhan dan perkembangan pada hewan dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu fase embrionik dan fase pascaembrionik. Fase embrionik adalah pertumbuhan dan perkembangan yang dimulai dari zigot sampai terbentuknya embrio sebelum lahir atau menetas. Sedangkan fase pascaembrionik merupakan pertumbuhan dan perkembangan yang dimulai sejak lahir atau menetas hingga hewan itu dewasa.

#### 1. Fase Embrionik



Gambar Fase Embrionik

Zigot terbentuk dari hasil pertemuan ovum dengan sperma (terjadi pembuahan/fertilisasi). Kemudian zigot mengalami pertumbuhan dan perkembangan dalam beberapa tahap, yaitu pembelahan zigot, tahap morula, blastula, gastrula, dan organogenesis.

a. Pembelahan zigot terjadi secara mitosis, yaitu dari satu sel menjadi dua sel, dua sel menjadi empat sel, empat sel menjadi delapan sel, delapan sel menjadi enam belas sel, dan seterusnya hingga tiga puluh dua sel. Sekumpulan sel yang terbentuk tersusun seperti buah anggur dan disebut sebagai morula. Pembelahan terus berlanjut sehingga terbentuk rongga di bagian dalam yang disebut blastosol. Fase ini disebut fase blastula.

b. Gastrula, merupakan hasil pertumbuhan dan perkembangan blastula yang ditandai dengan terbentuknya 3 lapisan embrionik, yaitu lapisan bagian luar (ektoderm), lapisan bagian tengah (mesoderm), dan lapisan bagian dalam (endoderm). Ketiga lapisan ini nantinya akan berkembang menjadi berbagai organ. Proses pembentukan gastrula ini disebut gastrulasi.

c. Organogenesis, merupakan proses pembentukan berbagai organ tubuh yang berkembang dari tiga lapisan saat proses gastrulasi. Organ yang terbentuk dari ketiga lapisan ini adalah sebagai berikut.

- 1) Lapisan ektoderm, berkembang menjadi rambut, kulit, sistem saraf, dan indra.
- 2) Lapisan mesoderm, berkembang menjadi otot, rangka, alat reproduksi, alat peredaran darah, dan alat ekskresi.
- 3) Lapisan endoderm, berkembang menjadi alat pencernaan dan alat pernapasan.

## 2. Fase Pascaembrionik

Pertumbuhan pascaembrionik dimulai ketika hewan lahir atau menetas. Semua anggota tubuh mengalami pertumbuhan dan perkembangan. Namun demikian kecepatan pertumbuhan dan perkembangan antara bagian tubuh yang satu dengan bagian tubuh yang lain tidak sama. Pertumbuhan ini tidak berlangsung terus-menerus, melainkan berhenti setelah mencapai usia tertentu. Perkembangan dimulai ketika alat kelamin telah mampu memproduksi sel-sel gamet. Pada manusia perkembangan ini ditandai dengan munculnya sifat-sifat kelamin sekunder. Tanda kelamin sekunder pada pria berupa tumbuhnya rambut pada bagian tubuh tertentu, suara besar, tumbuhnya jakun, dan otot-otot tubuh lebih kekar. Tanda kelamin sekunder pada wanita ditandai dengan membesarnya payudara, tumbuhnya rambut pada bagian tubuh tertentu, dan membesarnya pinggul.

## D. Tahapan Pertumbuhan dan Perkembangan Manusia

Manusia juga mengalami pertumbuhan dan perkembangan. Tahukah kamu perubahan apa yang terjadi dalam dirimu dari sejak bayi hingga sekarang? Tentu saja terjadi perubahan berat dan tinggi badan (tumbuh). Misalnya ketika baru lahir beratmu sekitar 3 kg, pada umur 6 bulan beratnya menjadi 8 – 9 kg dan sekarang mungkin beratmu sekitar 35 kg. Selain tumbuh, kamu juga mengalami perubahan menuju kedewasaan (berkembang).

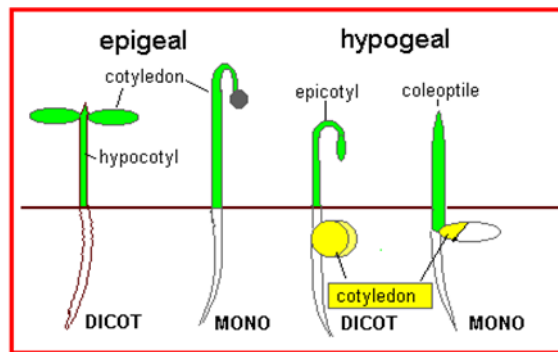
Perkembangan berhubungan dengan tingkah laku (sikap) atau kejiwaan. Misalnya terjadi perkembangan/perubahan sikap dan kebiasaan dari balita, remaja, dewasa, sampai lanjut usia. Setiap tahap perkembangan memiliki ciri yang berbeda. Walaupun pertumbuhan dan perkembangan berbeda, tetapi kedua proses ini berlangsung bersamaan atau tidak dapat dipisahkan.

Dewasa yang ditandai adanya perubahan fisik dan emosional (psikis). Masa pubertas disebut juga akil balig. Pada masa ini telah tercapai kematangan seksual yaitu sistem reproduksi telah mampu membuat sel-sel kelamin (gamet). Hal ini dipengaruhi oleh produksi hormon kelamin dan kelenjar hipofisis. Secara biologis, kamu telah siap untuk bereproduksi, namun belum tentu demikian bila ditinjau secara segi psikis, sosial, ekonomi, dan lain-lain. Tingkat perkembangan pada setiap orang berbeda-beda, yang dipengaruhi oleh faktor keturunan, produksi hormon, konsumsi makanan, dan penyakit.

No.	Tahap Perkembangan	Ciri-Ciri
1.	Balita	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mulai mengenal lingkungan.</li> <li>- Membutuhkan perhatian khusus dari orang tua.</li> <li>- Senang bermain.</li> <li>- Bersifat kekanak-kanakan (manja).</li> <li>- Cenderung keras kepala.</li> <li>- Suka menolak perintah.</li> <li>- Membutuhkan zat gizi yang banyak.</li> <li>- Hormon pertumbuhan dihasilkan secara meningkat.</li> </ul>
2.	Kanak-kanak	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gigi susu mulai tanggal dan gigi permanen mulai tumbuh.</li> <li>- Pertumbuhan jiwanya relatif stabil.</li> <li>- Daya ingat kuat, mematuhi segala perintah gurunya.</li> <li>- Mudah menghafal tetapi juga mudah melupakan.</li> <li>- Sifat keras kepala mulai berkurang dan lebih dapat menerima pengertian karena kemampuan logikanya mulai berkembang.</li> </ul>
3.	Remaja	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mulai memperhatikan penampilan.</li> <li>- Mudah cemas dan bingung bila adanya perubahan psikis.</li> <li>- Tidak mau dibatasi aktivitasnya.</li> <li>- Mulai memilih teman yang cocok.</li> <li>- Tidak mau diperlakukan seperti anak kecil.</li> <li>- Selalu ingin mencoba hal-hal baru.</li> <li>- Senang meniru idola atau berkhayal.</li> <li>- Mulai bersikap kritis.</li> <li>- Mulai ada perubahan bentuk fisik.</li> <li>- Mulai menghasilkan hormon reproduksi.</li> <li>- Alat kelamin mulai berkembang.</li> <li>- Hormon pertumbuhan masih terus dihasilkan.</li> </ul>
4.	Dewasa (18–60 tahun)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Daya pikir cepat.</li> <li>- Bersikap kritis.</li> <li>- Sudah memiliki pendirian yang tetap.</li> <li>- Sudah menetapkan lingkungan yang dianggap cocok.</li> <li>- Sudah dapat memilih pasangan hidup yang dianggap cocok.</li> <li>- Organ reproduksi sudah matang dan sempurna.</li> <li>- Hormon pertumbuhan sudah tidak dihasilkan lagi.</li> </ul>
5.	Manula	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Daya pikir lambat.</li> <li>- Terkadang mudah tersinggung.</li> <li>- Pendirian dan pemikirannya sudah tetap.</li> <li>- Terkadang bersifat kekanak-kanakan.</li> <li>- Rambut putih.</li> <li>- Kulit keriput.</li> <li>- Gigi mulai tanggal dan menjadi ompong.</li> <li>- Mata mulai rabun.</li> <li>- Wanita mengalami masa <i>menopause</i>.</li> </ul>

## Latihan Soal

1. Perhatikan gambar di bawah ini!



Berdasarkan gambar diatas, tumbuhan tersebut mengalami proses apa dan jelaskan secara lengkap!

2. Pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan berbiji diawali dari perkecambahan, pada perkecambahan ada beberapa faktor yang mempengaruhi perkecambahan. Sebutkan 4 faktor yang mempengaruhi perkecambahan!
3. Pada beberapa bagian tumbuhan terdapat sel-sel meristem yang bersifat memiliki struktur dan fungsi yang khusus. Proses pertumbuhan ini disebut pertumbuhan primer dan pertumbuhan sekunder. Jelaskan pertumbuhan primer dan pertumbuhan sekunder secara lengkap!
4. Pertumbuhan dan perkembangan dipengaruhi oleh faktor eksternal dan faktor internal. Sebutkan contoh faktor eksternal dan faktor internal!
5. Sebutkan tahap embrionik pada pertumbuhan dan perkembangan hewan!

## Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)

### PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN PADA TUMBUHAN (PERKECAMBAHAN)

#### Tinjauan Teori

Tumbuh dan berkembang merupakan salah satu ciri makhluk hidup. Pertumbuhan dan perkembangan berjalan seiring. Pertumbuhan dinyatakan sebagai penambahan volume yang tidak dapat balik. Proses pertumbuhan berlangsung selama fase pembesaran sel, dan sebagian kecil dalam fase pembelahan dan pendewasaan sel. Pertumbuhan dapat diukur dan dinyatakan secara kuantitatif. Perkembangan adalah terspesialisasinya sel-sel menuju ke struktur dan fungsi tertentu. Perkembangan tidak dapat dinyatakan dengan ukuran, tetapi dinyatakan dengan perubahan bentuk dan tingkat kedewasaan. Perkecambahan adalah munculnya plantula (tanaman kecil) dari dalam biji terjadi proses fisika (imbibisi), penyerapan air oleh biji menjadi lunak.

Pada perkecambahan dibedakan menjadi 2, yaitu :

1. Epigeal (perkecambahan di atas tanah).
2. Hipogeal (perkecambahan di bawah tanah)

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan:

1. Oksigen
2. Cahaya
3. Suhu
4. Dan air.

#### Tujuan

1. Untuk mengetahui perkembangan dan pertumbuhan pada perkecambahan.
2. Untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan pada perkecambahan.

#### Alat dan Bahan Bahan

Bahan : 10 biji kacang hijau yang bermutu baik.

Alat-alat : Gelas aqua berukuran 240 ml , penggaris 30 cm, dan kapas, pingset.

#### Cara Kerja

1. Siapkan dua buah gelas aqua ukuran 240 ml dengan keadaan yang bersih.
2. Pilihlah 10 biji kacang hijau yang bermutu bagus pada segenggam biji kacang hijau.



- Masukkan dengan pingset 1 lembar kapas ke dalam gelas aqua ukuran 240ml dalam keadaan basah.
- Masukkan masing-masing 5 biji kacang hijau pada gelas aqua ukuran 240ml yang berisi kapas dengan perlakuan yang berbeda.
- Tempelkan label pada masing-masing gelas aqua ukuran 240 ml, pada label 1 dengan perlakuan di ruangan tertutup, pada label 2 dengan perlakuan di ruangan terbuka yang sudah terisi biji kacang hijau.
- Amati perkembangan pertumbuhan pada biji kacang hijau selama  $\pm 2$  minggu pada jam 07.00 pagi.

### Tabel pengamatan perkecambahan biji kacang hijau

Tabel 1. Perlakuan di ruangan tertutup

hari	Jumlah biji					Keterangan
	1	2	3	4	5	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

Tabel 2. pengamatan (perlakuan di ruangan terbuka)

hari	Jumlah biji					Keterangan
	1	2	3	4	5	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

Pertanyaan:

- Adakah pertambahan pertumbuhan pada biji kacang hijau? Jelaskan!
- Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan pada perkecambahan ?
- Adakah perbedaan pola pertumbuhan pada perlakuan yang di ruangan terbuka dengan di ruangan tertutup? Kalau ada jelaskan!

## RINGKASAN

1. Tumbuhan mengalami pertumbuhan primer dan sekunder selama masa hidupnya.
2. Pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan dipengaruhi oleh faktor internal yaitu gen dan hormon serta faktor eksternal yang bersal dari lingkungan tempatnya hidup
3. Pertumbuhan dan perkembangan pada hewan terlihat perbedaan yang jelas selama masa embrionik dan pasca embrionik.
4. Pertumbuhan dan perkembangan pada hewan dipengaruhi oleh faktor internal yaitu gen dan hormon serta faktor eksternal yang bersal dari lingkungan tempatnya hidup.

## EVALUASI (TES FORMATIF)

### I. PILIHLAH SATU JAWABAN YANG BENAR !

1. Pertumbuhan adalah proses kenaikan volume dan substansi kimia sel yang tidak bisa kembali keasal atau irreversible karena adanya penambahan materi, ciri dasar pertumbuhan diantaranya adalah....
  - A. Sel bertambah banyak dan besar
  - B. Dibentuknya bunga
  - C. Dibentuknya buah
  - D. Bunga berubah menjadi buah
  - E. Terbentuknya polen
2. Dibawah ini yang bukan merupakan faktor-faktor **eksternal** pada pertumbuhan tanaman adalah ...
  - A. Suhu
  - B. Oksigen
  - C. Cahaya
  - D. Kelembaban
  - E. Gen dan hormon
3. Proses pembentukan jaringan permanen dari jaringan meristem pada tumbuhan disebut **spesialisasi** terjadi pada tahap ....
  - A. Pembelahan sel
  - B. Morfogenesi
  - C. Zigot
  - D. Diferensiasi seluler
  - E. Pertumbuhan

4. Sebelum tumbuh tunas dan daun, sumber makanan utama kecambah yaitu ....

- A. Pupuk
- B. Embrio
- C. Batang
- D. Kotiledon
- E. Akar

5. Perhatikan tabel di bawah ini !

NO	Hormon	Kode	Fungsi
1	Kalin	K	Mempercepat pemasakan buah
2	Asam absisat	L	Menunda pengguguran daun
3	Giberelin	M	Menghambat pembentukan biji
4	Etilen	N	Mempercepat pematangan
5	sitokinin	O	Mengatur pembentukan bunga

Pasangan yang sesuai antara hormon dengan fungsinya adalah ....

- A. 1 dan O
  - B. 2 dan M
  - C. 3 dan L
  - D. 4 dan K
  - E. 5 dan N
6. Cahaya diperlukan oleh tumbuhan, tetapi cahaya yang berlebih dapat menyebabkan ...
- A. Mematikan sel meristem
  - B. Tumbuhan cepat layu
  - C. Mematikan pucuk daun
  - D. Mempercepat terbentuknya auksin
  - E. Menghambat pertumbuhan karena menguraikan auksin
7. Dua kecambah diletakan disuatu tempat, kecambah yang satu terkena cahaya sedangkan yang lain tidak terkena cahaya. Beberapa kecambah yang diletakan ditempat gelap, jauh lebih panjang daripada kecambah yang diletakan di tempat yang terang. Hal ini menunjukkan bahwa ...
- A. Cahaya berpengaruh terhadap pertumbuhan
  - B. Cahaya merupakan faktor yang tidak diperlukan
  - C. Cahaya merupakan faktor penghambat pertumbuhan
  - D. Cahaya diperlukan sedikit untuk pertumbuhan
  - E. Cahaya berpengaruh besar terhadap pertumbuhan

8. Selama musim kemarau panjang pohon jati dan pohon kedondong menggugurkan daunnya hal ini disebabkan terkonsentrasinya hormon pada bagian uncup untuk menghambat pembelahan sel. Hormon yang dimaksud adalah ...

- A. Auksin
- B. Giberelin
- C. Sitokinin
- D. Absisat
- E. Etilen

9. Hormon kalin yang berperan dalam membentuk organ yang terlihat pada gambar adalah..



- A. antokalin
- B. filokalin
- C. ABA
- D. kaulokalin
- E. rizokalin

10. Faktor luar yang mempengaruhi pertumbuhan yaitu ....

- A. gen, nutrisi, dan hormon
- B. suhu, kelembapan, dan hormon
- C. kelembapan, cahaya, dan air
- D. kelembapan, suhu, cahaya, dan gen
- E. air, cahaya, dan gen

11. Pertumbuhan sekunder pada tumbuhan dikotil menyebabkan ....

- A. pucuk batang memanjang
- B. batang membesar
- C. daun menggulung
- D. tumbuhan berbunga
- E. akar memanjang

12. Perhatikan gambar berikut!



Tanaman yang mengalami perkecambahan seperti yang terlihat seperti pada gambar adalah

....

- A. kacang kapri dan kacang tanah
- B. kacang hijau dan kacang kapri
- C. kapas dan jagung
- D. jagung dan kacang kapri
- E. kacang tanah dan kacang tanah

13. Perhatikan tabel pertumbuhan kecambah kacang hijau dengan intensitas cahaya berbeda-beda !

No.	Kondisi cahaya	Pertambahan tinggi pada hari ke ... (cm)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Gelap	2,0	3,6	5,2	5,8	6,4	8,4	9,2	10,2
2.	Remang-remang	1,5	1,8	2,4	2,6	2,8	3,0	3,4	4,6
3.	Terang	0,6	0,8	1,2	1,5	1,6	2,2	2,4	3,0

Dari data pada tabel tersebut dapat disimpulkan...

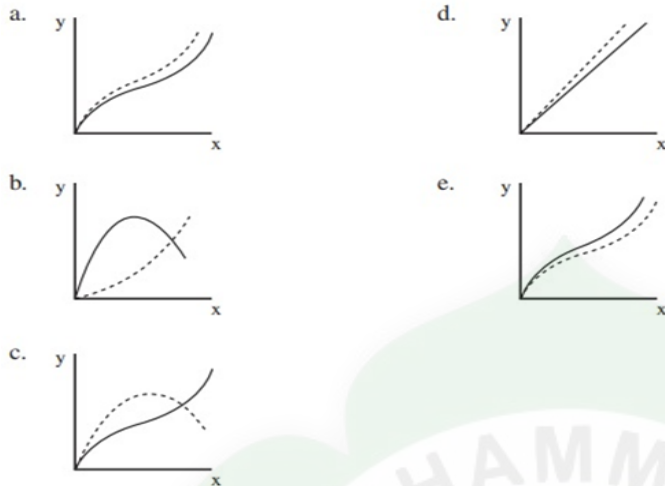
- A. Pertumbuhan tidak memerlukan cahaya
- B. Cahaya tidak berpengaruh pada tumbuhan
- C. Pertumbuhan batang menuju cahaya
- D. Pertumbuhan berbanding lurus dengan kenaikan intensitas cahaya
- E. Cahaya menghambat pertumbuhan

14. Setelah dilakukan pemangkasan pucuk-pucuk batang, ternyata tanaman anggur pak Sabar berbunga lebat. Hal ini disebabkan ....

- A. makanan untuk pertumbuhan ujung batang dialihkan untuk membentuk bunga
- B. asam absisat yang dihasilkan ujung batang menghambat tumbuhnya kuncup bunga
- C. ujung batang menghasilkan hormon yang menghambat perkembangan tanaman
- D. adanya dominasi apikal
- E. adanya dominasi lateral

15. Apabila sumbu X menunjukkan waktu, sumbu Y kecepatan tumbuh. Grafik yang benar yang menunjukkan kecepatan pertumbuhan kecambah di tempat gelap dan di tempat terang adalah ....

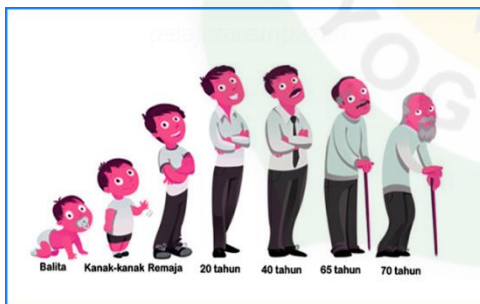
Keterangan -----: pertumbuhan di tempat terang  
 \_\_\_\_\_ : pertumbuhan di tempat gelap



16. Unsur yang didapat dari udara untuk pertumbuhan serta perkembangan tumbuhan hijau yaitu ....

- A. Karbon
- B. Nitrogen
- C. Oksigen
- D. Hidrogen
- E. Natrium

17. Perhatikan gambar berikut!



Gambar diatas menunjukkan bahwa manusia ...

- A. bernapas
- B. bergerak
- C. tumbuh
- D. berkembang biak
- E. adaptasi

18. Tahapan setelah sel mengalami pembelahan adalah .....

- A. morula - gastrula - blastula
- B. morula - blastula - gastrula
- C. gastrula - blastula - morula
- D. gastrula - morula - blastula
- E. blastula - morula - gastrula

19. Berikut ini organ-organ tubuh manusia :

- 1. Kulit
- 2. Kuku
- 3. Rambut
- 4. Prankeas
- 5. Hati
- 6. Saluran pernapasan

Organ-organ yang berasal dari lapisan endoderm adalah ...

- A. 1 , 2 dan 3
- B. 2, 3 dan 4
- C. 2, 3, dan 5
- D. 3, 5 dan 6
- E. 4,5 dan 6

20. Pertumbuhan dan perkembangan yang dimulai sejak lahir atau menetas hingga dewasa disebut fase..

- A. primer
- B. sekunder
- C. embrionik
- D. pascaembrionik
- E. gastrulasi

**II. Jawablah Pertanyaan di bawah ini dengan tepat!**

- 1. Apa yang disebut dengan dormansi? Hormon apakah yang mempengaruhinya?
- 2. Perkecambahan biji dibagi menjadi 4 tahap. Sebutkan dan jelaskan!
- 3. Perkembangan meliputi peristiwa diferensiasi. Apakah yang dimaksud diferensiasi itu?
- 4. Mengapa cahaya sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan?
- 5. Tuliskanlah tiga daerah pertumbuhan pada ujung batang dan ujung akar menurut aktivitasnya!
- 6. Jelaskan bagaimana terbentuknya lingkaran tahun pada batang dikotil!
- 7. Jelaskan mengenai fototropisme tumbuhan!
- 8. Tuliskanlah empat jenis tumbuhan berdasarkan pengaruh lamanya siang!
- 9. Jelaskan penggolongan nutrien tumbuhan berdasarkan kebutuhannya!
- 10. Sebutkan peranan dari Giberelin pada tumbuhan!

### III. PENUTUP

Diharapkan kepada para peserta didik, agar setelah memahami materi yang tertuang dalam modul ini, peserta didik dapat mengerti dan menambah ilmu serta wawasannya. Dengan dibentuknya modul ini diharapkan kita semua dapat lebih menghargai seberapa pentingnya pertumbuhan dan perkembangan bagi kita serta keberlangsungan makhluk hidup di bumi ini.

Perkembangan makhluk hidup itu tak lepas dari pertumbuhan. Pertumbuhan adalah suatu proses penambahan ukuran, baik volume, bobot, dan jumlah sel yang bersifat irreversible (tidak dapat kembali ke asal). Sedangkan, perkembangan adalah perubahan atau diferensiasi sel menuju keadaan yang lebih dewasa. Pertumbuhan dan perkembangan memiliki arti yang sangat penting bagi makhluk hidup.

Pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan sangat di pengaruhi oleh faktor genetik dan hormon, air dan nutrisi, cahaya, oksigen, suhu, kelembapan, dan pH. Pertumbuhan pada hewan sering disebut juga perkembangan, yaitu perkembangan dari zigot sampai dewasa. Pertumbuhan dimulai dengan peburan ovum (sel telur) dengan spermatozoa (sel sperma), dan dihasilkan zigot. Zigot akan bermitosis terus-menerus. Sedangkan pada Manusia itu mengalami dua tahap pertumbuhan dan perkembangan, yaitu prakelahiran dan pasca kelahiran.

### GLOSARIUM

Auksin adalah Suatu hormon tumbuhan termasuk asam indolasetat (IM) yang mempunyai efek berbeda- beda seperti respon fototropik melalui stimulasi perpanjangan sel, stimulasi pertumbuhan skunder dan perkembangan jejak daun dan buah.

Asam Absisat adalah Hormon tumbuhan yang biasanya berfungsi menghambat pertumbuhan, menggalang dormansi(keadaan tidak aktif dan membantu tumbuhan mentolerir keadaan yang mencekam.

Asam Traumalin adalah Hormon luka untuk menumbuhkan sel-sel jika terjadi luka.

Daerah diferensiasi adalah daerah pendewasaan.

Gastrulasi adalah tahap blastula yang mengalami pelekukan (invaginasi) sehingga terbentuk rongga baru.

Giberelin adalah hormon tumbuhan yang kerjanya sinergis dengan auksin dan sitokinin.

Hormon adalah zat yang berfungsi sebagai pengatur tubuh yang dapat mempengaruhi jaringan-jaringan berbagai organ maupun sistem sistem organ.

Hormon giberelin adalah enzim yang bekerja mempercepat pengubahan cadangan makanan yang terdapat dalam biji menjadi energi yang diperlukan untuk perkecambahan.



Irreversible adalah tidak dapat kembali ke kondisi semula dan dapat dinyatakan dalam ukuran bilangan (bersifat kuantitatif ).

Meristematik adalah daerah yang dapat membelah secara mitosis sehingga akan dihasilkan banyak sel.

Pertumbuhan adalah perubahan pada makhluk hidup yang meliputi perubahan ukuran.

Pertumbuhan primer adalah pertumbuhan yang terjadi sebagai hasil pembelahan sel-sel jaringan meristem primer (meristem apikal).

Perkembangan adalah proses perubahan pada makhluk hidup akibat terdiferensiasinya sel-sel menuju ke struktur dan fungsi tertentu.

Tumbuhan hari pendek adalah tumbuhan yang akan berbunga jika diwaktu terang lebih pendek daripada waktu gelap.

Tumbuhan hari panjang adalah tumbuhan yang akan berbunga jika waktu terang lebih panjang dari waktu gelap.

Tumbuhan hari netral adalah tumbuhan yang tidak tergantung pada perubahan panjang penyinaran.

## **KUNCI JAWABAN**

### **A. PEMBAHASAN LATIHAN SOAL**

- 1) Mengalami Perkecambahan, merupakan proses pertumbuhan dan perkembangan embrio pada biji tumbuhan.
  - Plumula tumbuh dan berkembang menjadi batang dan daun, sedangkan radikula tumbuh dan berkembang menjadi akar.
  - Berdasarkan letak kotiledonnya pada saat berkecambah, perkecambahan dibagi menjadi dua tipe, yaitu; hipogeal dan epigeal.
- 2). 4 faktor yang mempengaruhi perkecambahan: Oksigen, Suhu, Cahaya, dan air
- 3).- Pertumbuhan primer: pada akhir perkecambahan, tumbuhan membentuk akar, batang, dan daun. Pada ujung batang dan ujung akar terdapat sel-sel meristem yang bersifat embrionik, yang artinya sel-sel yang memiliki struktur dan fungsi khusus.

Diantaranya; daerah pembelahan sel, daerah pemanjangan sel, daerah diferensiasi.

- Pertumbuhan sekunder: pertumbuhan sekunder tumbuhan terjadi akibat aktivitas kambium, aktivitas kambium yang membentuk xilem dan floem sekunder

Contohnya: membentuk lingkaran tahunan yang dapat digunakan untuk memperkirakan umur suatu tumbuhan.

- 4). Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan:
  - a. Faktor Dalam (Internal), meliputi gen dan hormon.
  - b. Faktor Luar (Eksternal), berasal dari lingkungan antara lain Makanan atau Nutrisi, suhu, air, kelembaban, tanah.
- 5). Tahap embrionik pembelahan zigot, tahap morula, blastula, gastrula, dan organogenesis

## B. JAWABAN TES FORMATIF

### I. Pilihan Ganda

No	Jawaban	No	Jawaban	No	Jawaban	No	Jawaban
1	A	6	E	11	B	16	A
2	E	7	C	12	E	17	C
3	B	8	D	13	E	18	B
4	D	9	A	14	A	19	E
5	D	10	C	15	B	20	D

### II. Esay

1. Dormasi adalah terhentinya proses pertumbuhan suatu tanaman walaupun berada dalam lingkungan yang mendukung. Hormon yang mempengaruhi adalah asam absisat.
2. Untuk memulai kehidupannya, biji harus berkecambah menjadi tanaman baru. Perkecambahan biji dimulai dengan imbibisi dan diakhiri ketika radikula memanjang atau muncul melewati kulit. Perkecambahan biji dapat dibagi menjadi 4 tahap, yaitu:
  - a) Hidrasi atau imbibisi; selama kedua periode tersebut, air masuk ke dalam embrio dan membasahi protein dan koloid lain.
  - b) Pembentukan atau pengaktifan enzim yang menyebabkan peningkatan aktivitas metabolik.
  - c) Pemanjangan sel radikula, diikuti munculnya radikula dari kulit biji.
  - d) Pertumbuhan kecambah selanjutnya adalah pertumbuhan primer.
3. Diferensiasi adalah proses pertumbuhan lebih lanjut dengan tujuan agar tumbuhan mencapai tingkat kedewasaan.
4. Kualitas, intensitas, dan lamanya radiasi yang mengenai tumbuhan mempunyai pengaruh yang besar terhadap berbagai proses fisiologi tumbuhan. Cahaya mempengaruhi pembentukan klorofil, fotosintesis, fototropisme, dan fotoperiodisme. Efek cahaya meningkatkan kerja enzim untuk memproduksi zat metabolik untuk pembentukan klorofil. Sedangkan, pada proses fotosintesis, intensitas cahaya mempengaruhi laju fotosintesis

saat berlangsung reaksi terang. Jadi cahaya secara tidak langsung mengendalikan pertumbuhan dan perkembangan tanaman, karena hasil fotosintesis berupa karbohidrat digunakan untuk pembentukan organ-organ tumbuhan.

5. Perkembangan struktur tumbuhan juga dipengaruhi oleh cahaya (fotomorfogenesis). Efek fotomorfogenesis ini dapat dengan mudah diketahui dengan cara membandingkan kecambah yang tumbuh di tempat terang dengan kecambah dari tempat gelap. Kecambah yang tumbuh di tempat gelap akan mengalami etiolasi atau kecambah tampak pucat dan lemah karena produksi klorofil terhambat oleh kurangnya cahaya. Sedangkan, pada kecambah yang tumbuh di tempat terang, daun lebih berwarna hijau, tetapi batang menjadi lebih pendek karena aktifitas hormon pertumbuhan auksin terhambat oleh adanya cahaya.
6. Daerah pertumbuhan pada ujung batang dan ujung akar dapat dibedakan menjadi 3 daerah, yaitu:
  - a) Daerah pembelahan terdapat pada ujung akar. Sel-sel meristem di daerah ini akan mengalami pertumbuhan dan perkembangan struktur akar pertama.
  - b) Daerah pemanjangan terletak setelah daerah pembelahan. Pada daerah ini, sel-sel mengalami pembesaran dan pemanjangan.
  - c) Daerah diferensiasi. Daerah yang sel-selnya berdiferensiasi menjadi sel-sel yang memiliki struktur dan fungsi khusus.
7. Pembentukan xilem dan floem sekunder pada batang terjadi karena aktivitas kambium yang dipengaruhi oleh musim. Jika kondisi lingkungan kurang menguntungkan, maka aktivitas kambium menjadi rendah sehingga xilem dan floem sekunder yang dihasilkan sedikit. Namun sebaliknya, pada musim hujan, aktivitas kambium ini akan meningkat. Perbedaan aktivitas kambium akan menghasilkan jejak pada batang yang disebut lingkaran tahun.
8. Percobaan N Cholodny dan Frits went menerangkan bahwa pada ujung koleoptil tanaman, pemanjangan sel yang lebih cepat terjadi di sisi yang teduh daripada sisi yang terkena cahaya. Sehingga, koleoptil membelok ke arah datangnya cahaya. Hal ini terjadi, karena hormon auksin yang berguna untuk pemanjangan sel berpindah dari sisi tersinari ke sisi terlindung. Banyak jenis tumbuhan mampu melacak matahari, dalam hal ini lembar datar daun selalu hampir tegak lurus terhadap matahari sepanjang hari. Kejadian tersebut dinamakan diafototropisme. Fototropisme ini terjadi pada famili Malvaceae

9. Berdasarkan panjang hari, tumbuhan dapat dibedakan menjadi empat macam, yaitu:
- Tumbuhan hari pendek, tumbuhan yang berbunga jika terkena penyinaran kurang dari 12 jam sehari. Tumbuhan hari pendek contohnya krisan, jagung, kedelai, anggrek, dan bunga matahari.
  - Tumbuhan hari panjang, tumbuhan yang berbunga jika terkena penyinaran lebih dari 12 jam (14 - 16 jam) sehari. Tumbuhan hari panjang, contohnya kembang sepatu, bit gula, selada, dan tembakau.
  - Tumbuhan hari sedang, tumbuhan yang berbunga jika terkena penyinaran kira-kira 12 jam sehari. Tumbuhan hari sedang contohnya kacang dan tebu.
  - Tumbuhan hari netral, tumbuhan yang tidak responsif terhadap panjang hari untuk pembungaannya. Tumbuhan hari netral contohnya mentimun, padi, wortel liar, dan kapas.
10. Berdasarkan jumlah kebutuhan tumbuhan, unsur-unsur dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu unsur makro dan unsur mikro. Unsur yang dibutuhkan tumbuhan dalam jumlah besar disebut unsur makro. Contohnya: C, H, O, N, P, K, S, dan asam nukleat. Sedangkan, unsur mikro adalah unsur-unsur yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit. Contohnya: Cl, Mn, Fe, Cu, Zn, B, dan Mo.
11. Giberelin disintesis di hampir semua bagian tanaman, seperti biji, daun muda, dan akar. Giberelin memiliki beberapa peranan, antara lain:
- Memacu perpanjangan secara abnormal batang utuh.
  - Perkecambahan biji dan mobilisasi cadangan makanan dari endosperm untuk pertumbuhan embrio.
  - Perkembangan bunga dan buah.
  - Menghilangkan sifat kerdil secara genetik pada tumbuhan.
  - Merangsang pembelahan dan pemanjangan sel.

## MODUL 2

### METABOLISME SEL

#### I. PENDAHULUAN

##### A. Latar Belakang

Tahukah kalian mengapa kita harus mengonsumsi makanan setiap harinya? Dan mengapa makanan yang kita konsumsi harus dicerna oleh tubuh? Setiap makhluk hidup pasti memerlukan makanan untuk kelangsungan hidupnya sebagai sumber tenaga dan energi yang dibutuhkan oleh tubuh. Setelah masuk ke dalam tubuh, makanan tersebut akan mengalami proses perombakan. Zat – zat yang terkandung dalam makanan diuraikan menjadi sumber energi.

Hasil dari penguraian zat – zat makanan tersebut yang menjadi sumber tenaga untuk melakukan aktivitas kehidupan. Bisa kita bayangkan, jika zat – zat yang ada dalam makanan tidak diuraikan pasti tidak ada tenaga yang dihasilkan dalam tubuh. Maka makhluk hidup tidak akan mempunyai kemampuan untuk menjalani aktivitas kehidupan. Proses inilah yang kita kenal dengan proses Metabolisme. Metabolisme adalah reaksi-reaksi kimia yang terjadi di dalam tubuh organisme. Reaksi kimia ini akan mengubah suatu zat menjadi zat lain.

Bagaimanakah secara detailnya? Untuk lebih jelasnya silahkan pelajari modul ini. Modul ini disusun dengan harapan bisa menjadi sarana mempermudah siswa dalam mempelajari dan memahami proses metabolisme dengan pembelajaran secara mandiri.

##### B. Tujuan Modul

Setelah mempelajari modul ini, diharapkan peserta didik dapat :

1. Menjelaskan pengertian metabolisme
2. Menjelaskan klasifikasi enzim berdasarkan tipe reaksi dan tempat bekerjanya
3. Mendeskripsikan komponen penyusun enzim
4. Menganalisis sifat-sifat enzim
5. Menjelaskan cara kerja enzim
6. Menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi kerja enzim dengan benar
7. Menjelaskan proses Katabolisme (respirasi)
8. Menjelaskan proses Anabolisme (fotosintesis)
9. Membangun kesadaran akan kebesaran Tuhan YME, menumbuhkan perilaku disiplin, mandiri, teliti, kreatif, kerjasama dan peduli lingkungan.

##### C. Deskripsi Modul

Setiap makhluk hidup, di dalam tubuhnya selalu terjadi proses metabolisme. Hal ini untuk mendukung proses kehidupan sehingga makhluk hidup dapat melakukan aktivitasnya.

Metabolisme merupakan proses-proses reaksi kimia yang melibatkan energi dan enzim secara keseluruhan di dalam tubuh.

Materi pokok Metabolisme dalam modul ini meliputi deskripsi tentang mekanisme metabolisme yang melibatkan energi dan enzim, perbedaan antara katabolisme dan anabolisme, enzim-enzim yang berperan, yang dilengkapi dengan kegiatan praktikum.

#### **D. Petunjuk Penggunaan Modul**

Bacalah modul ini dengan cermat dan ikuti petunjuk berikut dengan baik, serta dengan cara yang berurutan, yaitu :

- 1). Bacalah doa terlebih dahulu, agar diberikan kemudahan dalam mempelajari materi ini.
- 2). Bacalah materi ini dengan seksama, sehingga isi materi ini dapat dipahami dengan baik.
- 3). Buatlah catatan kecil mengenai istilah yang belum dipahami, untuk ditanyakan kepada guru mata pelajaran.
- 4). Kerjakan lembar kegiatan siswa dan soal-soal yang sudah disediakan dengan sungguh-sungguh, tanpa melihat kunci jawaban.
- 5). Cocokkan hasil pekerjaan kamu dengan kunci jawaban yang sudah disediakan.
- 6). Jika kamu belum menguasai 75% dari setiap kegiatan, maka kamu dapat mengulangi untuk mempelajari materi yang tersedia dalam modul ini.
- 7). Apabila kamu masih mengalami kesulitan memahami materi yang ada dalam modul ini, silahkan diskusikan dengan teman atau guru.

## **II. PEMBELAJARAN**

### **Kegiatan Belajar I**

#### **1. Tujuan Pembelajaran :**

Melalui kegiatan Pembelajaran dengan pendekatan saintifik peserta didik dapat menjelaskan pengertian metabolisme, katabolisme dan anabolisme dengan benar melalui kajian literatur, menjelaskan klasifikasi enzim berdasarkan tipe reaksi dan tempat bekerjanya dengan benar melalui kajian literatur, mendeskripsikan komponen penyusun enzim dengan benar melalui kajian literatur, menganalisis sifat-sifat enzim dengan benar melalui kajian literatur, menjelaskan cara kerja enzim dengan menggunakan bagan dengan benar, menjelaskan mekanisme inhibitor yang menghalangi kerja enzim dengan benar melalui kajian literatur, menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi kerja enzim dengan benar melalui kajian literatur, sehingga peserta didik dapat membangun kesadaran akan kebesaran Tuhan YME, menumbuhkan perilaku disiplin, mandiri, teliti, kreatif, kerjasama dan peduli lingkungan.

## 2. Uraian Materi

### Pengertian Metabolisme

Metabolisme adalah proses-proses reaksi kimia yang melibatkan energi dan enzim secara keseluruhan di dalam tubuh organisme. Semua sel penyusun tubuh makhluk hidup memerlukan energi agar proses kehidupan dapat berlangsung. Sel-sel menyimpan energi kimia dalam bentuk makanan kemudian mengubahnya dalam bentuk energi lain pada proses metabolisme.

Metabolisme meliputi atas *anabolisme* dan *katabolisme*. Anabolisme adalah pembentukan molekul-molekul besar dari molekul-molekul kecil. Misalnya pembentukan senyawa-senyawa seperti pati, selulosa, lemak, protein dan asam nukleat. Pada peristiwa anabolisme memerlukan masukan energi. Katabolisme adalah penguraian molekul-molekul besar menjadi molekul-molekul kecil, dan prosesnya melepaskan energi. Contoh : respirasi, yaitu proses oksidasi gula menjadi H<sub>2</sub>O dan CO<sub>2</sub>.

Karbohidrat menjadi salah satu komponen makanan yang kompleks. Komponen inilah yang menjadi salah satu bahan dalam proses metabolisme. Selain itu protein dan lemak juga penting dalam proses metabolisme.

### Molekul-molekul yang terkait dengan proses metabolisme

#### 1. ENZIM

Enzim merupakan senyawa protein yang berfungsi sebagai katalisator reaksi kimia yang terjadi pada makhluk hidup, tetapi tidak mengubah kesetimbangan reaksi atau tidak mempengaruhi hasil reaksi dan tidak ikut bereaksi. Bahan tempat enzim bekerja disebut substrat.

Enzim mempunyai dua fungsi pokok sebagai berikut.

- a. Mempercepat reaksi kimia.
- b. Mengatur sejumlah reaksi yang berbeda-beda dalam waktu yang sama.

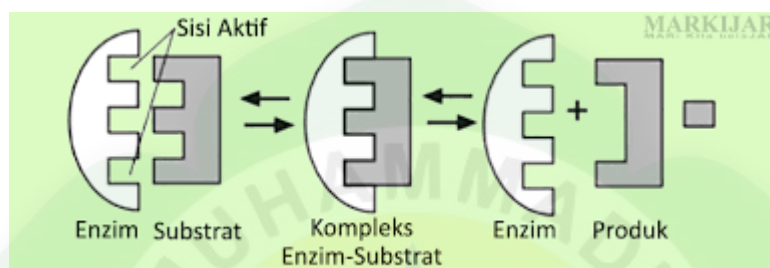
Komponen enzim secara kimiawi enzim tersusun atas 2 bagian, yaitu :

- 1). Apoenzim (protein) : merupakan bagian enzim aktif yang tersusun atas protein dan mudah berubah, (labil) terhadap faktor lingkungan seperti pH dan suhu.
- 2). Gugus prostetik (non-protein) : merupakan gugus yang tidak aktif, berupa unsur unsur logam/ molekul anorganik seperti Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, dan Na<sup>+</sup> yang disebut *KOFAKTOR*. Gugus prostetik juga dapat berupa bahan organik bukan protein, seperti vitamin B, NADH, FADH<sub>2</sub> yang disebut *KOENZIM*. Namun keduanya dapat digabungkan menjadi satu, yang disebut **holoenzim**.

Ada 2 teori yang mengungkapkan cara kerja enzim yaitu:

- 1). **teori kunci-gembok/ lock and key** (Dikemukakan oleh Emil Fischer), menyatakan :

- Antara enzim dan substrat terjadi persatuan yang kaku seperti kunci dan anak kunci
- Enzim memiliki suatu tempat untuk bergabung dengan substrat yang disebut sisi aktif yang merupakan tempat perlekatan molekul substrat
- Pada tempat perlekatan tersebut mempunyai konfigurasi tertentu dan hanya substrat khusus yang cocok untuk dapat bergabung
- Selama reaksi berjalan, enzim dan substrat berkombinasi sementara membentuk kompleks enzim substrat
- Hubungan di antara enzim dan substrat berkombinasi merupakan hubungan yang lemah, sehingga mudah berpisah lagi
- Setelah reaksi, hasil-hasil reaksi tidak lagi bersatu dengan sisi aktif



2). **Teori Ketepatan Induksi/ *induce fit*** (Dikemukakan oleh Koshland), menyatakan : *Sisi aktif enzim bersifat fleksibel sehingga dapat berubah bentuk menyesuaikan bentuk substrat*



Beberapa sifat yang dimiliki enzim pada umumnya adalah sebagai berikut :

- Enzim merupakan biokatalisator
- Enzim mempercepat reaksi tanpa ikut bereaksi
- Enzim bekerja secara spesifik (satu enzim hanya dapat mengkatalis satu substrat yang cocok)
- Enzim hanya diperlukan dalam jumlah sedikit
- Enzim dapat bekerja secara bolak-balik

**Factor yang mempengaruhi kerja enzim :**

1). **SUHU** : enzim bekerja baik pada suhu optimum, pada suhu maksimum enzim akan rusak, pada suhu minimum enzim akan tidak aktif.



2). pH : perubahan pH dapat mempengaruhi perubahan asam amino pada sisi aktif enzim sehingga menghalangi sisi aktif bergabung dengan substratnya.

3). konsentrasi enzim : semakin banyak jumlah enzim, reaksi akan berlangsung semakin cepat

4). konsentrasi substrat : jika jumlah enzim tetap, kecepatan reaksi akan meningkat seiring dengan bertambahnya substrat

5) INHIBITOR : Merupakan zat yang dapat menghambat kerja enzim. Bersifat reversible dan irreversible. Inhibitor reversible dibedakan menjadi inhibitor kompetitif dan nonkompetitif

a. Inhibitor kompetitif

Menghambat kerja enzim dengan menempati sisi aktif enzim. Inhibitor ini bersaing dengan substrat untuk berikatan dengan sisi aktif enzim. Pengambatan bersifat reversibel (dapat kembali seperti semula) dan dapat dihilangkan dengan menambah konsentrasi substrat

b. Inhibitor nonkompetitif

Inhibitor ini biasanya berupa senyawa kimia yang tidak mirip dengan substrat dan berikatan pada sisi selain sisi aktif enzim. Ikatan ini menyebabkan perubahan bentuk enzim sehingga sisi aktif enzim tidak sesuai lagi dengan substratnya. Contohnya antibiotik penisilin menghambat kerja enzim penyusun konsentrasi substrat dinding sel bakteri.

## 2. Adenosine triphosphat (ATP)

Adenosine triphosphat (ATP) adalah senyawa kimia organik kompleks yang menyediakan energi untuk mendorong banyak proses dalam sel hidup, ATP merupakan molekul berenergi tinggi yang memiliki tiga gugusan pospat, dengan ikatan yang lemah / labil sehingga mudah melepaskan ikatan pospatnya pada saat mengalami hidrolisis.

## LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

### Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD )

#### ENZIM

##### A. Tujuan Pembelajaran

Menjelaskan struktur, sifat, cara kerja dan peran enzim dalam metabolisme melalui studi literature dengan teliti, jujur terhadap data dan fakta.

##### B. Dasar Teori

Enzim adalah biokatalisator organik yang dihasilkan organisme hidup di dalam protoplasma, yang terdiri atas protein atau suatu senyawa yang berikatan dengan protein. Enzim mempunyai dua fungsi pokok sebagai berikut :

1. Mempercepat atau memperlambat reaksi kimia. Suatu reaksi kimia yang berlangsung dengan bantuan enzim memerlukan energi yang lebih rendah. Jadi enzim juga berfungsi menurunkan energi aktivasi.
2. Mengatur sejumlah reaksi yang berbeda-beda dalam waktu yang sama.

Enzim disintesis dalam bentuk calon enzim yang tidak aktif, kemudian diaktifkan dalam lingkungan pada kondisi yang tepat. Misalnya, tripsinogen yang disintesis dalam pankreas, diaktifkan dengan memecah salah satu peptidanya untuk membentuk enzim tripsin yang aktif. Bentuk enzim yang tidak aktif ini disebut zimogen.

##### Struktur Enzim

Enzim yang strukturnya sempurna dan aktif mengkatalisis, bersama-sama dengan koenzim atau gugus logamnya disebut holoenzim.

##### C. Alat dan Bahan

1. Alat tulis menulis
2. Karton, artikel tentang anabolisme pada makhluk hidup
3. Literatur (buku-buku yang relevan dengan materi pembelajaran)

##### D. Langkah kerja

1. Peserta didik duduk dalam kelompok yang terdiri dari 3-4 orang.
3. Bacalah LKPD yang telah diberikan
4. Kerjakan soal diskusi yang ada pada LKPD
5. Diskusikan dan analisislah bersama teman kelompok masing-masing materi yang ada pada soal LKPD dengan membaca sumber/literatur yang anda miliki
6. Presentasikanlah hasil diskusi masing-masing kelompok
7. Buatlah kesimpulan dari hasil diskusi

##### E. Bahan Diskusi

1. Kajiilah literatur tentang struktur enzim!

- Uraikan struktur enzim!

Jawab:

.....  
.....

2. Kajiilah literatur tentang sifat enzim!

- Lengkapi tabel berikut ini :

No	Sifat Enzim	Penjelasan
1.		
2.		
3.		
4.		

3. Kajiilah literatur tentang mekanisme kerja dan peranan enzim!

- Jelaskan perbedaan dari mekanisme kerja enzim Lock n Key Theory (teori gembok dan kunci) dengan Induced Fit Theory (teori ketepatan induksi)!

Jawab:

.....  
.....

4. Lengkapi tabel berikut!

Enzim yang berperan dalam proses metabolisme

No	Nama Enzim	fungsi
1.		
2.		
3		
dst.		

Kesimpulan :

.....  
.....

### LATIHAN SOAL (Enzim)

Jawablah Pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

1. Mengapa enzim sangat berperan bagi kehidupan manusia?
2. Jelaskan struktur dari enzim!
3. Jelaskan teori mengenai cara kerja enzim!
4. Sebutkan sifat- sifat enzim!

## Kegiatan Belajar 2

### 1. Tujuan Pembelajaran :

Melalui kegiatan Pembelajaran dengan pendekatan saintifik menggunakan model pembelajaran Discovery learning peserta didik dapat menjelaskan tahapan reaksi dalam respirasi aerob dengan menggunakan bagan dengan benar, menjelaskan tahapan reaksi dalam respirasi anaerob dengan menggunakan bagan dengan benar, menganalisis perbedaan respirasi aerob dengan respirasi anaerob dengan benar melalui kajian literatur, menganalisis perbedaan fermentasi alkohol dengan fermentasi asam laktat dengan benar melalui kajian literatur, menjelaskan hubungan antara katabolisme karbohidrat, lemak dan proteindengan benar melalui kajian literatur sehingga peserta didik dapat membangun kesadaran akan kebesaran Tuhan YME, menumbuhkan perilaku disiplin, mandiri, teliti, kreatif, kerjasama dan peduli lingkungan.

### 2. Uraian Materi

#### KATABOLISME

Katabolisme adalah reaksi penguraian senyawa kimia yang kompleks menjadi senyawa kimia yang lebih sederhana dengan bantuan enzim. Penguraian suatu senyawa kimia dapat menghasilkan energi. Energi tersebut berasal dari terlepasnya ikatan-ikatan kimia yang menyusun suatu persenyawaan. Semakin kompleks persenyawaan kimia, semakin banyak ikatan yang menyusunnya sehingga semakin besar energi yang dilepaskannya. Akan tetapi, energi itu tidak dapat digunakan secara langsung oleh sel. Energi tersebut diubah terlebih dahulu menjadi persenyawaan ATP (Adenosin trifosfat) yang dapat digunakan sel sebagai sumber energi. Contoh katabolisme adalah proses respirasi sel yang dilakukan oleh sel penyusun tubuh, baik sel manusia, hewan, maupun tumbuhan. Bahan baku respirasi adalah karbohidrat, asam lemak, asam amino (protein). Hasil respirasi berupa karbon dioksida, air, serta energi dalam bentuk ATP.

Ditinjau dari kebutuhannya akan oksigen, respirasi dapat dibedakan menjadi dua macam seperti berikut ini.

#### a. Respirasi Aerob

Respirasi aerob adalah sebuah reaksi pemecahan senyawa glukosa yang memerlukan bantuan oksigen, dengan merubah senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana, dan juga disertai dengan proses pelepasan sejumlah energi dalam bentuk ATP (Adenosin Tri Phosphat).

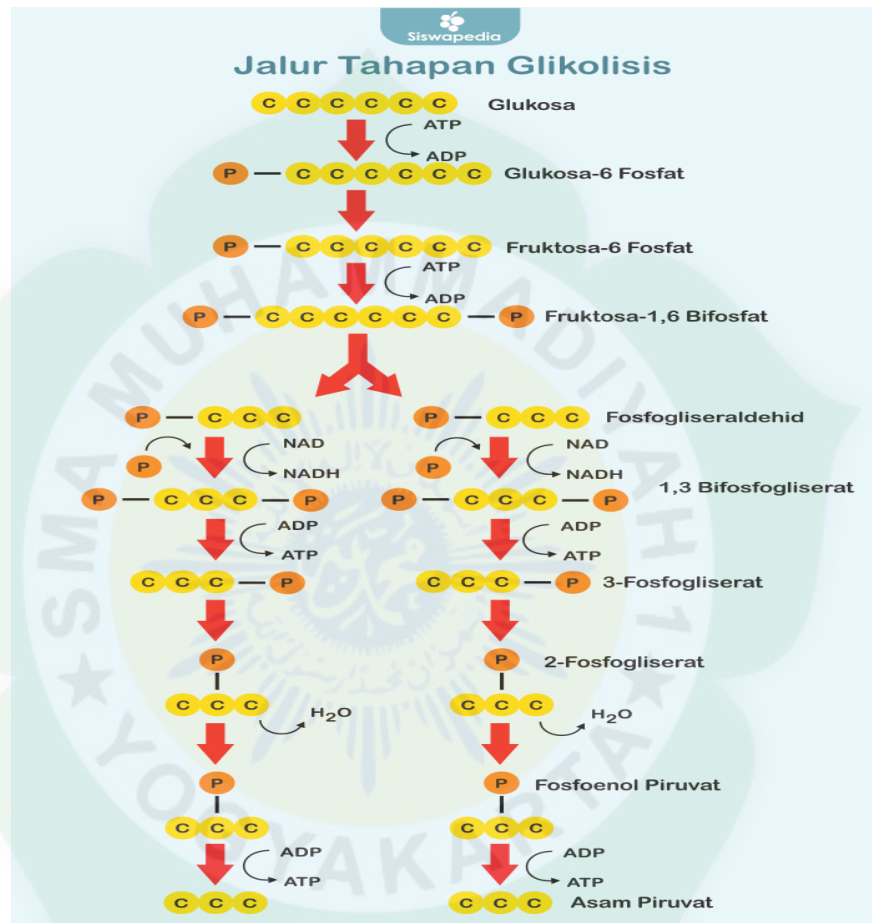


Reaksi tersebut dapat berlangsung melalui 4 tahap, yaitu : Glikolisis, Dekarboksilasi Oksidatif Asam Piruvat, Daur Krebs, transpor elektron

### 1). Glikolisis,

Glikolisis adalah peristiwa perubahan satu molekul glukosa (terdiri atas 6 atom C) menjadi 2 molekul asam piruvat (terdiri atas 3 atom C), 2 molekul NADH (nikotinamid adenin dinukleotida H) yang merupakan sumber elektron berenergi tinggi, dan 2 molekul ATP. ATP juga merupakan senyawa kimia yang berenergi tinggi.

Selama glikolisis, dihasilkan 4 molekul ATP, tetapi 2 molekul ATP diantaranya digunakan kembali untuk berlangsungnya reaksi-reaksi lain sehingga tersisa 2 molekul ATP yang siap digunakan tubuh. Reaksi glikolisis berlangsung di sitoplasma (di luar mitokondria). Hasil akhir sebelum memasuki siklus Krebs adalah asam piruvat.



Gambar skema tahapan glikolisis

#### a) Tahap penggunaan energi:

- (1) Penambahan gugus fosfat pada molekul glukosa dengan bantuan enzim heksokinase, sehingga terbentuk glukosa 6-fosfat.
- (2) Glukosa 6-fosfat diubah menjadi isomer nya yaitu fruktosa 6-fosfat.
- (3) Fosfofruktokinase mentransfer gugus fosfat dari ATP ke fruktosa 6-fosfat fruktosa 1,6 bisfosfat.

(4) Aldolase membagi molekul gula (fruktosa 1,6 bisfosfat) menjadi 2 molekul gula yang berbeda dan merupakan isomernya.

(5) Dua molekul gliseraldehid postat masing-masing akan masuk pada tahapan glikolisis selanjutnya.

b) Tahap pelepasan energi :

(6) Triosa fosfat dehidrogenase mengkatalisis pemindahan elektron dan H<sup>+</sup> dari substrat (gliseraldehid fosfat) ke NAD<sup>+</sup> membentuk NADH.

(7) Glikolisis menghasilkan ATP. Gula telah diubah menjadi senyawa asam organik oleh fosfogliserokinase.

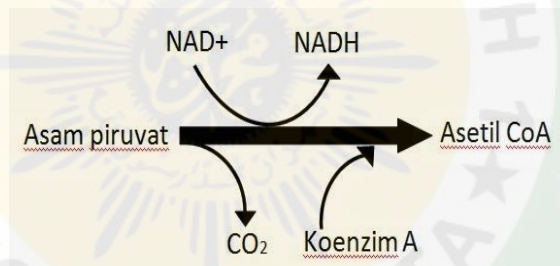
(8) Gugus fosfat dipindahkan sehingga menjadi 2-fosfoglisarat oleh fosfogliseromutase.

(9) 2-fosfoglisarat melepaskan molekul H<sub>2</sub>O sehingga terbentuk fosfoenol piruvat kinase oleh enolase.

(10) Piruvat kinase mentransfer gugus fosfat sehingga menghasilkan 2 ATP lagi.

Maka hasil akhir glikolisis pada 1 molekul glukosa **adalah 2 asam piruvat , 2 atp , 2 NADH.**

## 2). Dekarboksilasi Oksidatif Asam Piruvat



**Gambar skema tahapan Dekarboksilasi Oksidatif**

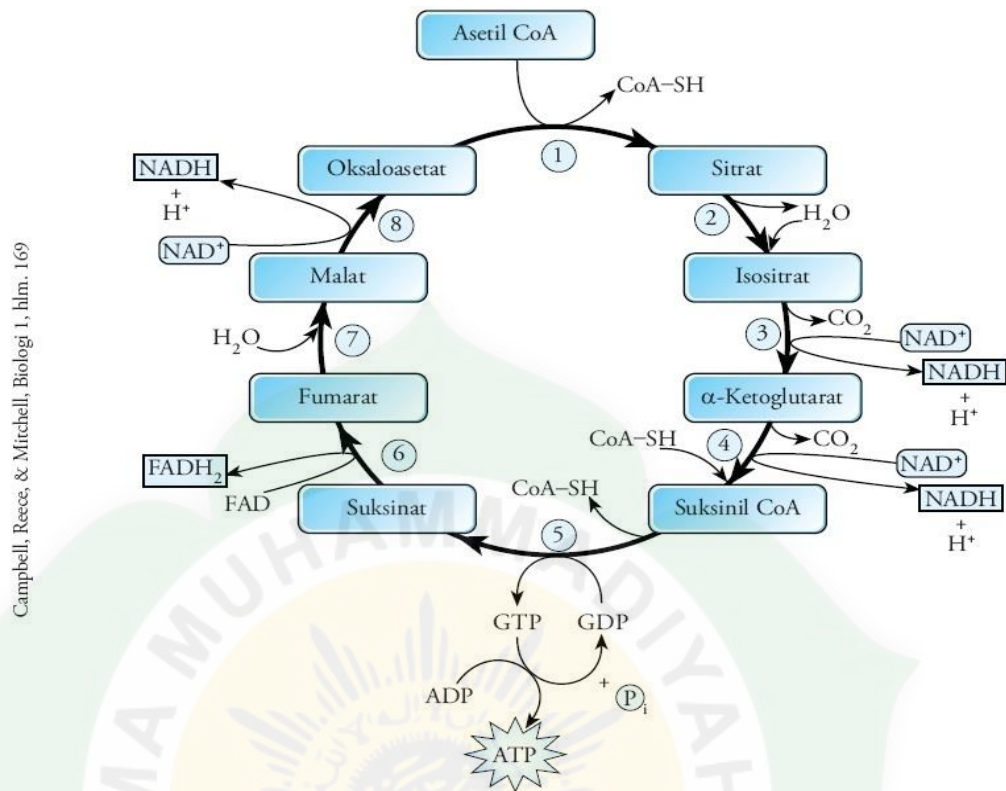
Dekarboksilasi Oksidatif bisa juga disebut sebagai reaksi antara karena Dekarboksilasi Oksidatif merupakan reaksi sebelum masuk ke tahap selanjutnya, yaitu Siklus Krebs. Proses Dekarboksilasi Oksidatif berada pada mitokondria, tepatnya pada matriks mitokondria. Pada proses Dekarboksilasi Oksidatif terjadi perubahan 1 Asam Piruvat menjadi 1 Asetil Co-A.

Selanjutnya 2 molekul Asetil Co-A akan menuju tahapan berikutnya, yaitu Siklus Krebs.

## 3). Daur Krebs

Siklus ini juga sering disebut sebagai daur asam sitrat, dikarenakan pada tahapan ini dihasilkan senyawa awal berupa asam sitrat. Tempat berlangsungnya tahapan Siklus Krebs adalah di dalam matriks mitokondria.

Mekanisme Siklus Krebs adalah sebagai berikut:



Campbell, Reece, & Mitchell, Biologi 1, hlm. 169

**Gambar siklus Krebs**

1. Asetil Ko-A (2 atom C) menambahkan atom C pada oksaloasetat (4 atom C) sehingga dihasilkan asam sitrat (6 atom C).
2. Sitrat menjadi isositrat (6 atom C) dengan melepas H<sub>2</sub>O dan menerima H<sub>2</sub>O kembali.
3. Isositrat melepaskan CO<sub>2</sub> sehingga terbentuk - ketoglutarat (5 atom C).
4. α-ketoglutarat melepaskan CO<sub>2</sub>. NAD<sup>+</sup> sebagai akseptor atau penerima elektron) untuk membentuk NADH dan menghasilkan suksinil Ko-A (4 atom C).
5. Terjadi fosforilasi tingkat substrat pada pembentukan GTP (guanosin trifosfat) dan terbentuk suksinat (4 atom C).
6. Pembentukan fumarat (4 atom C) melalui pelepasan FADH<sub>2</sub>.
7. Fumarat terhidrolisis (mengikat 1 molekul H<sub>2</sub>O) sehingga membentuk malat (4 atom C).
8. Pembentukan oksaloasetat (4 atom C) melalui pelepasan NADH.

Hasil dari siklus Krebs adalah senyawa yang berfungsi sebagai penyedia kerangka karbon untuk sintesis senyawa lain, 1 ATP, 3 NADH, dan 1 FADH<sub>2</sub> untuk setiap satu Asam Piruvat. Oleh karena input substrat sebelumnya adalah 2 Asetil Co-A untuk setiap satu molekul senyawa glukosa, maka hasil yang didapatkan dari dari siklus krebs pada proses respirasi ini adalah **2 ATP, 6 NADH, dan 2 FADH<sub>2</sub>**.

Satu senyawa lagi yang terbentuk dalam proses ini adalah CO<sub>2</sub>, satu berasal dari proses pembentukan NADH dari NAD<sup>+</sup> yang menghasilkan 2 buah CO<sub>2</sub>, karena ada 2 Asetil Co-A yang digunakan, maka akan terbentuk 4 buah CO<sub>2</sub>. Sehingga hasil dari proses Siklus Krebs ini adalah **2 ATP, 6 NADH, 2 FADH<sub>2</sub> , dan 4 CO<sub>2</sub>**.

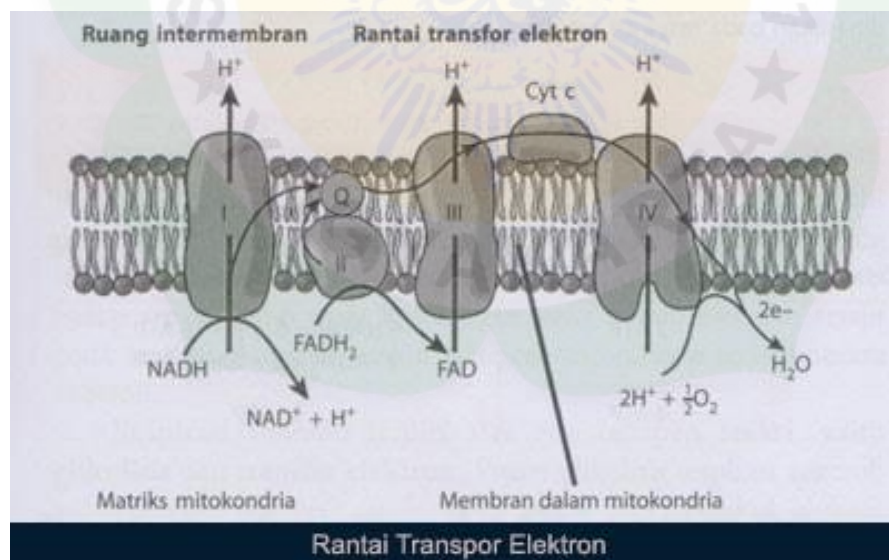
Proses selanjutnya adalah Transpor Elektron yang akan mengubah senyawa NADH dan FADH<sub>2</sub> yang dihasilkan pada tahapan sebelumnya menjadi ATP agar dapat digunakan oleh tubuh.

#### 4). **Transpor elektron**

Transpor Elektron atau Fosforilasi Oksidatif adalah tahap dimana terjadi perubahan NADH dan FADH<sub>2</sub> menjadi energi yang berbentuk ATP agar bisa digunakan oleh tubuh. Tempat berlangsungnya tahapan transpor elektron berada di bagian mitokondria, tepatnya di membran dalam (krista) mitokondria.

Pada rantai transpor elektron, NADH dan FADH<sub>2</sub> yang dihasilkan dalam glikosis, dekarboksilasi oksidatif dan siklus Krebs akan membebaskan energi tinggi pada waktu melepaskan elektron dan H<sup>+</sup>.

Mekanisme rantai transpor elektron adalah sebagai berikut:



Rantai Transpor Elektron (Gambar Credit to Irnaningtyas:2013)

Untuk setiap 1 molekul NADH menghasilkan 3 ATP, dan setiap 1 molekul FADH<sub>2</sub> akan menghasilkan 2 ATP. Lalu berapa jumlah total ATP yang dihasilkan?

Perhatikan tabel berikut !



Tabel Perhitungan ATP yang dihasilkan

Tahap	Tak langsung	Langsung
Glikolisis	2 NADH = 6 ATP	2 ATP
Oksidasi piruvat	2 NADH = 6 ATP	-
Siklus krebs	6 NADH = 18 ATP	2 ATP
<b>Jumlah</b>	<b>2 FADH<sub>2</sub> = 4 ATP</b>	<b>4 ATP</b>

Total ATP yang dihasilkan dalam proses respirasi Aerob adalah:

$$2 \text{ ATP} + 2 \text{ ATP} + 30 \text{ ATP} + 4 \text{ ATP} = 38 \text{ ATP}$$

Akan tetapi, pada proses glikolisis terjadi proses perpindahan dari sitoplasma menuju proses selanjutnya yaitu transpor elektron yang terjadi di mitokondria. Proses perpindahan ini akan membutuhkan energi 2 ATP, **maka ATP bersih yang dihasilkan adalah 36 ATP.**

#### b. Respirasi Anerob

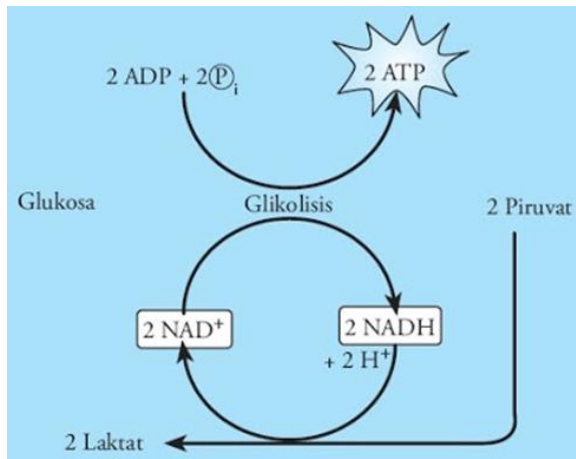
Respirasi anaerob merupakan respirasi yang tidak menggunakan oksigen sebagai penerima akhir pada saat pembentukan ATP. Respirasi anaerob juga menggunakan glukosa sebagai substrat. Respirasi anaerob sering disebut juga fermentasi. Respirasi anaerob hanya dapat dilakukan oleh mikroorganisme.

Dari hasil akhirnya, fermentasi dibedakan menjadi fermentasi asam laktat dan fermentasi alkohol.

##### 1. Fermentasi asam laktat

Fermentasi asam laktat merupakan respirasi anaerob, hasil akhir fermentasi ini ialah asam laktat yang disebut juga asam susu. Fermentasi asam laktat banyak dilakukan oleh fungi dan bakteri tertentu digunakan dalam industri susu untuk membuat keju dan yogurt.

Sebagian masyarakat menyebut asam laktat sebagai asam kelelahan, karena erat kaitannya dengan rasa lelah. Hal ini terjadi pada manusia, karena bergerak melebihi batas sehingga terjadi penimbunan asam laktat yang merupakan hasil akhir fermentasi pada otot tubuh. Hal ini terjadi karena pada sel otot manusia, suplay oksigen tubuh kurang. Laktat yang terakumulasi sebagai produk limbah dapat menyebabkan otot letih dan nyeri, namun secara perlahan diangkut oleh darah ke hati untuk diubah kembali menjadi piruvat.

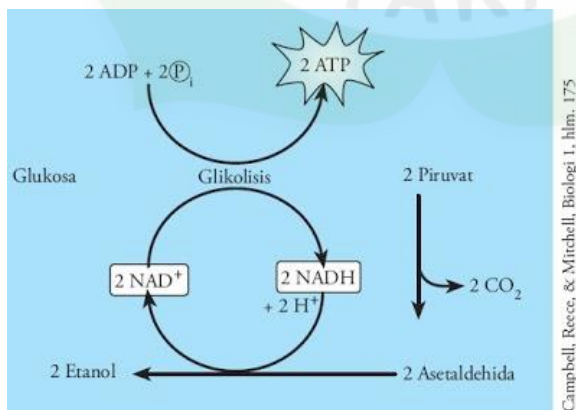


Gambar Fermentasi asam laktat

Proses fermentasi juga dimulai dengan glikolisis yang menghasilkan asam piruvat. Karena pada proses ini tidak ada oksigen yang merupakan reseptor terakhir, maka asam piruvat diubah menjadi asam laktat. Kejadian ini berakibat pada elektron yang tidak meneruskan perjalanannya, tidak lagi menerima elektron dari NADH dan FAD. Karena tidak terjadi penyaluran elektron, berarti pula NAD<sup>+</sup> dan FAD yang diperlukan dalam siklus krebs juga tidak terbentuk. Akibatnya, reaksi siklus krebs pun terhenti.

## 2. Fermentasi alkohol

Di sini peristiwa pembebasan energi terjadi karena asam piruvat diubah menjadi asam asetat dan CO<sub>2</sub>. Selanjutnya, asam asetat diubah menjadi alkohol. Pada peristiwa ini, NADH diubah menjadi NAD<sup>+</sup>. Dengan terbentuknya NAD<sup>+</sup>, glikolisis dapat terjadi. Dengan demikian, asam piruvat selalu tersedia, kemudian diubah menjadi energi. Pada fermentasi ini, energi (ATP) yang dihasilkan dari 1 molekul glukosa hanya 2 molekul ATP



Gambar Fermentasi alkohol

Beberapa contoh fermentasi alkohol, antara lain: pada pembuatan tape singkong atau tape ketan, bir, dan minuman anggur. Beberapa organisme bersel satu yang berperan dalam fermentasi alkohol adalah ragi (khamir) dan

bakteri. *Saccharomyces cereviceae* merupakan khamir yang berperan dalam pembuatan tape. Alkohol merupakan hasil fermentasi larutan gula oleh khamir. Untuk mengetahui ada tidaknya aktivitas fermentasi alkohol pada bahan, dapat dilihat berdasarkan gas CO<sub>2</sub> yang dihasilkan (dilihat dari ada tidaknya gelembung udara) dan ada tidaknya alkohol yang dihasilkan (dapat dicium bau alkoholnya).

## LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

### Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD ) RESPIRASI AEROB (katabolisme)

#### A. TUJUAN PEMBELAJARAN

**Menguraikan** proses metabolisme melalui kajian literatur berdasarkan pola pikir ilmiah dengan **teliti**.

#### B. DASAR TEORI

##### Katabolisme

Katabolisme adalah reaksi penguraian senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan bantuan enzim.

Proses utama katabolisme adalah respirasi seluler, dimana gula glukosa dan bahan organik lainnya dirombak menjadi karbondioksida dan air. Setelah perombakan tersebut, energi yang tersimpan dalam molekul organik dapat digunakan untuk melaksanakan kerja sel (Campbell, dkk: 2000).

##### **RESPIRASI**

Kegiatan respirasi dilakukan setiap saat oleh setiap sel hidup, baik sel tumbuhan maupun sel hewan. Ditinjau dari bentuknya respirasi terbagi dua macam, yaitu respirasi eksternal (luar) dan internal (dalam). Berdasarkan kebutuhan akan oksigen, respirasi internal dibagi menjadi respirasi aerobik (memerlukan oksigen) dan respirasi anaerobik (tidak membutuhkan oksigen).

##### **Respirasi aerob**

Respirasi aerob merupakan serangkaian reaksi enzimatik yang mengubah glukosa secara sempurna menjadi CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, dan menghasilkan energi sebesar 38 ATP. Pada pernapasan ini, pembebasan energi menggunakan oksigen bebas dari udara. Pada tumbuhan, oksigen yang dibutuhkan diperoleh dari udara melalui mulut daun dan lentisel. Zat organik terutama karbohidrat dipecahkan.

Pengubahan glukosa menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O dapat dibagi menjadi 4 tahap, yaitu glikolisis, reaksi antara (dekarboksilasi oksidatif/oksidasi piruvat), siklus Krebs, dan transfer elektron.

**a. Glikolisis**

Glikolisis adalah serangkaian reaksi enzimatik yang memecah glukosa (terdiri dari 6 atom C) menjadi asam piruvat (terdiri dari 3 atom C).

**b. Reaksi antara/oksidasi piruvat**

Dalam reaksi ini, piruvat dioksidasi (dekarboksilasi oksidatif) menjadi Asetil-KoA, yang terjadi di dalam matriks mitokondria.

**c. Siklus Krebs**

Siklus Krebs adalah reaksi antara asetil KoA dengan asam oksaloasetat, yang kemudian membentuk asam sitrat. Ada delapan tahapan utama yang terjadi selama siklus Krebs.

**d. Transfer Elektron**

Transfer elektron terjadi di membran dalam mitokondria, dan berakhir setelah elektron dan  $H^+$  bereaksi dengan oksigen yang berfungsi sebagai akseptor terakhir, membentuk  $H_2O$ . ATP yang dihasilkan pada tahap ini adalah 32 ATP.

**C. ALAT DAN BAHAN**

1. Alat tulis menulis
2. Karton, artikel tentang katabolisme (respirasi aerob) pada makhluk hidup
3. Literatur (buku-buku yang relevan dengan materi pembelajaran)

**D. LANGKAH KERJA**

1. Peserta didik membagi dalam beberapa kelompok sebagai tim asal (masing-masing kelompok asal terdiri dari 5 orang)
2. Peserta didik dalam kelompok asal diberi nomor 1-5 sebagai tim ahli
3. Bacalah LKPD yang telah dibagikan kepada anda
4. Kerjakan soal LKPD sesuai dengan nomor yang didapat dari kelompok asal
  - Anggota nomor 1: membahas materi tentang katabolisme (respirasi aerob) pada manusia
  - Anggota nomor 2: membahas materi tentang katabolisme (respirasi aerob) pada tumbuhan
  - Anggota nomor 3: membahas materi tentang katabolisme (respirasi aerob) pada mikroba
5. Diskusikan dan analisislah bersama teman kelompok ahli masing-masing dengan membahas materi katabolisme (respirasi aerob) pada makhluk hidup yang ada pada soal LKPD dengan membaca artikel yang dibagikan dan sumber/literature yang anda miliki
6. Setelah selesai diskusi dalam tim ahli, tiap anggota kembali ke kelompok asal dan bergantian mengajar teman satu tim tentang sub bab yang mereka kuasai

7. Presentasikanlah hasil diskusi kelompokmu
8. Buatlah kesimpulan dari hasil diskusi anda

**E. Bahan Diskusi**

1. Kajiilah literatur/artikel tentang katabolisme (respirasi aerob) pada manusia

**Analisis:**

Isilah tabel di bawah ini berdasarkan hasil diskusi anda!

No	Tahapan Respirasi aerob	Tempat reaksi	Proses	Hasil	Ket

- a. Berapa jumlah energi yang dihasilkan dari oksidasi NADH<sub>2</sub> dan FADH<sub>2</sub> dalam transpor elektron?

Jawab:

.....

.....

- b. Berapa jumlah ATP yang dihasilkan oleh 1 molekul glukosa melalui respirasi aerob pada manusia?

Jawab:

.....

.....

**Kesimpulan:** .....

.....

.....

2. Kajiilah literatur/artikel tentang katabolisme (respirasi aerob) pada tumbuhan

**Analisis:**

Isilah tabel di bawah ini berdasarkan hasil diskusi anda!

No	Tahapan Respirasi aerob	Tempat reaksi	Proses	Hasil	Ket

- a. Berapa jumlah energi yang dihasilkan dari oksidasi NADH<sub>2</sub> dan FADH<sub>2</sub> dalam transpor elektron?

Jawab:

.....  
 .....

- b. Berapa jumlah ATP yang dihasilkan oleh 1 molekul glukosa melalui respirasi aerob pada tumbuhan?

Jawab:

.....  
 .....

**Kesimpulan:** .....  
 .....  
 .....

3. Kaji literatur/artikel tentang katabolisme (respirasi aerob) pada mikroba

**Analisis:**

Isilah tabel di bawah ini berdasarkan hasil diskusi anda!

No	Tahapan Respirasi aerob	Tempat reaksi	Proses	Hasil	Ket

- a. Berapa jumlah energi yang dihasilkan dari oksidasi NADH<sub>2</sub> dan FADH<sub>2</sub> dalam transpor elektron?

Jawab:

.....  
 .....

- b. Berapa jumlah ATP yang dihasilkan oleh 1 molekul glukosa melalui respirasi aerob pada mikroba?

Jawab:

.....  
 .....

**Kesimpulan:** .....

.....

.....

.....

.....

.....



## Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD )

### RESPIRASI ANAEROB (katabolisme)

#### A. Tujuan Pembelajaran

Menguraikan proses metabolisme melalui kajian literatur berdasarkan pola pikir ilmiah dengan teliti.

2. Membedakan proses pembentukan energi pada makhluk hidup melalui studi literatur jujur terhadap data dan fakta.

#### B. Dasar Teori

##### RESPIRASI ANAEROB

Respirasi anaerob merupakan respirasi yang tidak menggunakan oksigen sebagai penerima elektron akhir pada saat pembentukan ATP. Respirasi anaerob juga menggunakan glukosa sebagai substrat. Meskipun energi yang dihasilkannya jauh lebih kecil daripada respirasi aerob, jumlah ini cukup bagi mikroorganisme dan energi awal bagi hewan. Selain menghasilkan ATP, glikolisis juga menghasilkan NADH dan  $\text{NAD}^+$ . Tanpa suplai  $\text{NAD}^+$  yang memadai, proses glikolisis pada respirasi anaerob dapat terhenti. Oleh karena itu, organisme yang melakukan respirasi anaerob harus mampu mengoksidasi NADH menjadi  $\text{NAD}^+$  kembali.

Setelah berolahraga atau mengerjakan pekerjaan berat, napas kita menjadi terengah-engah karena suplai oksigen yang masuk tubuh menjadi berkurang. Tubuh mengatasi keadaan ini dengan memperpendek jalur pembentukan energi melalui proses respirasi anaerob. Respirasi anaerob terjadi bila tidak tersedia oksigen. Dalam respirasi aerob oksigen berperan sebagai penerima electron terakhir. Bila peran oksigen digantikan oleh zat lain, terjadilah respirasi anaerob. Organela-organela dan reaksi-reaksi yang terlibat dalam proses respirasi aerob sama dengan respirasi anaerob. Adapun zat lain yang dapat menggantikan peran oksigen diantaranya  $\text{NO}_3$  dan  $\text{SO}_4$ . Sejauh ini baru diketahui yang dapat menggunakan zat pengganti oksigen merupakan golongan mikroorganisme. Hampir sama dengan respirasi aerob, selama respirasi anaerob berlangsung, pada mikroorganisme substrat dioksidasi menjadi  $\text{CO}_2$  melalui pemindahan  $\text{H}^+$  secara berantai. Hasil akhir yang diperoleh merupakan campuran dari produk yang lebih teroksidasi ataupun yang lebih tereduksi dibandingkan substrat awalnya. Tergantung pada jenis mikroorganismenya, produk akhir tersebut berupa asam, alkohol, keton, dan gas-gas (Fahrudin, 2010). Dengan demikian organisme tingkat tinggi tidak dapat melakukan respirasi anaerob. Apabila tidak tersedia oksigen, organisme tingkat tinggi akan mengubah energi potensial kimia menjadi energi kinetik melalui proses fermentasi.



Respirasi pada tumbuhan, tidak bisa diamati seperti pada manusia. Tumbuhan melakukan respirasi pada bagian daunnya yang dikenal dengan stomata atau mulut daun. Melalui stomata, tumbuhan menyerap oksigen. Tumbuhan bisa melakukan respirasi aerob dan anaerob. Pada respirasi aerob, terjadi proses pembakaran atau oksidasi glukosa secara sempurna dan akan menghasilkan energi dalam jumlah yang besar yakni 36 ATP. Respirasi anaerob terdapat pada tumbuhan tingkat tinggi, hanya terjadi jika persediaan oksigen bebas di bawah minimum. Contoh: kecambah jagung yang tidak dapat mempertahankan hidupnya di dalam suatu tempat yang tidak ada oksigen sama sekali. Misalnya tergenang air agak lama, sehingga akan mengancam kehidupannya. Hal ini karena respirasi aerob terhenti sama sekali, sedangkan respirasi anaerob tak mungkin mencukupi energi yang dibutuhkan.

Pada biji-bijian yang tampak kering (jagung, padi, biji bunga matahari), buah-buahan yang berdaging seperti buah apel dan peer dapat bertahan berbulan-bulan dalam penyimpanan, dimana hanya terdapat H dan N saja, buah terus menghasilkan CO<sub>2</sub> sebagai tanda bahwa masih terjadi respirasi terus. Hasil dari respirasi tersebut adalah asam sitrat, asam malat, asam oksalat, dan asam laktat.

### **Fermentasi**

Fermentasi adalah produksi energi di dalam sel berupa respirasi yang terjadi dalam kondisi anaerob (tanpa melibatkan oksigen). Fermentasi menggunakan agen pengoksidasi yang berasal dalam sel dan jaringan dari organisme tersebut, dengan mentransfer elektron dari NADH ke piruvat atau turunan dari piruvat.

Piruvat, produk akhir dari glikolisis, berfungsi sebagai akseptor elektron untuk mengoksidasi NADH kembali ke NAD<sup>+</sup>, yang kemudian dapat digunakan kembali dalam glikolisis (Campbell, dkk: 2011).

Ada banyak jenis fermentasi, berbeda dalam produk akhir yang terbentuk dari piruvat. Dua jenis umum adalah fermentasi alkohol dan fermentasi asam laktat.

#### **a. Fermentasi alkohol**

Dalam beberapa mikroorganisme seperti ragi, glukosa dioksidasi menghasilkan etanol dan CO dalam proses yang disebut fermentasi alkohol.

#### **b. Fermentasi Asam Laktat**

Sama halnya dengan fermentasi alkohol, fermentasi asam laktat dimulai dengan tahap glikolisis. Fermentasi asam laktat dilakukan oleh sel otot dan beberapa sel lainnya, serta beberapa bakteri asam laktat.

### **C. Alat dan Bahan**

1. Alat tulis menulis
2. Karton, artikel tentang katabolisme (respirasi anaerob) dan fermentasi pada makhluk hidup
3. Literatur (buku-buku yang relevan dengan materi pembelajaran)

### **D. Langkah Kerja**

1. Peserta didik membagi dalam beberapa kelompok sebagai tim asal (masing-masing kelompok asal terdiri dari 5 orang)
2. Peserta didik dalam kelompok asal diberi nomor 1-5 sebagai tim ahli
3. Bacalah LKPD yang telah dibagikan kepada anda
4. Kerjakan soal LKPD sesuai dengan nomor yang didapat dari kelompok asal
  - Anggota nomor 1: membahas materi tentang katabolisme (respirasi anaerob) pada manusia
  - Anggota nomor 2: membahas materi tentang katabolisme (respirasi anaerob) pada tumbuhan
  - Anggota nomor 3: membahas materi tentang katabolisme (respirasi anaerob) pada mikroba
  - Anggota nomor 4 : membahas materi tentang fermentasi alkohol
  - Anggota nomor 5 : membahas materi tentang fermentasi laktat
5. Diskusikan dan analisislah bersama teman kelompok ahli masing-masing dengan membahas materi katabolisme (respirasi anaerob) dan fermentasi pada makhluk hidup yang ada pada soal LKPD dengan membaca artikel yang dibagikan dan sumber/literature yang anda miliki
6. Setelah selesai diskusi dalam tim ahli, tiap anggota kembali ke kelompok asal dan bergantian mengajar teman satu tim tentang sub bab yang mereka kuasai
7. Presentasikanlah hasil diskusi kelompokmu
8. Buatlah kesimpulan dari hasil diskusi anda

**E. Bahan Diskusi**

1. Kajiilah literatur/artikel tentang katabolisme (respirasi anaerob) pada manusia

**Analisis:**

Isilah tabel di bawah ini berdasarkan hasil diskusi anda!

No	Tahapan anaerob	Respirasi	Tempat reaksi	Bahan	Proses	Hasil	Ket

a. Berapa jumlah ATP yang dihasilkan oleh 1 molekul glukosa melalui respirasi anaerob pada manusia?

Jawab:

.....  
.....

b. Jelaskan perbedaan respirasi aerob dengan anaerob!

Jawab:

.....  
.....

**Kesimpulan:** .....  
.....  
.....  
.....

2. Kajiilah literatur/artikel tentang katabolisme (respirasi anaerob) pada tumbuhan

**Analisis:**

Isilah tabel di bawah ini berdasarkan hasil diskusi anda!

No	Tahapan anaerob	Respirasi	Tempat reaksi	Bahan	Proses	Hasil	Ket

- a. Berapa jumlah ATP yang dihasilkan oleh 1 molekul glukosa melalui respirasi anaerob pada tumbuhan?

Jawab:

.....  
 .....

- b. Jelaskan perbedaan respirasi aerob dengan anaerob

Jawab:

.....  
 .....

**Kesimpulan:** .....  
 .....  
 .....

3. Kaji literatur/artikel tentang katabolisme (respirasi anaerob) pada mikroba

**Analisis:**

Isilah tabel di bawah ini berdasarkan hasil diskusi anda!

No	Tahapan anaerob	Respirasi	Tempat reaksi	Bahan	Proses	Hasil	Ket

- a. Berapa jumlah ATP yang dihasilkan oleh 1 molekul glukosa melalui respirasi anaerob pada mikroba?

Jawab:

.....  
 .....

- b. Jelaskan perbedaan respirasi aerob dengan anaerob

Jawab:

.....  
 .....

**Kesimpulan:** .....

.....

.....

.....

4. Kajiilah artikel/ literature tentang fermentasi alkohol!  
Isilah tabel di bawah ini sesuai hasil kajian anda!

No	Tahapan fermentasi alkohol	Tempat reaksi	Bahan	Proses	Hasil	Ket

**Analisis:**

a. Apakah semua makhluk hidup mampu melakukan fermentasi alkohol?

Jawab:

.....

.....

.....

b. Berapakah ATP yang dihasilkan melalui fermentasi alkohol?

Jawab:

.....

.....

.....

c. Apa persamaan dan perbedaan antara respirasi anaerob dengan fermentasi?

Jawab:

.....

.....

.....

**Kesimpulan:**

.....

.....

.....

5. Kajiilah artikel/ literature tentang fermentasi laktat!

Isilah tabel di bawah ini sesuai hasil kajian anda!

No	Tahapan fermentasi laktat	Tempat reaksi	Bahan	Proses	Hasil	Ket

**Analisis:**

a. Mengapa seseorang yang tidak biasa melakukan olahraga, apabila melakukannya pertama kali maka tubuh akan terasa sangat pegal dan kelelahan?

Jawab:

.....  
.....  
.....

b. Apa persamaan dan perbedaan antara respirasi anaerob dengan fermentasi?

Jawab:

.....  
.....  
.....

**Kesimpulan:**

.....  
.....  
.....  
.....

**LATIHAN SOAL (katabolisme).**

Jawablah Pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

1. Jelaskan yang dimaksud dengan respirasi aerob! Jelaskan hasil akhir dari empat tahapan yang terjadi pada respirasi aerob!
2. Jelaskan yang dimaksud dengan respirasi anaerob!!
3. Jelaskan proses yang terjadi di dalam siklus krebs!
4. Tuliskan perbedaan antar fermentasi alkohol dan fermentasi cuka!

## Kegiatan Belajar 3

### 1. Tujuan Pembelajaran :

Melalui kegiatan Pembelajaran dengan pendekatan saintifik menggunakan model pembelajaran Discovery learning dan melalui kajian literatur peserta didik dapat menjelaskan reaksi terang dan reaksi gelap dalam tahapan fotosintesis dengan menggunakan bagan dengan benar, menjelaskan produk fotosintesis dengan benar, sehingga peserta didik dapat membangun kesadaran akan kebesaran Tuhan YME, menumbuhkan perilaku disiplin, mandiri, teliti, kreatif, kerjasama dan peduli lingkungan.

### 2. Uraian Materi

#### ANABOLISME

##### A. Pengertian Anabolisme

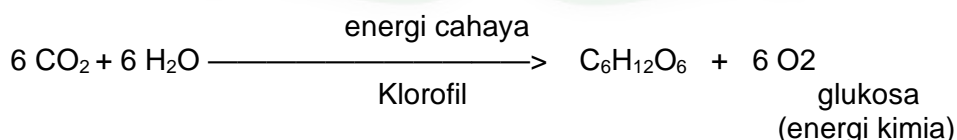
Anabolisme atau biosintesis atau disebut juga dengan asimilasi merupakan suatu proses penyusunan senyawa kimia yang sederhana ke senyawa kimia atau pun juga molekul kompleks. Senyawa kompleks tersebut biasanya disebut dengan senyawa makromolekul. Makromolekul yang terbentuk tersebut seperti misalnya asam nukleat, lemak, karbohidrat serta juga protein. Peristiwa ini tentu memerlukan energi dari luar, sehingga prosesnya disebut dengan istilah reaksi endorgenik.

Contoh Anabolisme adalah fotosintesis dan kemosintesis.

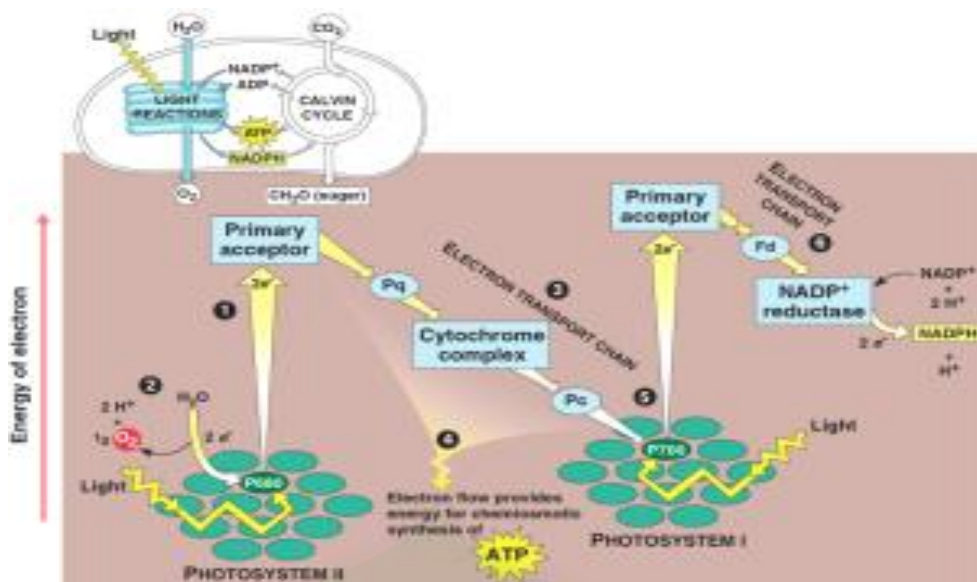
##### 1. FOTOSINTESIS

Fotosintesis adalah peristiwa penyusunan zat organik (gula) dari zat anorganik (air, karbon dioksida) dengan menggunakan energi cahaya atau foton. Pada kloroplas terjadi transformasi energi, yaitu dari energi cahaya berubah menjadi energi kimia sebagai energi potensial, berupa ikatan senyawa organik (karbohidrat). Dengan bantuan enzim-enzim, proses tersebut berlangsung cepat dan efisien.

Proses fotosintesis digambarkan dalam reaksi kimia berikut.



Fotosintesis berlangsung dlm 2 tahap, yaitu reaksi terang dan reaksi gelap.



a. reaksi terang (tempat di tilakoid/grana)

Pada reaksi ini terjadi 2 tahap yaitu jalur siklik dan jalur non-siklik. Disini terjadi pengkapan energy cahaya. Energy tersebut kemudian diteruskan ke pusat reaksi.

- jalur siklik

elektron dilepaskan oleh fotosistem I, lalu menuju ke system transfer elektron, lalu ke fotosistem I lagi.

- jalur non-siklik

Terjadi fotolisis : pemecahan molekul air menjadi  $H_2$  dan  $O_2$ . Fotosistem II mengambil elektron hasil fotolisis, lalu diteruskan ke fotosistem I melalui system transper elektron. Pda saat yg sama, fotosistem I akan melepas elektron. Lalu elektron itu diteruskan ke system transfer elektron hingga membentuk  $NADPH_2$ .

b. reaksi gelap /calvin benson(tempat di di stroma)

Pada reaksi ini terjadi 3 tahap, yaitu *fiksasi*, *reduks*, dan *regenerasi*.

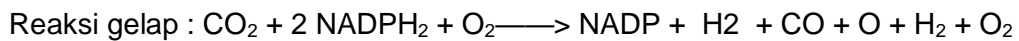
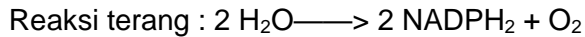
- Fiksasi, terjadi peristiwa  $CO_2$  (1C) diikat RuBP (5C) senyawa 6 karbon yang labil, senyawa ini memecah menjadi 2 PGA.

- Reduks : Pada tahap reduksi, PGA menerima gugus fosfat dari ATP sehingga terbentuk 1,3-bifosogliserat (PAGP). Selanjutnya, PAGP menerima ion hidrogen dan elektron dari  $NADPH_2$  sehingga terbentuk gliseraldehid-3-fosfat (PGAL)

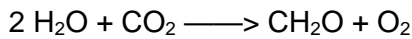
- Regenerasi : 6  $CO_2$  yg diikat menjadi 12 PGAL, 10 PGAL kembali menjadi RuBP akan mengikat  $CO_2$  lagi, 2 PGAL berkondensasi menjadi glukosa 6 fosfat yang menjadi bahan baku untuk sukrosa dan tepung pati.



Ringkasnya :



atau

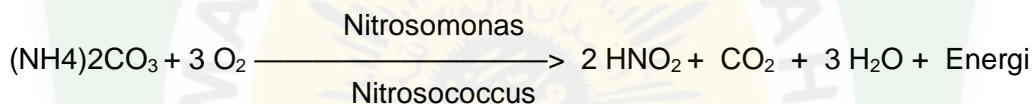


atau



## 2. KEMOSINTESIS

Tidak semua tumbuhan dapat melakukan asimilasi C menggunakan cahaya sebagai sumber energi. Beberapa macam bakteri yang tidak mempunyai klorofil dapat mengadakan asimilasi C dengan menggunakan energi yang berasal dari reaksi-reaksi kimia, misalnya bakteri sulfur, bakteri nitrat, bakteri nitrit, bakteri besi dan lain-lain. Bakteri-bakteri tersebut memperoleh energi dari hasil oksidasi senyawa-senyawa tertentu. Bakteri besi memperoleh energi kimia dengan cara oksidasi  $\text{Fe}^{2+}$  (ferro) menjadi  $\text{Fe}^{3+}$  (ferri). Bakteri Nitrosomonas dan Nitrosococcus memperoleh energi dengan cara mengoksidasi  $\text{NH}_3$ , tepatnya Amonium Karbonat menjadi asam nitrit dengan reaksi:



## 3. Sintesis Lemak

Lemak dapat disintesis dari karbohidrat dan protein, karena dalam metabolisme, ketiga zat tersebut bertemu di dalam daur Krebs. Sebagian besar pertemuannya berlangsung melalui pintu gerbang utama siklus (daur) Krebs, yaitu Asetil Koenzim A. Akibatnya ketiga macam senyawa tadi dapat saling mengisi sebagai bahan pembentuk semua zat tersebut.

### 3.1. Sintesis Lemak dari Karbohidrat :

Glukosa diurai menjadi piruvat  $\longrightarrow$  gliserol.

Glukosa diubah  $\longrightarrow$  gula fosfat  $\longrightarrow$  asetilKo-A  $\longrightarrow$  asam lemak.

Gliserol + asam lemak  $\longrightarrow$  lemak.

### 3.2. Sintesis Lemak dari Protein:

Protein  $\xrightarrow{\text{Protease}}$  Asam Amino

Sebelum terbentuk lemak asam amino mengalami deaminasi lebih dahulu, setelah itu memasuki daur Krebs. Banyak jenis asam amino yang langsung ke asam piruvat  $\longrightarrow$  Asetil Ko-A. Asam amino Serin, Alanin, Valin, Leusin, Isoleusin dapat terurai menjadi Asam pirovat, selanjutnya asam piruvat  $\longrightarrow$  gliserol  $\longrightarrow$  fosfogliseraldehid Fosfogliseraldehid dengan asam lemak akan mengalami esterifikasi membentuk lemak.

#### 4. Sintesis Protein

Sintesis protein yang berlangsung di dalam sel, melibatkan DNA, RNA dan Ribosom. Penggabungan molekul-molekul asam amino dalam jumlah besar akan membentuk molekul polipeptida. Pada dasarnya protein adalah suatu polipeptida. Setiap sel dari organisme mampu untuk mensintesis protein-protein tertentu yang sesuai dengan kebutuhannya. Sintesis protein dalam sel dapat terjadi karena pada inti sel terdapat DNA dan RNA.

### **B. Keterkaitan Proses Katabolisme dan Anabolisme**

- Proses katabolisme dan anabolisme dalam suatu organisme berlangsung secara kontinyu dan bersamaan. Keduanya merupakan proses perubahan energi sehingga energi dalam tubuh organisme tersebut tetap tersedia.
- Tumbuhan hijau sebagai organisme fotoautotrof menyediakan sumber energi kimia bagi organisme heterotrof, sebaliknya organisme heterotrof akan melepaskan sisa metabolisme berupa  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  yang akan dimanfaatkan kembali oleh tumbuhan hijau untuk proses fotosintesis.
- Secara ekologis terdapat hubungan antara tumbuhan hijau sebagai produsen dan hewan sebagai konsumen dalam proses transformasi energi. Dalam tubuh individu organisme itu sendiri terjadi proses penyusunan dan pembongkaran zat untuk transformasi energi.
- Dalam tumbuhan hijau, mereka menyusun makanannya sendiri melalui proses fotosintesis. Selanjutnya ia juga memanfaatkan senyawa kimia yang terbentuk dari fotosintesis tersebut untuk proses respirasi sel guna menghasilkan energi. Bahkan mungkin kalian pernah mengamati beberapa tumbuhan dapat menyimpan cadangan makanannya sebagai energi cadangan, yang tersimpan dalam bentuk umbi-umbian. Begitu pula dalam tubuh hewan, termasuk dalam tubuh manusia terjadi proses penyusunan dan pembongkaran zat tersebut. Disamping ada proses respirasi protein (katabolisme) untuk memperoleh energi, juga terjadi proses penyusunan (sintesis) protein yang penting untuk tersedianya protein guna membangun sel atau jaringan yang rusak dan sebagai pembangun struktur jaringan tubuh. Demikian pula sintesis lemak dan pembongkaran lemak, merupakan dua proses yang saling berkaitan satu sama lain.

### **C. Keterkaitan Metabolisme Karbohidrat, Lemak, dan Protein**

Proses metabolisme karbohidrat, protein dan lemak dalam sel tubuh manusia, satu sama lain saling terkait. Ketiga proses metabolisme tersebut akan melewati senyawa asetil CO-A, sebagai senyawa antara untuk memasuki siklus Krebs. Begitu pula apabila terjadi kelebihan sintesis glukosa, maka dalam tubuh akan diubah menjadi senyawa lemak sebagai cadangan energi.

## LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD )

### Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD ) ANABOLISME

#### A. TUJUAN

1. Menguraikan proses metabolisme melalui kajian literatur berdasarkan pola pikir ilmiah dengan teliti.

#### B. DASAR TEORI

##### Fotosintesis

Proses sintesis karbohidrat dari bahan-bahan anorganik ( $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ ) pada tumbuhan berpigmen dengan bantuan energi cahaya matahari disebut fotosintesis. Energi cahaya diubah menjadi energi kimia oleh pigmen fotosintesis yang terdapat pada membran interna atau tilakoid. Pigmen fotosintesis yang utama ialah klorofil dan karotenoid. Klorofil a dan b menunjukkan absorpsi yang sangat kuat untuk panjang gelombang biru dan ungu, jingga dan merah (lembayung) dan menunjukkan absorpsi yang sangat kurang untuk panjang gelombang hijau dan kuning hijau (500-600 nm).

##### 1. Reaksi Terang

Berdasarkan hasil percobaan Robert Eerson dan rekan-rekannya pada tahun 1956 (cambal edisi ke-5 1987), mereka menyimpulkan bahwa reaksi-reaksi terang harus mencakup dua proses yang berlainan: satu yang diberi energi oleh cahaya dengan panjang geleombang lebih besar, dinamai fotosistem I, dan yang satu lagi dinamai fotosistem II yang mendapat energi dari cahaya berpanjang gelombang lebih pendek.

Reaksi terang melibatkan dua fotosistem yang saling bekerja sama, yaitu fotosistem I dan II. Fotosistem I (PS I) berisi pusat reaksi P700, yang berarti bahwa fotosistem ini optimal menyerap cahaya pada panjang gelombang 700 nm, sedangkan fotosistem II (PS II) berisi pusat reaksi P680 dan optimal menyerap cahaya pada panjang gelombang 680 nm.

##### 2. Reaksi gelap

Reaksi gelap pada tumbuhan dapat terjadi melalui dua jalur, yaitu siklus Calvin-Benson. Pada siklus Calvin-Benson tumbuhan mengubah senyawa ribulosa 1,5 bisfosfat menjadi senyawa dengan jumlah atom karbon tiga yaitu senyawa 3-phosphogliserat. Mekanisme siklus Calvin-Benson dimulai dengan fiksasi  $\text{CO}_2$  oleh ribulosa difosfat karboksilase (RuBP) membentuk 3-fosfogliserat. RuBP merupakan enzimalosetrik yang distimulasi oleh tiga jenis perubahan yang dihasilkan dari pencahayaan kloroplas.

## **Kemosintesis**

Cahaya digunakan sebagai sumber energi untuk memecah molekul air. Elektron yang dihasilkan digunakan dalam proses transport elektron yang menghasilkan NADPH dan ATP. Senyawa NADH dan ATP ini digunakan untuk sintesis gula (selanjutnya diubah menjadi amilum) yang akan digunakan sebagai cadangan makanan oleh tumbuhan. Jadi, energi cahaya diubah menjadi energi yang tersimpan dalam bentuk ikatan kimia.

Sumber energi tidak hanya cahaya. Beberapa mikroorganisme ada yang dapat memperoleh energi dengan jalan mengoksidasi senyawa kimia. Misalnya bakteri belerang (Beggiota, Thiobacillus), bakteri nitrit (Nitrosomonas), bakteri nitrat (Nitrosobacter), dan bakteri besi (Cladothrix).

## **BIOSINTESIS**

### **a. Glukoneogenesis**

Proses pembentukan glukosa (glukosa) dari zat lain selain gula di dalam sel, mungkin saja bahan pembentuk itu masih dalam kelompok karbohidrat seperti glikogen atau bahan-bahan lain seperti protein, lemak, laktat dan asetil koenzim A. Hal tersebut dapat terjadi disebabkan tubuh memiliki mekanisme untuk mengubah berbagai senyawa. Di lain pihak terdapat kesamaan jalur dari anabolisme maupun katabolisme zat-zat makanan terutama karbohidrat, lipid, protein dan asam nukleat.

Glukoneogenesis terjadi pada sitosol, walaupun masih terdapat beberapa reaksi yang berjalan di dalam mitokondria dan harus di transfer ke sitosol. Organ utama yang menjadi tempat terjadinya glukoneogenesis pada hewan yaitu hati. Sepintas glukoneogenesis seperti reaksi kebalikan glikolisis. Namun demikian terdapat beberapa reaksi yang bukan merupakan reaksi kebalikan glikolisis dan beberapa reaksi yang sulit untuk membalikan reaksi glikolisis.

### **Sintesis Lemak**

Lemak dapat disintesis dari karbohidrat dan protein, karena dalam metabolisme, ketiga zat tersebut bertemu di dalam daur Krebs. Sebagian besar pertemuannya berlangsung melalui pintu gerbang utama siklus (daur) Krebs, yaitu Asetil Ko-enzim A.

### **Sintesis Protein**

Sintesis protein yang berlangsung di dalam sel, melibatkan DNA, RNA dan Ribosom. Penggabungan molekul-molekul asam amino dalam jumlah besar akan membentuk molekul polipeptida. Pada dasarnya protein adalah suatu polipeptida. Setiap sel dari organisme mampu untuk mensintesis protein-protein tertentu yang sesuai dengan keperluannya. Sintesis protein dalam sel dapat terjadi karena pada inti sel terdapat suatu zat (substansi) yang berperan penting sebagai "pengatur sintesis protein". Substansi-substansi tersebut adalah DNA dan RNA.

## **C. ALAT DAN BAHAN**

1. Alat tulis menulis
2. Karton, artikel tentang anabolisme pada makhluk hidup
3. Literatur (buku-buku yang relevan dengan materi pembelajaran)

**D. LANGKAH KERJA**

1. Peserta didik membagi dalam beberapa kelompok sebagai tim asal
2. Peserta didik dalam kelompok asal diberi nomor 1-5 sebagai tim ahli
3. Bacalah LKPD yang telah dibagikan kepada anda
4. Kerjakan soal LKPD sesuai dengan nomor yang didapat dari kelompok asal
  - Anggota nomor 1: membahas materi tentang anabolisme reaksi terang
  - Anggota nomor 2: membahas materi tentang anabolisme reaksi gelap
  - Anggota nomor 3: membahas materi tentang merancang praktikum fotosintesis
  - Anggota nomor 4: membahas materi anabolisme terkait proses kemosintesis
  - Anggota nomor 5: membahas materi anabolisme terkait proses biosintesis
  - Anggota nomor 6: membahas materi anabolisme terkait proses glukoneogenesis
5. Diskusikan dan analisislah bersama teman kelompok ahli masing-masing dengan membahas materi anabolisme (reaksi terang dan reaksi gelap) yang ada pada soal LKPD dengan membaca artikel yang dibagikan dan sumber/literature yang anda miliki
6. Setelah selesai diskusi dalam tim ahli, tiap anggota kembali ke kelompok asal dan bergantian mengajar teman satu tim tentang sub bab yang mereka kuasai
7. Presentasikanlah hasil diskusi kelompokmu
8. Buatlah kesimpulan dari hasil diskusi anda

**E. SOAL BAHAN DISKUSI**

1. Kajiilah literatur/artikel tentang anabolisme (reaksi terang) pada proses fotosintesis

**Analisis:**

- Buatlah tahap-tahap reaksi terang pada proses fotosintesis!
- Isilah tabel di bawah ini berdasarkan hasil diskusi anda!

No	Tahapan Reaksi Terang	Tempat reaksi	Bahan	Proses	Hasil	Ket

**Kesimpulan:** .....

.....

.....

.....

2. Kaji literatur/artikel tentang anabolisme (reaksi gelap) pada proses fotosintesis

**Analisis:**

- Buatlah tahap-tahap reaksi gelap pada proses fotosintesis!
- Isilah tabel di bawah ini berdasarkan hasil diskusi anda!

No	Tahapan Reaksi gelap	Tempat reaksi	Bahan	Proses	Hasil	Ket

**Kesimpulan:** .....  
.....  
.....

3. Kaji literatur/artikel tentang anabolisme terkait proses kemosintesis

**Analisis:**

- Buatlah tahap-tahap reaksi kemosintesis!
- Isilah tabel di bawah ini berdasarkan hasil diskusi anda!

No	Tahapan Reaksi Kemosintesis	Bahan	Proses	Hasil	Ket

**Kesimpulan:** .....  
.....  
.....

4. Kajiilah literatur/artikel tentang anabolisme terkait proses biosintesis

**Analisis:**

- Buatlah tahap-tahap proses biosintesis!
- Isilah tabel di bawah ini berdasarkan hasil diskusi anda!

No	Bentuk-Bentuk biosintesis	Tahapan Reaksi Biosintesis	Tempat reaksi	Bahan	Proses	Hasil	Ket

**Kesimpulan:** .....

.....

.....

3. Kajiilah literatur/artikel tentang anabolisme terkait proses glukoneogenesis

**Analisis:**

- Buatlah tahap-tahap proses glukoneogenesis!
- Isilah tabel di bawah ini berdasarkan hasil diskusi anda!

No	Tahapan Reaksi Glukoneogenesis	Bahan	Proses	Hasil	Ket

**Kesimpulan:**

.....

.....

.....

## Latihan Soal (Anabolisme)

Pilih satu jawaban yang paling tepat!

1. Pada reaksi terjadi tiga tahap , yaitu fase fiksasi , reduksi , dan regenerasi .  
Peristiwa yang terjadi pada fase reduksi adalah ...
  - A. Pengikatan CO<sub>2</sub> dari udara oleh senyawa karbon beratom C<sub>5</sub> ( RuBp)
  - B. Pemakaian H dari NADPH<sub>2</sub> untuk menghasilkan senyawa PGAL yang beratom C<sub>3</sub>
  - C. Terbentuknya kembali RuBp untuk melanjutkan proses pembentukan glukosa
  - D. Pemakaian H dari FADH<sub>2</sub> untuk mereduksi senyawa fosfogliseraldehid dalam pembentukan glukosa
  - E. Pelepasan CO<sub>2</sub> dari senyawa karbon beratom C<sub>5</sub> yang dikenal dengan RuBp
2. Tahap reaksi gelap terjadi bila ...
  - A. Ada cahaya , terjadi di stroma , energy dari ATP dan NADPH dari reaksi terang
  - B. Ada acahaya maupun tidak ada cahaya , terjadi di stroma , tanpa energy ATP dan NADPH
  - C. Ada cahaya maupun tidak ada cahaya , energy dari ATP dan NADPH dari reaksi terang
  - D. Tanpa ada cahaya , di stroma , energy dari ATP dan NADPH
  - E. Ada cahaya bisa terjadi di stroma dengan energy NADPH
3. Berikut ini adalah beberapa reaksi yang terjadi pada saat tumbuhan melakukan fotosintesis ...
  1. Fotofosforilasi untuk sintesis ATP
  2. Fotolisis air
  3. Perubahan PGA menjadi PGAL
  4. Fiksasi CO<sub>2</sub>
  5. Sintesis senyawa organik dari PGALUrutan reaksi yang terjadi pada reaksi gelap adalah ...
  - A. 1 – 2 – 3
  - B. 2 – 1 – 4
  - C. 3 – 4 – 5
  - D. 4 – 3 – 5
  - E. 4 – 5 – 3
4. Tahapan yang terjadi selama proses fotosintesis :
  1. Fotolisis , pemecahan molekul air
  2. Fiksasi CO<sub>2</sub>
  3. Reduksi , perubahan fosfogliserat menjadi gliseraldehid
  4. Pelepasan elektron dari klorofil
  5. Fosforilasi



6. Regenerasi ribulosafosfat

Peristiwa yang terjadi selama reaksi gelap adalah ...

- A. 1,2, dan 3
- B. 1,2, dan 6
- C. 1,4, dan 5
- D. 2,3, dan 6
- E. 2,4, dan 5

5. Berikut beberapa hal yang berkaitan dengan fotosintesis :

- 1. Terjadi di stroma
- 2. Berlangsung pada saat ada cahaya
- 3. Terjadi di grana
- 4. Pengikatan karbon dioksida
- 5. Terbentuk NADPH<sub>2</sub>
- 6. Terbentuk glukosa

Hal – hal yang berkaitan dengan reaksi gelap fotosintesis adalah ...

- A. 1 – 2 – 4
- B. 1 – 4 – 6
- C. 2 – 3 – 4
- D. 3 – 4 – 5
- E. 1 – 3 – 5

6. Perhatikan pernyataan berikut :

- 1. Berlangsung di stroma
- 2. Terjadi fotolisis air
- 3. Mengikat CO<sub>2</sub>
- 4. Menghasilkan glukosa
- 5. Melepas CO<sub>2</sub>

Pernyataan yang berhubungan dengan reaksi gelap ditunjukkan nomor ...

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

7. Berikut ini beberapa reaksi yang terjadi pada peristiwa fotosintesis :

- 1. Penyerapan energi cahaya oleh klorofil
- 2. Pengikatan oksigen dari udara
- 3. Fotolisis air
- 4. Pembentukan ATP dan NADPH
- 5. Pembentukan glukosa

- Proses yang terjadi pada reaksi terang adalah ...
- 1,2, dan 4
  - 1,3, dan 4
  - 2,3, dan 5
  - 2,4, dan 5
  - 3,4, dan 5
8. Perhatikan pernyataan dibawah ini :
1. Fotolisis
  2. Oksigen dilepaskan
  3. Energi ditangkap klorofil
  4. Cahaya mengenai klorofil
  5. Terbentuk NADPH<sub>2</sub>
- Urutan dari reaksi terang fotosintesis adalah ...
- 4 – 3 – 1 – 2 – 5
  - 4 – 1 – 3 – 2 – 5
  - 3 – 4 – 5 – 2 – 1
  - 2 – 3 – 4 – 5 – 1
  - 1 – 3 – 5 – 2 – 4
9. Pada fotosintesis non siklik terjadi pemecahan molekul air yang membebaskan oksigen dan hydrogen yang diikat oleh molekul akseptor. Berikut ini manakah yang merupakan akseptor hydrogen ?
- Flavin Adenin Dinukleotida ( FAD )
  - Nikotiamin Adenin Dinukleotida ( NAD )
  - Nikotiamin Adenin Dinukleotida Phospat ( NADP )
  - Asam phospenolpiruvat ( PEP )
  - Ribulose diphospat ( RDP )
10. Tempat terjadinya reaksi terang fotosintesis yaitu ....
- ruang dalam kloroplas
  - krista
  - matriks
  - stoma
  - membran tilakoid
11. Pada proses anabolisme karbohidrat, yang dihasilkan pada siklus elektron yaitu ....
- H<sub>2</sub>O
  - glukosa
  - FADH<sub>2</sub>
  - O<sub>2</sub>
  - NADH

12. Salah satu hal yang terjadi pada proses kehidupan adalah penyusunan senyawa yang sederhana menjadi lebih kompleks. Proses tersebut dinamakan ...
- A. Respirasi
  - B. Anabolisme
  - C. Katabolisme
  - D. Disimilasi
  - E. Dekomposisi
13. Air merupakan factor eksternal pertumbuhan tanaman, yang bukan merupakan fungsi air dalam tumbuhan adalah..
- A. menentukan laju fotosintesis
  - B. sebagai medium reaksi kimia (metabolisme) dalam sel
  - C. menentukan proses transportasi unsur hara yang ada dalam tanah
  - D. mengedarkan hasil fotosintesis ke seluruh bagian tubuh tumbuhan
  - E. memperpanjang akar tumbuhan
14. Berikut ini yang bukan merupakan ciri anabolisme dalam tubuh adalah ....
- A. menghasilkan panas
  - B. memerlukan energi
  - C. terbentuk senyawa kompleks
  - D. terjadi di dalam sel
  - E. kebalikan dari katabolisme
15. Faktor internal yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan adalah ....
- A. suhu
  - B. cahaya
  - C. hormon
  - D. makanan
  - E. pH

## LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD )

### PERTEMUAN PRAKTIKUM

Nama :

Kelas :

Topik : Enzim dan Metabolisme

Alokasi Waktu : 2 x 45 menit

#### A. Tujuan Pembelajaran

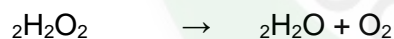
1. Peserta didik melaksanakan percobaan secara berkelompok mengenai cara kerja enzim, fotosintesis dan respirasi anaerob dengan tekun, teliti, disiplin dan tanggung jawab.
2. Peserta didik menganalisis peran enzim dalam proses metabolisme (proses fotosintesis dan respirasi anaerob) berdasarkan hasil percobaan dan sesuai dengan pola pikir ilmiah secara tekun, teliti dan penuh tanggung jawab sehingga dapat mengagumi bioproses yang terjadi pada makhluk hidup

#### B. Dasar Teori

Enzim katalase bertindak sebagai katalisator dalam menguraikan hydrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) yang bersifat racun. Enzim ini dihasilkan di organela sel badan mikro. Organela ini berfungsi untuk metabolisme lemak. Terdapatnya hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) dalam sel akan diurai oleh enzim katalase menjadi oksigen ( $O_2$ ) dan air ( $H_2O$ ). Hal ini menghindari resiko kerusakan jaringan akibat hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) yang bersifat racun.

Berikut persamaan reaksinya :

*Enzim Katalase*



#### Fermentasi

Fermentasi adalah produksi energi di dalam sel berupa respirasi yang terjadi dalam kondisi anaerob (tanpa melibatkan oksigen). Fermentasi menggunakan agen pengoksidasi yang berasal dalam sel dan jaringan dari organisme tersebut, dengan mentransfer elektron dari NADH ke piruvat atau turunan dari piruvat. Piruvat, produk akhir dari glikolisis, berfungsi sebagai akseptor elektron untuk mengoksidasi NADH kembali ke  $NAD^+$ , yang kemudian dapat digunakan kembali dalam glikolisis. Ada banyak jenis fermentasi, berbeda dalam produk akhir yang terbentuk dari piruvat. Dua jenis umum adalah fermentasi alkohol dan fermentasi asam laktat.

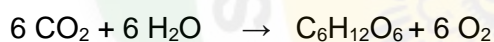
## Fermentasi alkohol

Dalam beberapa mikroorganisme seperti ragi, glukosa dioksidasi menghasilkan etanol dan CO dalam proses yang disebut fermentasi alkohol. Jalur metabolisme proses ini sama dengan glikolisis, yang diawali dengan pemecahan molekul glukosa sampai dengan terbentuknya piruvat. Dua tahap reaksi enzim berikutnya adalah reaksi perubahan asam piruvat menjadi asetaldehida, dan reaksi reduksi asetaldehida menjadi alkohol. Dalam reaksi yang pertama piruvat didekarboksilasi diubah menjadi asetaldehida dan CO oleh piruvat dekarboksilase, suatu enzim yang tidak terdapat pada hewan. Asetildehyd diubah menjadi etanol dan NADH diubah menjadi NAD<sup>+</sup> untuk selanjutnya digunakan dalam glikolisis kembali. Dengan demikian etanol dan CO merupakan hasil akhir fermentasi alkohol dan jumlah energi yang dihasilkannya sama dengan respirasi anaerob, yaitu 2 ATP.

Fermentasi alkohol merupakan jenis fermentasi yang banyak digunakan manusia selama ribuan tahun dalam pengolahan bahan makanan. Khamir banyak digunakan dalam pembuatan roti dan minuman beralkohol.

## FOTOSINTESIS

Masa depan manusia sedikit banyak ditentukan oleh produksi bahan makanan, bahan bakar dan serat melalui proses fotosintesis. Proses sintesis karbohidrat dari bahan-bahan anorganik (CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O) pada tumbuhan berpigmen dengan bantuan energi cahaya matahari disebut fotosintesis dengan persamaan reaksi kimia berikut ini.



Berdasarkan reaksi fotosintesis di atas, CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O merupakan substrat dalam reaksi fotosintesis dan dengan bantuan cahaya matahari dan pigmen fotosintesis (berupa klorofil dan pigmen-pigmen lainnya) akan menghasilkan karbohidrat dan melepaskan oksigen. Cahaya matahari meliputi semua warna dari spektrum tampak dari merah hingga ungu, tetapi tidak semua panjang gelombang dari spektrum tampak diserap (diabsorpsi) oleh pigmen fotosintesis. Atom O pada karbohidrat berasal dari CO<sub>2</sub> dan atom H pada karbohidrat berasal dari H<sub>2</sub>O (Sasmitamihardja dan Siregar, 1996).

Energi cahaya diubah menjadi energi kimia oleh pigmen fotosintesis yang terdapat pada membran interna atau tilakoid. Pigmen fotosintesis yang utama ialah klorofil dan karotenoid. Klorofil a dan b menunjukkan absorpsi yang sangat kuat untuk panjang gelombang biru dan ungu, jingga dan merah (lembayung) dan menunjukkan absorpsi yang sangat kurang untuk panjang gelombang hijau dan kuning hijau (500-600 nm) (Sasmitamihardja dan Siregar, 1996).

Klorofil merupakan komponen kloroplas yang utama dan kandungan klorofil relatif berkorelasi positif dengan laju fotosintesis (Li et al., 2006). Klorofil disintesis di daun dan berperan untuk menangkap cahaya matahari yang jumlahnya berbeda untuk tiap spesies.

Sintesis klorofil dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti cahaya, gula atau karbohidrat, air, temperatur, faktor genetik, unsur-unsur hara seperti N, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, S dan O (Hendriyani dan Setiari, 2009). Karotenoid menunjukkan absorpsi kuat untuk panjang gelombang biru dan ungu; memantulkan dan mentransmisikan panjang gelombang hijau, kuning, lembayung, merah (kombinasi warna-warna tersebut tampak kuning) (Sasmitamihardja dan Siregar, 1996).

### **C. Alat dan Bahan**

#### **Kegiatan I**

1. Rak dan tabung reaksi ( 10 )
2. Pipet tetes
3. Pembakar spirtus dan kasa
4. Gelas ukur
5. Lidi dan korek api
6. Es batu
7. Ekstrak hati ayam
8. Hidrogen perioksida (  $H_2O_2$  )
9. NaOH 5%
10. HCl 5%
11. Kapas
12. Air suling

#### **Kegiatan II**

1. Gelas kimia
2. Erlemeyer 2 buah
3. Pipa kaca L dan U
4. Termometer
5. Sumbat gabus berlubang 2
6. Timbangan
7. Glukosa
8. Air Suling
9. Ragi roti
10. Vaseline
11. Air kapur
12. Fenofalen / pp

#### **Kegiatan III**

1. Gelas beker
2. Corong gelas

3. Tabung reaksi
4. Akuades
5. Larutan NaHCO<sub>3</sub> (Natrium bikarbonat) 0,5%
6. Tanaman *Hydrilla verticillata*

#### D. Cara Kerja

##### Kegiatan I

1. Bacalah literatur sesuai dengan materi yang di dapat tentang enzim
2. Buatlah ekstrak hati ayam 10 ml
3. Sediakan 4 tabung reaksi dan berikan label 1, 2, 3, 4.
4. Isilah tabung reaksi seperti pada tabel di bawah ini :

Tabung	Isi	Keterangan
1.	2cc ekstrak hati	-
2.	2cc ekstrak hati + 5 tetes HCl 5%	Dikocok
3.	2cc ekstrak hati + 5 tetes NaOH 5%	Dikocok
4.	2cc ekstrak hati pada air mendidih	-

5. Masukkan 1 ml Hidrogen peroksida ( H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ) ke dalam 4 tabung tersebut.
6. Pada saat mereaksikan tutuplah mulut tabung reaksi dengan kapas dan amati gelembung gas yang terbentuk
7. Uji gelembung tersebut dengan bara api pada lidi, amati nyala apinya
8. Isilah tabel pengamatan berikut

Larutan	Ekstrak hati + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	
	Gelembung	Nyala api
Netral		
Asam		
Basa		
Dipanaskan		

##### Kegiatan II

1. Masukkan larutan 50 ml larutan gula 20% dalam erlemeyer A
2. Masukkan 50 ml larutan air kapur / Ca(OH)<sub>2</sub> dalam erlemeyer B kemudian ditetesi Fenoftalen sebanyak 3 tetes hingga larutan berwarna merah jambu.

3. Timbang ragi roti sebanyak 3 gram menggunakan timbangan kemudian masukkan kedalam erlemeyer A
4. Ukurlah suhu awal masing-masing larutan dan cium bau masing-masing larutan.
5. Tutuplah erlemeyer A dan B menggunakan sumbat gabus yang telah dipasang pipa L dan U, kemudian olesi vaselin pada pinggiran erlemeyer untuk mencegah keluarnya udara.
6. Amati perangkat selama 25 menit dan catat hasilnya pada tabel berikut.

Indikator	Keadaan sebelum percobaan		Keadaan sesudah percobaan		Ket
Warna cairan					
Suhu					
Bau					
Gelembung					

### Kegiatan III

1. Siapkan 2 buah gelas beker yang berisi akuades. Selanjutnya, tambahkan beberapa tetes 0,5 %  $\text{NaHCO}_3$ .
2. Potonglah dua cabang tanaman hydrilla sepanjang 10 cm
3. Masukkan tanaman hydrilla ke dalam corong gelas. Posisikan agar pangkal tanaman menghadap ke arah pipa corong
4. Masukkan corong gelas ke dalam gelas beker dengan posisi terbalik
5. Tutuplah pipa corong gelas dengan tabung reaksi yang berisi air penuh
6. Letakkan salah satu perangkat percobaan di tempat terang yang langsung terkena cahaya matahari. Sementara itu, letakkan perangkat yang lain di tempat yang gelap
7. Amatilah gelembung udara yang terbentuk. Hitunglah banyak gelembung udara yang dihasilkan setiap 5 menit selama 15 menit

## E. SOAL BAHAN DISKUSI

### Kegiatan I

Kajilah artikel/ literature tentang cara kerja enzim katalase!

#### Analisis:

- a. Apakah terbentuk gelembung gas? Jelaskan reaksinya sehingga terbentuk gelembung gas tersebut!

Jawab:

.....  
 .....



b. Jelaskan faktor yang mempengaruhi kerja enzim berdasarkan hasil percobaan!

Jawab:

.....  
.....  
.....

c. Dalam tubuh manusia, proses apakah yang menghasilkan  $H_2O_2$ ?

Jawab:

.....  
.....

d. Bagaimana jika dalam tubuh manusia terjadi penumpukan  $H_2O_2$ ?

Jawab:

.....  
.....

**Kesimpulan:**

.....  
.....  
.....

## **Kegiatan II**

Kajilah artikel/ literature tentang fermentasi alkohol

**Analisis:**

a. Apakah peranan ragi dalam percobaan?

Jawab:

.....  
.....

b. Jelaskan apakah fungsi PP dan air kapur dalam percobaan yang anda lakukan!

Jawab:

.....  
.....

c. Berdasarkan data apa sajakah hasil-hasil yang diperoleh dari aktivitas fermentasi? Jelaskan masing-masing dengan petunjuk yang bisa anda amati pada hasil percobaan!

Jawab:

.....  
.....  
.....

d. Tuliskan reaksi pada proses yang terjadi dalam percobaan yang anda buat!

Jawab:

.....  
.....

**Kesimpulan:**

.....  
.....  
.....

**Kegiatan III**

Kajilah artikel/ literature tentang proses fotosintesis

**Analisis:**

a. Perlakuan manakah yang menghasilkan gelembung udara yang lebih banyak ?

Jawab:

.....  
.....

b. Jelaskan penyebab terjadinya perbedaan banyaknya gelembung pada percobaan tersebut !

Jawab:

.....  
.....

c. Gas apakah yang ada pada gelembung udara tersebut?

Jawab:

.....  
.....

d. Apakah fungsi penambahan  $\text{NaHCO}_3$  ?

Jawab:

.....  
.....

**Kesimpulan:**

.....  
.....  
.....

## RINGKASAN

1. Metabolisme organisme adalah proses-proses reaksi kimia yang melibatkan energi dan enzim secara keseluruhan di dalam sel (tubuh organisme).
2. Metabolisme dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu katabolisme dan anabolisme. Katabolisme adalah proses perombakan (pembongkaran) senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan bantuan enzim. Contoh: respirasi sel. Anabolisme adalah proses penyusunan (sintesis) dari senyawa sederhana menjadi senyawa kompleks dengan bantuan enzim. Contoh: fotosintesis.
3. Proses katabolisme dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu respirasi aerob dan respirasi anaerob. Respirasi aerob adalah respirasi yang menggunakan oksigen bebas untuk mendapatkan energi. Respirasi anaerob adalah respirasi yang tidak membutuhkan oksigen bebas untuk mendapatkan energi.
4. Reaksi kimia dalam respirasi aerob dapat dibedakan menjadi tiga tahapan, yaitu glikolisis, siklus Krebs, dan transpor elektron.
5. Tahap glikolisis, yaitu glukosa (6C) diubah menjadi asam piruvat (2C); siklus Krebs, asetil KoA bereaksi dengan asam oksaloasetat, kemudian masuk ke dalam siklus berulang-ulang; dan pada sistem transpor elektron, secara estafet, elektron dipindahkan sehingga terbentuk ATP dan air sebagai hasil akhir.
6. Reaksi kimia pada jalur respirasi anaerob, 2 asam piruvat (dari glikolisis) diubah menjadi 2 fosfoenol piruvat, kemudian 2 fosfoenol piruvat diubah lagi menjadi 2 laktat. Dalam respirasi anaerob hanya dihasilkan 2 ATP.
7. Fotosintesis adalah proses anabolisme yang memanfaatkan energi cahaya untuk mengubah zat anorganik ( $H_2O$  dan  $CO_2$ ) menjadi senyawa organik (karbohidrat) yang terjadi dalam klorofil.
8. Proses fotosintesis terjadi dalam dua tahap, yaitu reaksi terang (dalam grana) dan reaksi gelap (dalam stroma).
9. Dalam reaksi terang, diperlukan energi cahaya untuk memecahkan molekul  $H_2O$ . Oksigen ( $O_2$ ) segera dilepaskan ke udara dan  $H_2$  ditangkap oleh NADP (Nikotinamida Adenin Dinukleotida Fosfat) membentuk  $2 NADP + 2 H^+$ .
10. Dalam reaksi gelap, sumber energi (ATP dan NADPH) digunakan untuk mengikat dan mereduksi  $CO_2$ . Pengikatan  $CO_2$  dilakukan oleh RDP (Ribulosa difosfat). Pengikatan ini menghasilkan APG (Asam fosfoglisarat) yang mengandung P. Selanjutnya, terjadi reduksi atau pemindahan  $H_2$  dari NADPH ke APG menjadi PGAL (fosfogliseraldehid).
11. Dua macam klorofil yang terlibat dalam fotosintesis, yaitu klorofil a dan klorofil b. Klorofil a dan pigmen-pigmen lain mengelompok dalam membran tilakoid, membentuk pigmen yang berfungsi dalam fotosintesis.
12. Unit yang mampu menangkap energi cahaya adalah klorofil a, kompleks antena, dan akseptor elektron disebut fotosistem.

## EVALUASI (TES FORMATIF)

### I. PILIHLAH SATU JAWABAN YANG BENAR !

1. Rangkaian reaksi kimia yang diawali oleh substrat awal dan diakhiri dengan produk akhir; yang terjadi di dalam sel disebut....
    - A. fermentasi
    - B. digesti
    - C. fosforilasi
    - D. metabolisme
    - E. inhibitor
  2. Molekul yang bereaksi dalam suatu reaksi yang dikatalisis oleh enzim disebut ....
    - A. fermentasi
    - B. fosforilasi
    - C. metabolisme
    - D. inhibitor
    - E. substrat
  3. Dalam tahap siklus krebs, Asam suksinat berubah menjadi ....
    - A. Asam fumarat
    - B. Asam laktat
    - C. Asam buskinat
    - D. Asam pirruvat
    - E. Asam amino
  4. Respirasi dan Fermentasi adalah contoh dari ....
    - A. Anabolisme
    - B. Katabolisme
    - C. Metabolisme
    - D. Fototropisme
    - E. Adaptasi
  5. Fotosintesis dan Kemosintesis adalah contoh dari....
    - A. Metabolisme
    - B. Katabolisme
    - C. Anabolisme
    - D. Fototropisme
    - E. Adaptasi
  6. 2 mol ASP, 2NADH, 2ATP adalah hasil dari .....
- A. Fermentasi
  - B. Dekarborlasi oksidatif
  - C. Transpor elektron
  - D. Siklus krebs
  - E. Glikolisis

7. Pengikat CO<sub>2</sub> di stroma sebagai proses awal siklus Calvin-Benson adalah .....

- A. Asam fosfoglisarat
- B. Ribolosa difosfat
- C. Fosfogliseraldehid
- D. Adenoson trifosfat
- E. Nicotinamid acid dinucleotida

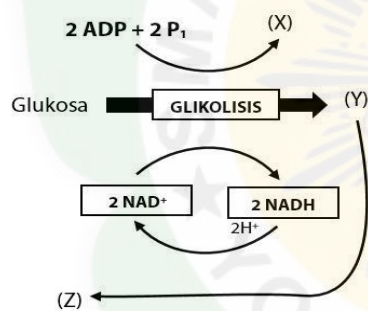
8. Perhatikan beberapa proses yang terjadi dalam metabolisme!

- (1) asam piruvat → asetil Ko-A + CO<sub>2</sub>
- (2) glukosa → 2 fosfogliseraldehid
- (3) CO<sub>2</sub> + RuBP  $\xrightarrow{\text{reduce}}$  2 fosfoglisarat
- (4) H<sub>2</sub>O  $\xrightarrow{\text{cahaya}}$  2H<sup>+</sup> + ½ O<sub>2</sub> + 2e<sup>-</sup>

Reaksi yang tergolong anabolisme adalah .....

- A. (1) dan (2)
- B. (1) dan (4)
- C. (3) dan (4)
- D. (2) dan (4)
- E. (2) dan (3)

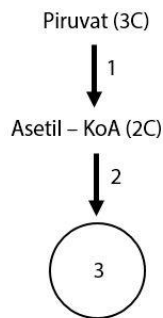
9. Perhatikan bagan respirasi anaerob berikut!



Pada proses anaerob tersebut, senyawa (X), (Y), dan (Z) secara berurutan adalah ...

- A. ATP, piruvat, dan asam laktat
- B. ATP, asam laktat, dan piruvat
- C. ATP, piruvat, dan etanol
- D. ATP, etanol, dan asetaldehid
- E. ATP, asetaldehid, dan etanol

10. Perhatikan bagan tahap respirasi aerob berikut!



Tahap 1 dan 3 adalah ....

- A. glikolisis dan dekarboksilasi oksidatif
  - B. glikolisis dan transpor elektron
  - C. glikolisis dan siklus Krebs
  - D. dekarboksilasi oksidatif dan siklus Krebs
  - E. dekarboksilasi oksidatif dan transpor elektron
11. Sebelum dan sesudah melakukan olahraga biasanya dilakukan pemanasan dan pendinginan dengan menarik nafas dalam – dalam. Hal tersebut untuk mempersiapkan energi dan mengurangi rasa lelah. Rasa lelah tersebut disebabkan ....
- A. produksi  $\text{CO}_2$  yang berlebihan dari proses fermentasi
  - B. penimbunan asam laktat akibat kekurangan  $\text{O}_2$
  - C. penimbunan alkohol sebagai produk sampingan fermentasi
  - D. meningkatnya proses respirasi akibat kebutuhan energi yang meningkat
  - E. meningkatnya kebutuhan  $\text{O}_2$  untuk respirasi sel
12. Proses – proses yang terjadi pada fotosintesis:
- 1). menghasilkan ATP, NADPH,  $\text{O}_2$
  - 2). terjadi fotolisis air
  - 3). terjadi pengikatan  $\text{CO}_2$  oleh RUBP
  - 4). terjadi di grana
  - 5). terbentuk amilum
  - 6). terjadi di bagian stroma
- Proses yang terjadi pada reaksi gelap ditunjukkan oleh nomor ...
- A. 1 – 2 – 4
  - B. 1 – 3 – 5
  - C. 2 – 3 – 6
  - D. 3 – 4 – 5
  - E. 3 – 5 – 6

13. Pernyataan manakah di bawah ini yang benar ?

- A. Amilum harus dijadikan glukosa dahulu sebelum direspirasi aerob maupun anaerob
- B. CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O terbentuk baik pada respirasi aerob maupun anaerob
- C. O<sub>2</sub> hanya diperlukan pada respirasi aerob, tetapi H<sub>2</sub>O terbentuk baik pada respirasi aerob maupun anaerob
- D. Jumlah makanan yang sama yang direspirasi aerob maupun anaerob, akan menghasilkan jumlah energi yang sama pula
- E. Respirasi anaerob hanya berlangsung pada substratnya dan respirasi aerob berlangsung pada sel

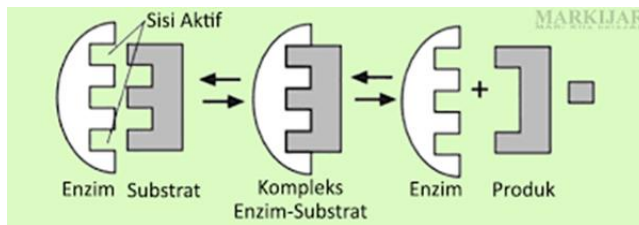
14. Hasil percobaan enzim katalase menggunakan potongan hati dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> adalah sebagai berikut!

No	Potongan Hati +	Perlakuan	Gelembung Udara	Keterangan
1	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Suhu 30°C	+++	banyak sekali
2	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Suhu 35°C	+++	banyak
3	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Suhu 75°C	--	Kurang
4	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	pH 4	---	Tidak ada
5	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	pH 7	++	Banyak
6	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	pH 13	---	Tidak ada

Data di atas menunjukkan bahwa yang mempengaruhi kerja enzim antara lain adalah ..

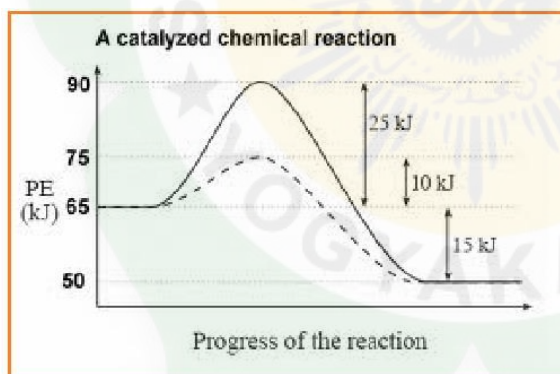
- A. banyaknya gelembung
  - B. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>
  - C. potongan hati
  - D. suhu dan Ph
  - E. macam substrat
15. Daging yang dibekukan di dalam lemari es tidak membusuk. Kejadian ini dapat dijelaskan sebagai .....
- A. daging tersebut tidak mengalami metabolisme
  - B. di dalam lemari es tidak berlangsung respirasi aerob
  - C. pada suhu rendah enzim mikroorganismenya tidak bekerja
  - D. di dalam lemari es tidak ada cahaya
  - E. di dalam lemari es tidak ada O<sub>2</sub>

16. Perhatikan gambar dibawah ini !



Pernyataan yang benar mengenai sifat enzim berdasarkan gambar adalah ...

- A. mempercepat reaksi kimia
  - B. menghambat reaksi kimia
  - C. terdiri atas protein
  - D. kerja enzim spesifik
  - E. bekerja dua arah
17. Enzim termasuk senyawa organik, tersusun atas protein, dan bertindak sebagai biokatalisator dalam metabolisme memiliki sifat ....
- A. bekerja irreversible pada suatu reaksi kimia
  - B. kerja enzim tidak bersifat khusus
  - C. ikut bereaksi bersama substrat yang dipengaruhinya
  - D. makin tinggi konsentrasi enzim, makin lambat reaksi kimianya
  - E. tidak menentukan arah reaksi kimia
18. Perhatikan gambar berikut!



Manakah kesimpulan yang tepat tentang katalisator berdasarkan grafik tersebut?

- A. Tidak mempengaruhi aktifitas sel sehingga reaksi kimia relatif tetap
- B. Mengurangi energi aktivasi yang diperlukan sehingga reaksi berlangsung cepat
- C. Meningkatkan energi aktivasi yang diperlukan sehingga reaksi kimia berlangsung lambat
- D. Meningkatkan suhu dalam sel sehingga aktivitasnya menjadi tinggi
- E. Menghambat jalannya reaksi kimia pada suhu rendah



19. Contoh enzim dan hasil kerjanya yang berperan dalam metabolisme sel adalah .....
- A. maltase, pembentukan maltosa
  - B. katalase, menguraikan peroksida air
  - C. protease, pembentukan protein
  - D. lipase, menguraikan lemak
  - E. glukase, pembentukan glukosa
20. Dibawah ini yang bukan sifat Enzim adalah ...
- A. berperan sebagai biokatalisator
  - B. bekerja pada suhu dan pH tertentu
  - C. kerjanya dipengaruhi oleh ketersediaan air
  - D. terdiri dari zat protein
  - E. setiap enzim dapat bekerja untuk berbagai zat

**II. Jawablah Pertanyaan di bawah ini dengan tepat!**

1. Apakah yang dimaksud dengan enzim?
2. Tuliskan komponen enzim!
3. Jelaskan faktor yang memengaruhi kerja enzim!
4. Tuliskan fase-fase pada reaksi gelap, masing-masing jelaskan peristiwa yang terjadi!
5. Jelaskan kaitan antara katabolisme dengan anabolisme karbohidrat yang terjadi pada tubuh tumbuhan

**PENUTUP**

Metabolisme merupakan totalitas proses kimia di dalam tubuh. Metabolisme meliputi segala aktivitas hidup yang bertujuan agar sel tersebut mampu untuk tetap bertahan hidup. Di harapkan dengan adanya modul ini dapat menambah literatur dan diharapkan siswa dapat lebih memahami dan mengerti Metabolisme. Dengan demikian dapat menumbuhkan kepedulian diri untuk lebih menjaga tubuh sehingga didalam tubuh Sel bekerja normal .

## GLOSARIUM

*Anabolisme* = reaksi pembentukan senyawa kompleks dari senyawa sederhana.

*Apoenzim* = bagian dari enzim yang terdiri atas protein, yang harus menyatu dengan kofaktor agar berfungsi secara aktif.

*Autotrof* = organisme yang dapat memenuhi bahan organik yang dibutuhkan dengan cara mensintesisnya dari bahan anorganik.

*Biokatalisator* = enzim atau katalisator yang berperan dalam reaksi-reaksi kimia dalam sel tubuh makhluk hidup.

*Fermentasi* = pemecahan senyawa organik oleh mikroba yang berlangsung dalam keadaan anaerob.

*Fotosintesis* = Peristiwa penyusunan zat organik (karbohidrat) dari zat anorganik yang dilakukan oleh klorofil dengan bantuan cahaya matahari.

*Glikolisis* = perubahan satu molekul gula 6C menjadi 2 molekul asam piruvat (3C), 2 molekul NADH dan 2 molekul ATP.

*Inhibitor* = zat atau senyawa yang menghalangi kerja enzim.

*Katabolisme* = Reaksi penguraian yang berlangsung di dalam tubuh organisme, dari molekul kompleks menjadi molekul sederhana.

*Koenzim* = Bagian bukan protein pada enzim, berupa senyawa organik (misalnya vitamin) berfungsi mempercepat kerja enzim sebagai biokatalisator.

*Prostetik* = gugusan bukan protein pada enzim, merupakan gugusan yang aktif.

*Substrat* = bahan tempat enzim melakukan kegiatan.

## KUNCI JAWABAN

### I. Pembahasan Latihan Soal Kegiatan Belajar 1 (enzim)

1. Enzim sangat berperan bagi kehidupan manusia Karena enzim sebagai biokatalisator yang sangat berpengaruh terhadap peristiwa-peristiwa dalam tubuh, berpengaruh dalam masalah kesehatan dan penyakit, serta semua proses atau reaksi dalam tubuh manusia hampir tidak terjadi tanpa adanya enzim.
2. Struktur enzim terdiri dari:
  - a. Apoenzim, merupakan bagian protein yang bersifat termolabil (tidak tahan panas).
  - b. Gugus prostetik, merupakan bagian bukan protein yang bersifat aktif. Gugus prostetik yang berasal dari molekul anorganik disebut kofaktor, misalnya besi, seng, dan tembaga. Gugus prostetik yang terdiri dari senyawa organik kompleks disebut koenzim, misalnya NADH, FADH, dan vitamin
3. Terdapat dua teori yang menjelaskan cara kerja enzim, yaitu teori lock and key dan teori induce fit. Berdasarkan teori lock and key, kerja enzim mirip mekanisme kunci dan anak kunci. Substrat memasuki enzim, kemudian substrat diubah menjadi produk dan dilepaskan. Berdasarkan teori induced fit, enzim melakukan penyesuaian bentuk untuk berikatan dengan substrat. Hal tersebut meningkatkan kecocokan dan mendorong kompleks enzim substrat lebih reaktif. Molekul enzim kembali ke bentuk semula setelah produk dihasilkan.
4. Sifat- sifat enzim, antara lain:
  - a. Enzim berfungsi sebagai biokatalisator
  - b. Enzim bekerja spesifik.
  - c. Enzim dapat bekerja bolak-balik.
  - d. Enzim itu tidak tahan panas.
  - e. Enzim diperlukan dalam jumlah yang tidak banyak.
  - f. Enzim bekerja pada pH dan suhu optimum

### II. Pembahasan Latihan Soal Kegiatan Belajar 2 (katabolisme)

1. Respirasi aerob adalah respirasi yang menggunakan oksigen bebas untuk mendapatkan energi. Hasil akhir dari empat tahapan yang terjadi pada respirasi aerob adalah sebagai berikut :
  - a. Glikolisis, hasil akhir: 2 molekul asam piruvat, 2 NADH, dan 2 ATP
  - b. Dekarboksilasi oksidatif asam piruvat, hasil akhir: 2 asetil Ko-A, 2 CO<sub>2</sub>, dan 2 NADH
  - c. Siklus Krebs, hasil akhir: 4 molekul CO<sub>2</sub>, 6 molekul NADH<sub>2</sub>, 2 molekul FADH<sub>2</sub>, dan 2 molekul ATP
  - d. ranspor elektron, hasil akhir: 34 ATP

2. Respirasi anaerob adalah reaksi pemecahan karbohidrat untuk mendapatkan energi tanpa menggunakan oksigen sebagai penerima elektron terakhir pada saat pembentukan ATP.
3. Siklus Krebs berlangsung dalam matriks mitokondria. Tahap siklus Krebs diawali dengan masuknya asetil Ko-A (berat atom C2) yang bereaksi dengan asam oksaloasetat (berat atom C4) menghasilkan asam sitrat (berat atom C6). Secara bertahap asam sitrat melepaskan satu per satu atom C-nya hingga akhirnya kembali menjadi asam oksaloasetat (berat atom C4).  
Peristiwa ini diikuti dengan reaksi reduksi (pelepasan elektron dan ion hidrogen) oleh NAD<sup>+</sup> dan FAD<sup>+</sup> menghasilkan 2 molekul NADH<sub>2</sub>, 2 molekul FADH<sub>2</sub>, dan 2 molekul ATP. Dari seluruh rangkaian peristiwa siklus Krebs dihasilkan: 4 molekul CO<sub>2</sub>, 6 molekul NADH<sub>2</sub>, 2 molekul FADH<sub>2</sub>, dan 2 molekul ATP. ATP yang dihasilkan pada respirasi aerob adalah 36, jauh lebih besar dari ATP yang dihasilkan pada fermentasi, yaitu hanya 2 molekul ATP untuk 1 glukosa. Jadi, energi yang dihasilkan respirasi aerob 18 kali lebih banyak dari fermentasi
4. Pada fermentasi alkohol merupakan asam piruvat diubah menjadi etanol atau etil alkohol melalui dua langkah reaksi. Langkah pertama adalah pembebasan CO<sub>2</sub> dari asam piruvat yang kemudian kemudian diubah menjadi asetaldehida. Langkah kedua adalah reaksi reduksi asetaldehida oleh NADH menjadi etanol. NAD yang terbentuk akan digunakan untuk glikolisis terjadi secara anaerob. Sedangkan, fermentasi cuka merupakan fermentasi yang berlangsung secara aerob, energi yang dihasilkan lima kali lebih besar dari energi yang dihasilkan dari fermentasi alkohol secara anaerob

### III. Kunci jawaban & Pembahasan Kegiatan Belajar 3 (anabolisme)

Pilihan ganda

1. Jawaban : B

Karena berdasarkan dari proses reduksi memang diakhiri pembentukan PGAL dari H<sub>2</sub> dari NADPH<sub>2</sub>

2. Jawaban : D

Reaksi gelap memang tidak dimiliki cahaya dan juga berlangsung di stroma

3. Jawaban : D

Karena berdasarkan dari urutan dimulai dari Fiksasi terlebih dahulu kemudian Reduksi.

4. Jawaban : D

Urutannya dari Fiksasi, Reduksi, lalu Regenerasi

5. Jawaban : B

Memang reaksi gelap terjadi di Stroma, dan juga melakukan pengikatan CO<sub>2</sub> juga pula terbentuknya glukosa

6. Jawaban : C

Reaksi gelap di bagian stroma, terbentuknya glukosa dan juga mengikat CO<sub>2</sub>

7. Jawaban : B

Reaksi terang membutuhkan energi cahaya agar bisa melakukan pemecahan air, agar ATP dan NADPH terbentuk

8. Jawaban : A

Urutannya dimulai dari Energi mengenai klorofil, lalu ditangkap dan terjadinya fotolisis agar O<sub>2</sub> dilepaskan dan NADPH terbentuk

9. Jawaban : C

2H<sup>+</sup> dari fotolisis H<sub>2</sub>O akan diikat oleh akseptor hydrogen NADP menjadi NADPH<sub>2</sub>.

10. Jawaban : E

Karena membran tilakoid merupakan tempat terjadinya fotosintesis reaksi terang

11. Jawaban : D

Karena O<sub>2</sub> merupakan hasil dari fotolisis H<sub>2</sub>O reaksi terang

12. Jawaban : B

Karena Anabolisme merupakan proses fotosintesis pada tumbuhan

13. Jawaban : E

Pembahasan: Fungsi air pada tumbuhan :

- menentukan laju fotosintesis
- sebagai medium reaksi kimia (metabolisme) dalam sel
- menentukan proses transportasi unsur hara yang ada dalam tanah
- mengedarkan hasil fotosintesis ke seluruh bagian tubuh tumbuhan
- merupakan pelarut universal dalam proses pertumbuhan dan perkembangan

14. Jawaban : A

Karena, proses anabolisme tidak menghasilkan panas justru sebenarnya menghasilkan ATP dan NADPH

15. Jawaban : C

Karena Faktor internal merupakan pengaruh dari dalam jadi yang dapat dipengaruhi dari dalam yaitu hormon.

#### IV. KUNCI TES FORMATIF

##### A. Pilihan Ganda

No	Jawaban	No	Jawaban	No	Jawaban	No	Jawaban
1	D	6	E	11	B	16	D
2	E	7	B	12	A	17	E
3	A	8	C	13	A	18	B
4	B	9	A	14	D	19	C
5	C	10	D	15	C	20	E

## B. Esay

1. Enzim merupakan senyawa protein yang berfungsi sebagai katalisator reaksi-reaksi kimia yang terjadi dalam sistem biologi (makhluk hidup). Oleh karena merupakan katalisator dalam sistem biologi, enzim sering disebut biokatalisator.
2. Sebagian besar enzim tersusun oleh dua bagian, yaitu bagian yang berupa protein, disebut apoenzim dan bagian non protein yang disebut kofaktor. Ada juga beberapa enzim yang hanya terdiri dari komponen protein saja. Kofaktor dapat berupa molekul anorganik maupun molekul organik. Molekul anorganik berupa mineral seperti ion Fe, ion Zn, dan ion Mn. Molekul organik misalnya NAD<sup>+</sup>, vitamin B1, B2, B6, niasin, dan biotin. Kofaktor yang berupa molekul organik disebut koenzim, sedangkan kofaktor yang berupa molekul anorganik disebut gugus prostetik
3. faktor yang memengaruhi kerja enzim
  - a. SUHU : enzim bekerja baik pada suhu optimum, pada suhu maksimum enzim akan rusak, pada suhu minimum enzim akan tidak aktif.
  - b. pH : perubahan pH dapat mempengaruhi perubahan asam amino pada sisi aktif enzim sehingga menghalangi sisi aktif bergabung dengan substratnya.
  - c. konsentrasi enzim : semakin banyak jumlah enzim, reaksi akan berlangsung semakin cepat
  - d. konsentrasi substrat : jika jumlah enzim tetap, kecepatan reaksi akan meningkat seiring dengan bertambahnya substrat
  - e. INHIBITOR : zat yang dapat menghambat kerja enzim, Contohnya antibiotik penisilin menghambat kerja enzim penyusun konsentrasi substrat
4. Reaksi gelap disebut sebagai siklus Calvin, yang terdiri atas 3 tahapan utama, yaitu karboksiliasi (tahap 1), reduksi (tahap 2), dan regenerasi (tahap 3).
  - a) Tahap 1 (fase karboksiliasi)

Pada tahap 1 terjadi reaksi pengikatan (fiksasi) CO<sub>2</sub> dari udara dengan senyawa organik yang mengandung 5 karbon, yaitu RDP (ribulosa difosfat) yang terdapat di dalam kloroplas. Ikatan ini membentuk senyawa organik 3 karbon, yaitu PGA (asam fosfoglisarat). RDP merupakan molekul yang terdapat di dalam tumbuhan hijau dan mampu mengikat CO<sub>2</sub>.
  - b) Tahap 2 (fase reduksi)

Pada tahap 2 ini terjadi proses reduksi PGA dengan menggunakan hidrogen (H<sub>2</sub>) berasal dari NADPH<sub>2</sub> dan menggunakan energy ATP yang dihasilkan saat reaksi terang.

Hasil dari tahap ini adalah persenyawaan fosfogliseraldehid (PGAL). Pada setiap siklus terbentuk 6 molekul PGAL.

c) Tahap 3 (fase regenerasi).

Pada tahap ini akan diregenerasi RDP (dibentuk molekul RDP kembali) untuk mengikat CO<sub>2</sub> sehingga fotosintesis berlanjut kembali. Dari 6 molekul PGAL yang dibentuk pada tahap 2 (fase reduksi), 5 molekul kembali membentuk RDP sehingga hanya 1 molekul PGAL yang merupakan hasil reaksi gelap. Kemudian 2 molekul PGAL (3C) akan membentuk molekul glukosa (6C). Selanjutnya molekul glukosa bergabung membentuk amilum.

5. Anabolisme merupakan proses pembentukan senyawa kompleks dari senyawa sederhana dengan memerlukan energi. Jadi, reaksi anabolisme bersifat endergonik. Sementara itu, katabolisme merupakan proses pemecahan atau penguraian senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan membebaskan energi. Jadi, reaksi katabolisme bersifat eksergonik. Sementara itu dalam sel-sel makhluk hidup, karbohidrat (dalam hal ini glukosa) akan mengalami serangkaian reaksi respirasi sehingga dihasilkan energi. Selain dibebaskan energi, reaksi pemecahan (katabolisme) glukosa ini juga menghasilkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O

## MODUL 3

### SUBSTANSI GENETIKA

#### I. PENDAHULUAN

##### A. Latar Belakang

Biologi merupakan salah satu cabang ilmu pengetahuan alam atau sains yang mempelajari konsepsi-konsepsi ilmiah mengenai makhluk hidup. Banyak konsep-konsep dalam biologi yang saling berhubungan erat dan merupakan kunci untuk memahami konsep-konsep lain. Salah satu konsep yang dikaji dalam biologi adalah konsep genetika. Materi genetika adalah salah satu materi pada biologi yang sulit dimengerti. Materi genetika pada jenjang SMA terdiri dari materi genetik gen, DNA, kromosom, replikasi, sintesis protein, reproduksi sel (mitosis dan meiosis), serta pewarisan sifat dan mutasi.

Dalam Al-Qur'an juga terdapat ayat yang menjelaskan tentang genetika salah satunya yakni pada QS. Abasa ayat 18-19 yang artinya Dari apakah Allah menciptakannya ? Dari setetes mani, Allah menciptakannya lalu menentukannya (faqaddarahu). Faqaddarahu memiliki arti "lalu meng-qadar-kannya". Qadar dalam bahasa arab berarti menentukan, merencanakan, men-setting, menyusun, dan dalam bahasa kontemporer dapat diartikan sebagai "memprogram". Qaddar atau program ini lebih spesifik lagi sifatnya, karena tidak hanya seperti cetak biru, program ini mencakup takdir dan nasib si makhluk tersebut. Jadi benar adanya jika ada yang mengatakan bahwa jika manusia bisa mengaktifkan „tombol“ positif dalam dirinya maka gen-gen potensi yang semula tidur bisa bangkit, artinya „program“ positif yang memang sudah berada dalam sel akan aktif. Seluruh informasi mengenai fisik dan sifat manusia tersimpan di dalam DNA dan RNA. DNA dan RNA telah memiliki informasi ini sejak tahapan zygote, ketika pembuahan terjadi. Informasi-informasi inilah yang dalam tahapan awal, menjadi acuan bagi sel-sel janin untuk berkembang membentuk organ-organ yang lengkap, yang pada akhirnya akan mempengaruhi keseluruhan bentuk fisik dan sifat-sifat dasar seorang manusia. Semuanya telah diprogram dan ditentukan sejak pembuahan terjadi dan zygote terbentuk.

Materi Genetika merupakan salah satu materi yang sering terjadi miskonsepsi di dalam pelajaran Biologi. Hal ini disebabkan materi Genetika memiliki banyak istilah yang asing dan dianggap sulit oleh sebagian besar siswa karena materi ini bersifat abstrak. Oleh karena itu, penulis mengembangkan modul pembelajaran Biologi dengan tema **Materi Genetika**, dengan harapan bisa menjadi sarana mempermudah siswa dalam mempelajari dan memahami proses genetika di dalam tubuh makhluk hidup dengan pembelajaran secara mandiri.

##### B. Tujuan Modul

Setelah mempelajari modul ini, diharapkan peserta didik dapat:

1. Menjelaskan struktur kromosom
2. Membedakan bentuk kromosom berdasarkan jumlah dan letak sentromernya
3. Menganalisis gonosom dan autosom pada gambar kariotipe suatu spesies



4. Membedakan pengertian gen dengan alel
5. Menjelaskan komponen penyusun DNA
6. Menjelaskan mekanisme replikasi DNA
7. Menjelaskan struktur RNA
8. Mendeskripsikan jenis RNA
9. Menjelaskan perbedaan DNA dengan RNA
10. Menjelaskan tahapan mekanisme sintesis protein
11. Membangun kesadaran akan kebesaran Tuhan, menumbuhkan perilaku disiplin, mandiri, teliti, kreatif, kerjasama dan peduli lingkungan

### C. Deskripsi Modul

Salah satu ciri makhluk hidup adalah mampu berkembang biak. Pada saat berkembang biak, sebagian sifat suatu individu akan diwariskan kepada keturunannya. Sebagai contoh, orang yang berkulit sawo matang mungkin akan memiliki anak yang berkulit sawo matang juga. Buah pepaya yang rasanya manis kemungkinan juga akan menghasilkan biji yang nanti dapat tumbuh menjadi tanaman pepaya yang akan menghasilkan biji yang manis juga. Lantas, bagaimana cara sifat-sifat yang dimiliki oleh suatu individu dapat diwariskan kepada keturunannya?

Setiap sifat pada makhluk hidup dikendalikan oleh faktor keturunan yang disebut gen. Gen akan mengatur sifat yang nampak pada suatu organisme. Sifat yang nampak ini selain dipengaruhi oleh gen dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Gen terdapat dalam lokus tertentu yang disebut kromosom. Dalam modul ini akan dibahas konsep Gen, DNA dan Kromosom beserta kegiatan pembelajaran dan soal-soal latihan dengan harapan bisa memudahkan peserta didik dalam memahami konsep materi genetik.

### D. Petunjuk Penggunaan Modul

Peserta didik diharapkan dapat menguasai dan memahami materi dalam modul ini, serta mengaplikasikannya dalam kehidupan sehari-hari. Oleh karenanya maka bacalah dengan cermat dan ikuti petunjuk berikut dengan baik, dan dengan cara yang berurutan, yaitu :

- 1). Bacalah doa terlebih dahulu, agar diberikan kemudahan dalam mempelajari materi ini.
- 2). Bacalah materi ini dengan seksama, sehingga isi materi ini dapat dipahami dengan baik.
- 3). Buatlah catatan kecil mengenai istilah atau rumus yang belum dipahami, untuk ditanyakan kepada guru mata pelajaran.
- 4). Kerjakan lembar kegiatan siswa dan soal-soal yang sudah disediakan dengan sungguh-sungguh, tanpa melihat kunci jawaban.
- 5). Cocokkan hasil pekerjaan kamu dengan kunci jawaban yang sudah disediakan.
- 6). Jika kamu belum menguasai 75% dari setiap kegiatan, maka kamu dapat mengulangi untuk mempelajari materi yang tersedia dalam modul ini.

- 7). Apabila kamu masih mengalami kesulitan memahami materi yang ada dalam modul ini, silahkan diskusikan dengan teman atau guru.

## II. PEMBELAJARAN

### Kegiatan Belajar

#### Tujuan Pembelajaran :

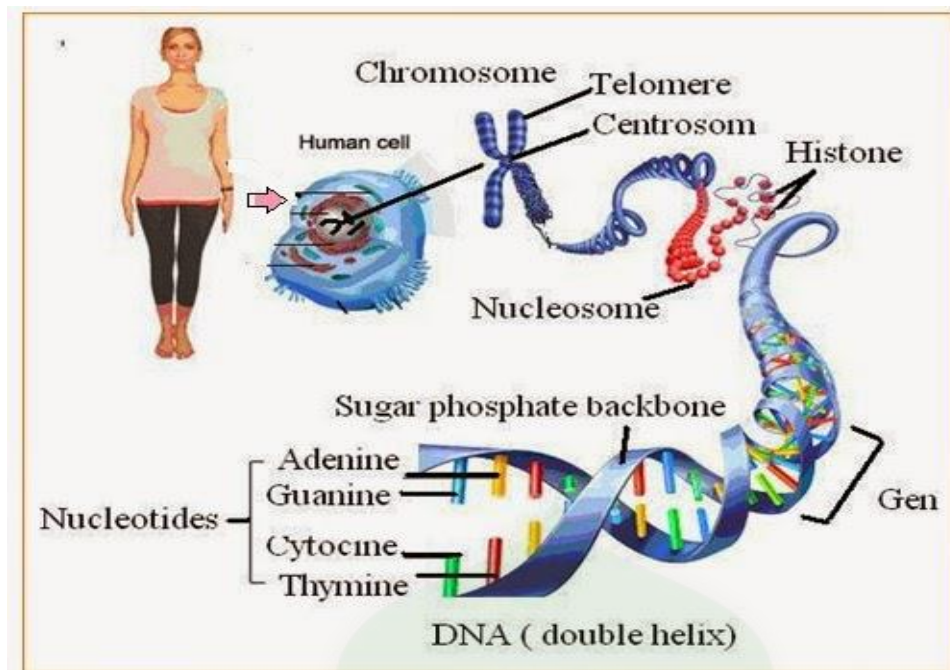
Melalui kegiatan Pembelajaran dengan pendekatan saintifik menggunakan model pembelajaran *Discovery learning* peserta didik dapat menjelaskan struktur kromosom dengan benar melalui gambar, membedakan bentuk kromosom berdasarkan jumlah dan letak sentromernya dengan benar melalui kajian literatur, menganalisis gonosom dan autosom pada gambar kariotipe suatu spesies dengan benar melalui kajian literatur, membedakan pengertian gen dengan alel dengan benar melalui kajian literatur, menjelaskan komponen penyusun DNA dengan benar melalui kajian literatur, menjelaskan mekanisme replikasi DNA dengan benar melalui kajian literatur, menjelaskan struktur RNA dengan benar melalui kajian literatur, mendeskripsikan jenis RNA dengan benar melalui kajian literatur, menjelaskan perbedaan DNA dengan RNA dengan menggunakan tabel dengan benar melalui kajian literatur, menjelaskan tahapan mekanisme sintesis protein dengan menggunakan bagan dengan benar melalui kajian literatur, menyebutkan jenis asam amino penyusun polipeptida yang dihasilkan dalam sintesis protein dengan benar melalui kajian literatur, sehingga peserta didik dapat membangun kesadaran akan kebesaran Tuhan YME, menumbuhkan perilaku disiplin, mandiri, teliti, kreatif, kerjasama dan peduli lingkungan.

#### Uraian Materi

### MATERI GENETIKA

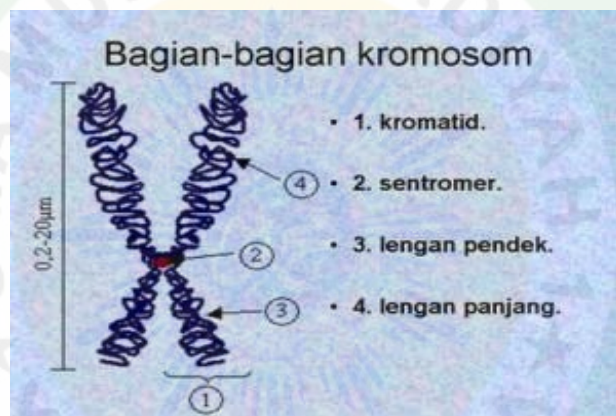
#### A. KROMOSOM

Kromosom berasal dari bahasa Latin yang terdiri dari dua kata yaitu chroma = warna dan soma = tubuh. Sehingga dapat diartikan bahwa kromosom ialah struktur mikroskopis yang berbentuk seperti benang-benang menebal. Kromosom terdapat di dalam nukleus. Kromosom berfungsi membawa sifat keturunan (membawa informasi genetika), karena di dalam kromosom mengandung gen. Kromosom tersusun atas benang kromatin, benang kromatin tersusun atas serabut-serabut protein, DNA dan RNA.



a. Struktur Kromosom

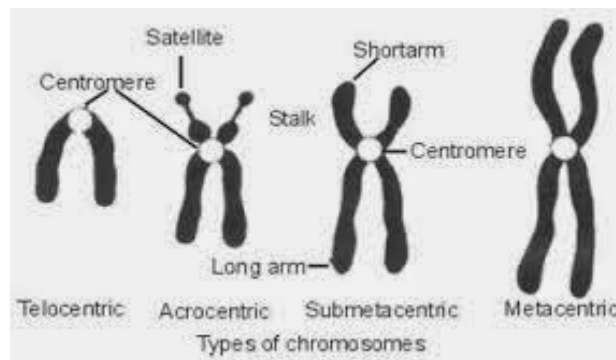
Kromosom tersusun dari sentomer dan lengan.



Gbr struktur kromosom

Berdasarkan letak sentromer pada lengan kromatid, maka kromosom dapat dibedakan menjadi 4 bentuk, yaitu:

1. Talosentrik (tele = ujung), yaitu kromosom yang sentromernya terletak di ujung kromosom.
2. Akrosentrik (akro = tidak sama), yaitu kromosom yang mempunyai 2 lengan, di mana salah satu lengan sangat pendek dan yang lainnya panjang, sentromer berada diantara dua lengan yang tidak sama panjang.
3. Submetasentrik (submeta = agak tengah), yaitu kromosom yang mempunyai 2 lengan yang hampir sama panjangnya dan sentromer terletak diantara dua lengan yang tidak sama panjang.
4. Metasentrik (meta =tengah), yaitu kromosom yang mempunyai lengan yang sama panjang sehingga sentromer terletak di tengah.



## b. Jenis Kromosom

Setiap sel yang terdapat di dalam tubuh suatu organisme memiliki satu set kromosom dengan jumlah tertentu. Satu set kromosom tersebut dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu: autosom (kromosom tubuh) dan gonosom (kromosom kelamin).

### 1. Autosom (kromosom tubuh atau kromosom somatis)

Autosom merupakan kromosom yang menentukan sifat-sifat sel tubuh, tidak berperan dalam menentukan jenis kelamin suatu organisme. Jumlahnya di dalam sel tubuh adalah  $2n-2$ , dengan  $n$  = jumlah seluruh kromosom.

Contohnya, jumlah autosom sel tubuh manusia adalah  $46 - 2 = 44$  buah atau 22 pasang.

### 2. Gonosom

Gonosom disebut juga kromosom seks atau kromosom kelamin suatu organisme. Jumlah kromosom seks pada sel tubuh manusia ada dua buah atau sepasang.

Menurut Campbell and Reece (2008:271) perempuan memiliki sepasang kromosom X homolog (XX), sedangkan pada laki-laki memiliki satu kromosom X dan satu kromosom Y (XY).

Supaya kromosom dapat terlihat di mikroskop, maka kromosom tersebut harus diwarnai terlebih dahulu untuk kemudian dapat diambil gambarnya. Sebuah gambar yang berisi 46 kromosom tersebut disebut dengan karyotype.

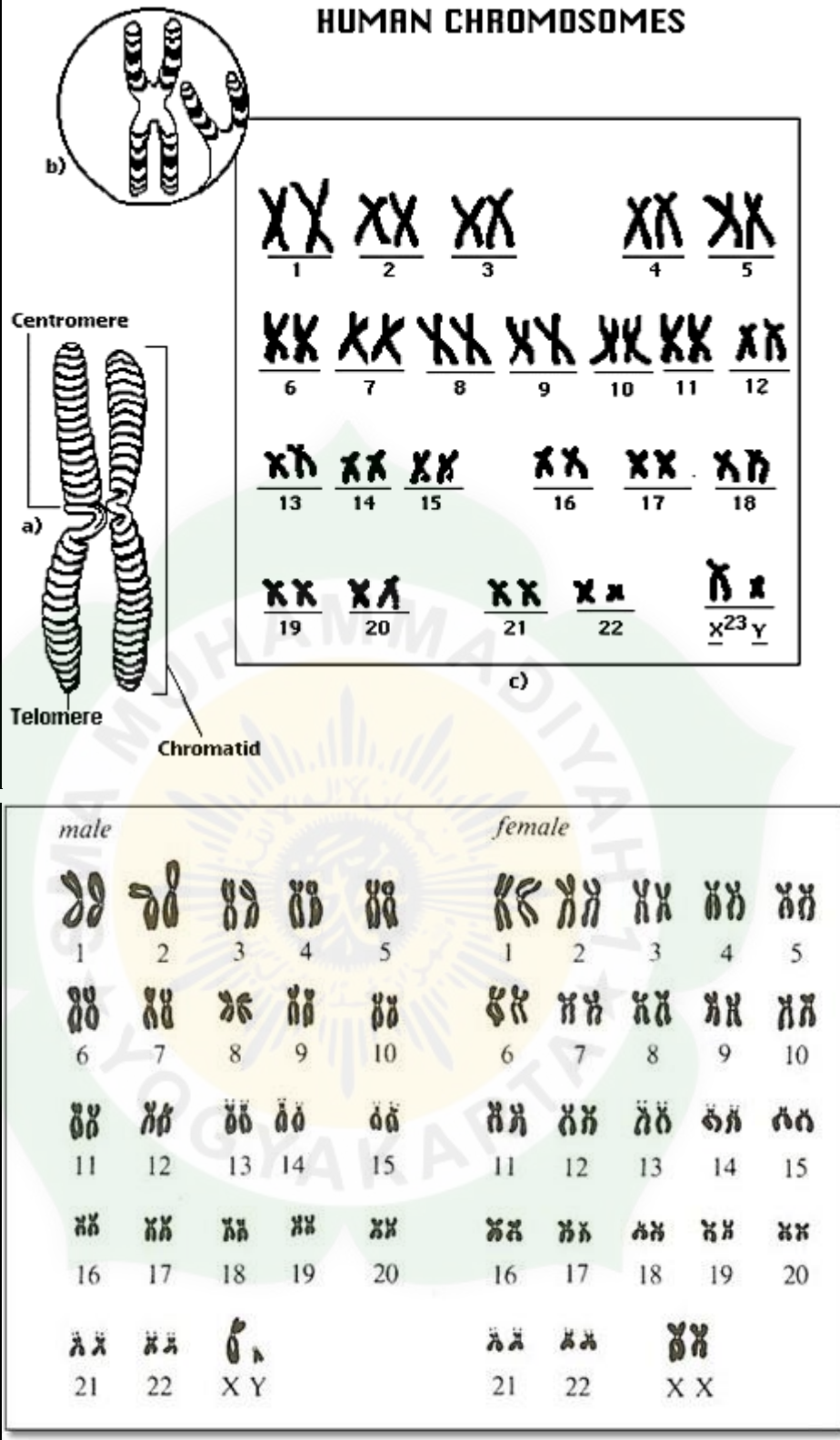
Cara Penulisan Karyotipe Kromosom :

1. Dengan menuliskan jumlah seluruh kromosom koma ( , ) tipe kromosom kelamin
2. Dengan menuliskan jumlah seluruh Autosom + tipe kromosom kelamin

Contoh : Formula kromosom manusia, maka penulisannya adalah

- Untuk laki-laki adalah 46, XY atau dapat ditulis juga  $44 + XY$ .
- Untuk wanita adalah 46, XX atau dapat ditulis juga  $44 + XX$ .

## HUMAN CHROMOSOMES



### c. Jumlah kromosom

Jumlah kromosom yang dimiliki tiap spesies makhluk hidup sangat bervariasi. Jumlah kromosom yang dimiliki tiap spesies makhluk hidup sangat bervariasi. Organisme yang memiliki struktur yang lebih kompleks memiliki jumlah kromosom yang lebih banyak dibandingkan dengan organisme yang sederhana. Kromosom yang saling berpasangan

disebut kromosom homolog. Kromosom homolog memiliki bentuk, ukuran dan jumlah gen yang sama. Berdasarkan jumlah pasangan kromosomnya ada beberapa jenis organisme yaitu : organisme haploid (memiliki  $n$  kromosom), organisme diploid (memiliki  $2n$  kromosom), organisme triploid (memiliki  $3n$  kromosom), dan organisme poliploid (memiliki banyak kromosom).

## B. GEN DAN ALEL

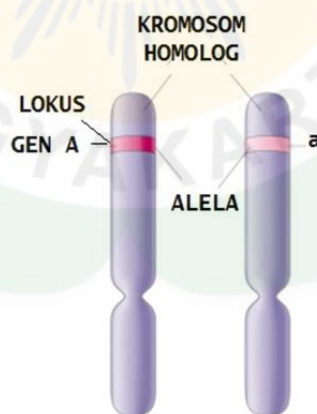
Gen adalah unit informasi genetik yang terdapat pada lokus dan memenuhi kromosom sebagai zarah yang kompak. Gen memiliki beberapa sifat, antara lain:

1. mengandung satuan informasi genetik;
2. sebagai zarah tersendiri, terdapat dalam kromosom;
3. dapat menduplikasi diri pada pembelahan sel;
4. mengatur sifat-sifat yang diturunkan.

### Fungsi Gen

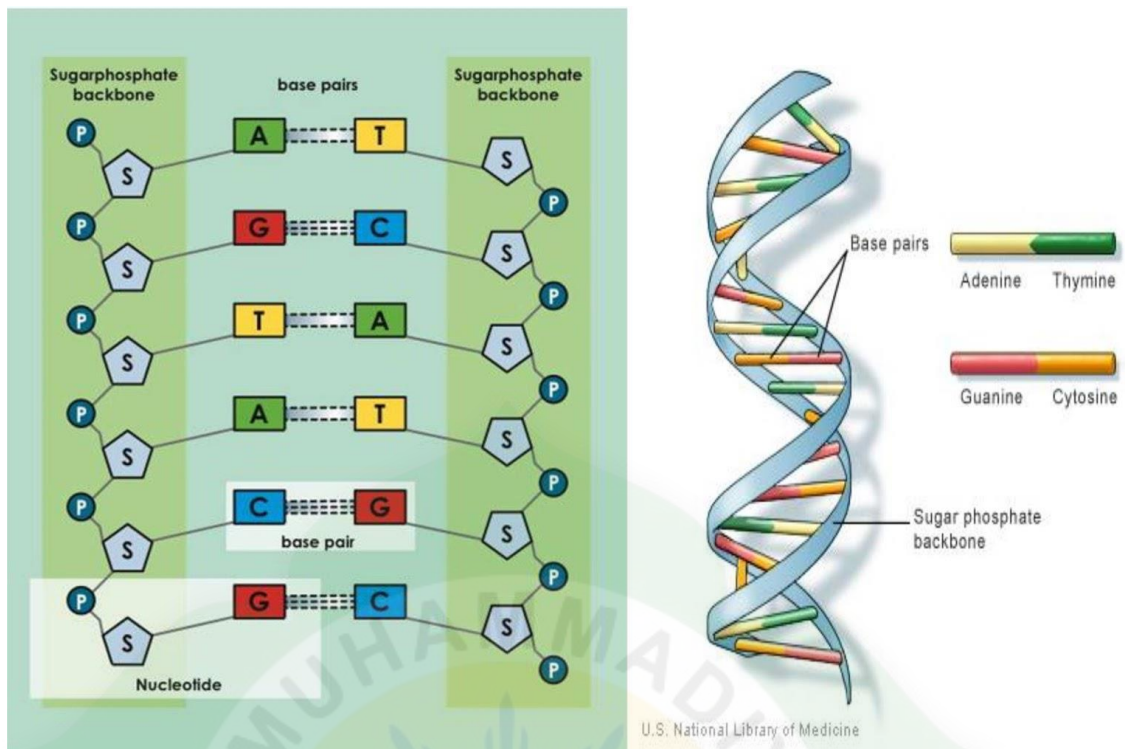
1. menyampaikan informasi genetik pada generasi berikutnya;
2. mengendalikan perkembangan dan metabolisme sel atau individu.

Alela adalah pasangan alternatif gen untuk menentukan sifat keturunan. Dalam satu lokus tidak selalu hanya terkandung satu macam pasangan alternatif gen. Apabila dalam lokus yang bersesuaian pada kromosom homolog terdapat lebih dari satu pasang gen, maka keadaan demikian disebut alela ganda. Contoh sifat yang dikendalikan oleh alela ganda adalah golongan darah dan warna kulit.



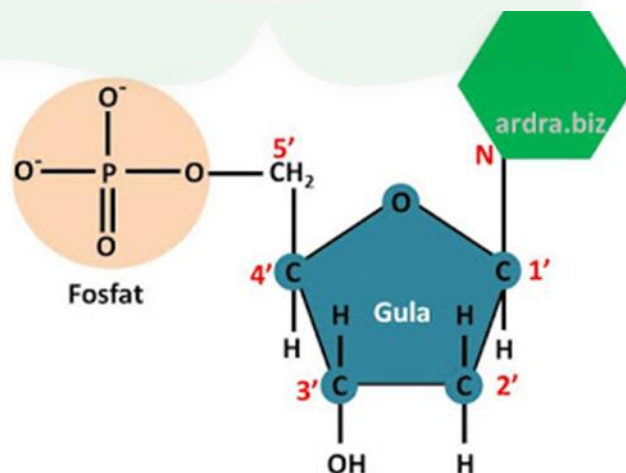
## C. DNA (Deoxyribonucleic Acid)

### 1. Struktur DNA



DNA adalah materi genetik yang membawa informasi yang dapat diturunkan. Di dalam sel manusia DNA dapat ditemukan di dalam inti sel dan di dalam mitokondria. DNA terdiri atas tiga komponen dasar (Nukleotida), yakni

- 1). gugus fosfat ( $-\text{PO}_4$ );
- 2). deoksiribosa atau gugus gula yang kehilangan satu atom oksigen;
- 3). basa nitrogen yang terdiri:
  - a) Purin: Adenin (A) dan Guanin (G)
  - b) Pirimidin: sitosin (C) dan Timin (T)



Komponen penyusun DNA

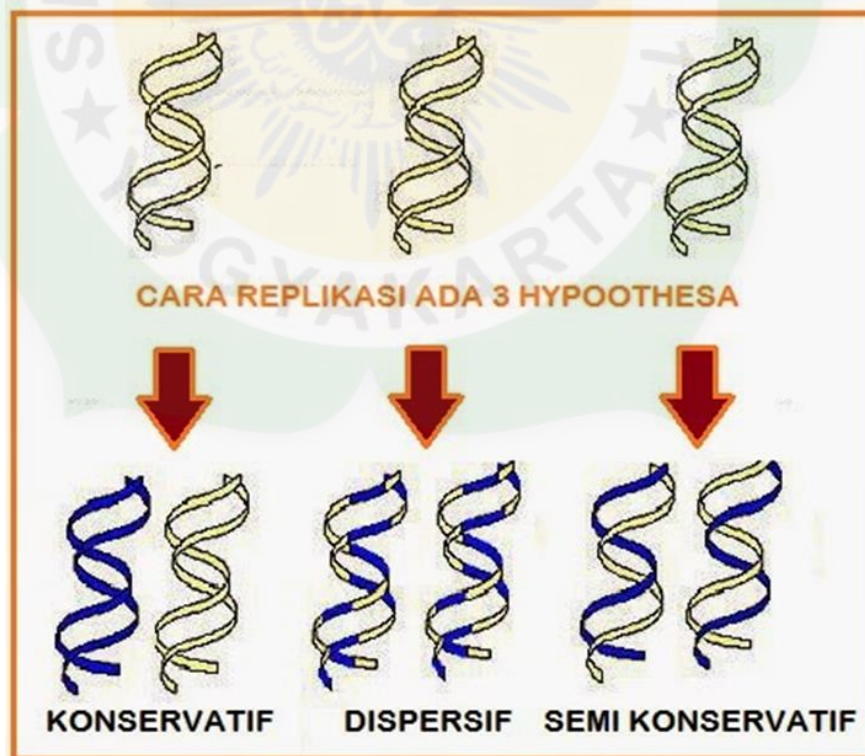
Satu molekul gula dan satu molekul basa disebut "nukleosida", jadi nukleotida dan nukleosida berbeda. Perbedaannya hanya pada ada tidaknya kandungan Phosphatnya. DNA terdiri dari rantai Poli Nukleotida ganda, panjang dan berpilin (double helix). Dalam menyusun molekul DNA basa nitrogen memiliki pasangan tertentu :

- 1). Adenin selalu berpasangan dengan timin (A-T) yang dihubungkan oleh 2 ikatan hidrogen
- 2). Guanin selalu berpasangan dengan Sitosin (G-S) yang dihubungkan oleh 3 ikatan hidrogen
- 3). ketentuan chargaff menyatakan bahwa perbandingan A/T dan S/G selalu mendekati satu

Sebuah nukleotida selalu memiliki ujung 3' – OH dan 5'P, sehingga dalam "double helix" menurut model Watson-Crick terdapat satu buah pita dengan arah 3' → 5', sedangkan pita pasangannya 5' → 3'.

## 2. Replikasi DNA

Replikasi DNA adalah kemampuan DNA untuk membentuk atau mensintesis DNA sendiri. DNA hasil replikasi akan diwariskan pada sel anakan pada proses pembelahan sel sehingga dua sel anakan yang dihasilkan memiliki informasi genetik yang sama. Ada tiga hipotesis yang menjelaskan replikasi DNA, yaitu **konservatif**, **semikonservatif**, dan **dispersif**.



Gambar Cara Replikasi DNA

- a. **Konservatif.** Rantai ganda DNA lama tidak berubah. Berfungsi sebagai cetakan buat DNA baru.



- b. **Dispersif.** Beberapa bagian dari kedua rantai DNA lama digunakan sebagai cetakan DNA baru. Sehingga DNA lama dan baru tersebar
- c. **Semikonservatif.** Rantai ganda DNA lama berpisah kemudian rantai baru disintesis pada masing-masing rantai DNA lama.

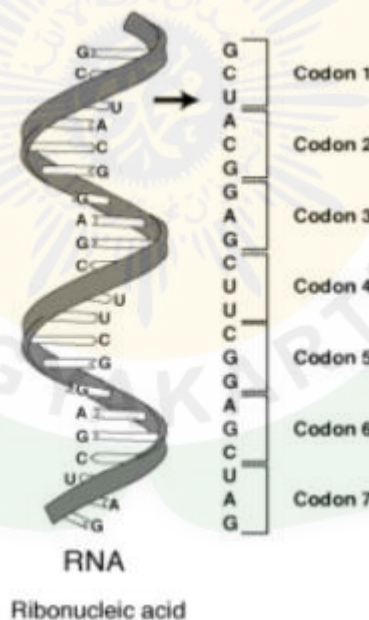
DNA dapat bersifat autokatalis, yaitu dapat menggandakan dirinya, juga dapat bersifat heterokatalis, yaitu DNA mampu mensintesis molekul lainnya seperti RNA.

Berdasarkan dua sifat tersebut, maka DNA berfungsi sebagai:

- 1). membawa informasi genetik kepada generasi berikutnya;
- 2). mengontrol aktivitas hidup secara langsung dan tidak langsung;
- 3). menyintesis RNA;
- 4). sebagai arsitek (perancang) dalam sintesis protein.

#### D. RNA (*Ribonucleic Acid*)

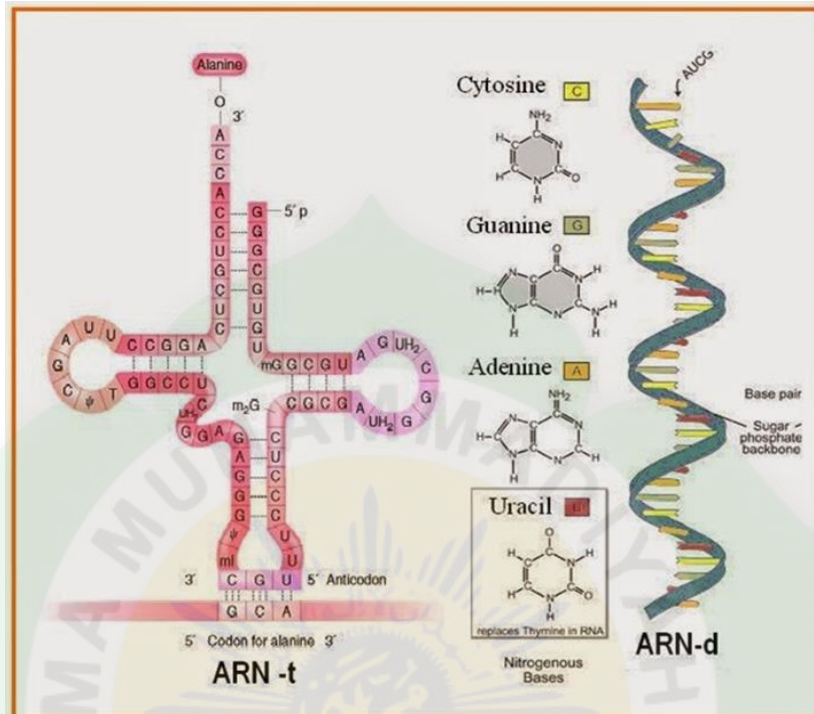
RNA (*Ribonucleic Acid*) adalah materi genetik yang terdapat di dalam inti, sitoplasma, dan matriks plastida. RNA adalah rantai tunggal yang tersusun dari gula ribosa, fosfat, dan basa nitrogen yang terdiri atas purin (adenin dan guanin) serta pirimidin (sitosin dan urasil). RNA merupakan rantai nukleotida, molekulnya lebih kecil daripada DNA dan berperan dalam sintesis protein.



Berdasarkan tempat dan fungsinya, RNA dibedakan menjadi:

1. RNA duta (RNAd) atau messenger RNA (RNAm), dibentuk DNA jika diperlukan. RNAd ini merupakan RNA terpanjang dan terbesar dan berperan sebagai pola cetakan untuk membentuk polipeptida dengan jalan mengatur urutan asam amino untuk membentuk protein. Pada rantai RNAd terdapat kode-kode genetik berupa urutan basa nitrogen yang disebut kodon. RNAd berfungsi menyampaikan informasi genetik dalam bentuk kode genetik ke ribosom.

2. RNA transfer (RNAt), dibentuk di inti dan terdapat di sitoplasma. RNAt mempunyai rantai terpendek diantara jenis RNA lainnya. RNAt berfungsi mengikat dan mengangkut asam amino ke ribosom dan menerjemahkan (translasi).
3. RNA ribosom (RNAr), dihasilkan oleh nukleolus dan merupakan RNA yang berada pada ribosom. RNAr dibentuk oleh gen-gen khusus yang terdapat pada nukleolus, berfungsi menyusun asam amino menjadi protein.



Gambar RNA-t dan RNA-d

#### E. PERBEDAAN ANTARA DNA DAN RNA

Perbedaan	DNA	RNA
Gula	Deoksiribisa	Ribosa
Basa Pirimidin	Timin	Urasil
Bentuk	Rantai ganda ("double helix"), rantai panjang, terpilin	Rantai tunggal, pendek, tidak terpilin
Letak	Nukleus, Kloroplas, dan Mitokondria	Nukleus, sitoplasma, kloroplas, dan Mitokondria
Kadar	Tetap	Tidak Tetap

#### F. SINTESIS PROTEIN

Sintesis protein adalah peristiwa penyusunan protein dengan bahan dasar asam amino yang bertujuan untuk mendapatkan protein struktural dan protein fungsional. Protein struktural digunakan oleh sel untuk menyusun membran sel dan sebagai bahan

pembangun atau menggantikan sel-sel yang rusak. Protein fungsional yang dihasilkan dari sintesis protein berupa enzim dan hormon yang berfungsi untuk metabolisme dan pertumbuhan serta perkembangan sel. Enzim yang dibutuhkan dalam sintesis protein berupa:

1. RNA polymerase berfungsi saat transkripsi untuk memutuskan ikatan hidrogen yang menghubungkan antara rantai double heliks DNA.
2. Aminoasil sintetase berfungsi pada saat pengikatan asam amino di sitoplasma oleh RNAt. Pengikatan asam amino oleh RNAt juga membutuhkan energi (ATP) untuk mengaktifkan asam amino sehingga dapat diikat oleh RNAt.

Langkah-langkahnya :

1. Transkripsi
2. Translasi
3. Sintesa Protein

Rantai ADN melakukan transkripsi, yaitu peristiwa dimana rantai ADN membentuk rantai ARN duta . Pembentukan ARN-d diawali dari ujung 5' ke 3' . Pada tahap ini terdapat 3 langkah yaitu

1. Inisiasi (awal proses pencetakan )
2. Elongasi(pencetakan lanjutannya)
3. Terminasi(akhir dari proses pencetakan). Pada proses ini dibantu oleh enzim RNA polimerase.

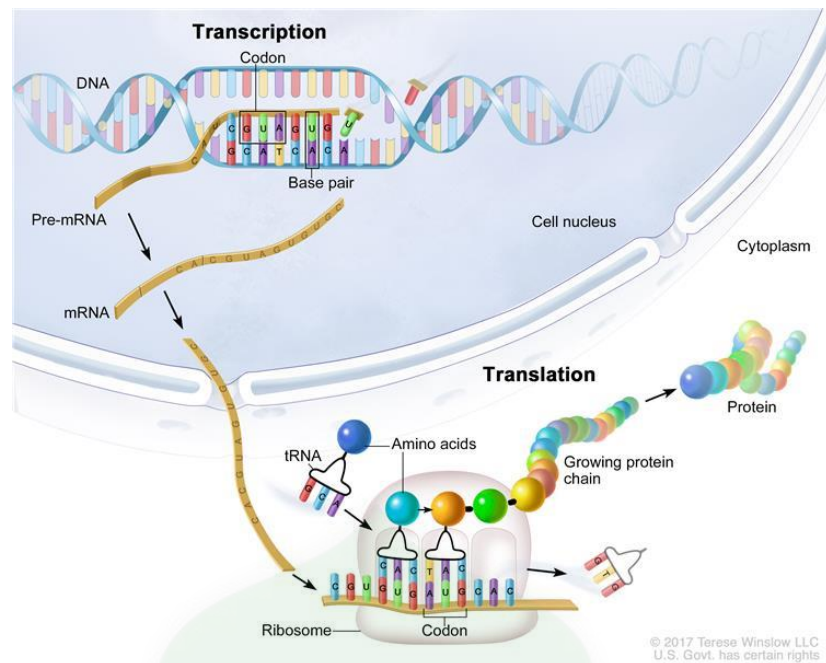
ARN-d yang terbentuk keluar dari nukleus menuju ke sitoplasma ( ribosom)

ARN-t melakukan translasi , yaitu proses penterjemahan kodon ARN-d yang dimulai dari 5' menuju ke 3' dengan jalan membawa asam amino yang sesuai dengan kodon ARN –d.

Pada tahap ini juga terdapat 3 langkah yaitu

1. inisiasi (awal proses penterjemahan )
2. Elongasi ( penterjemahan selanjutnya)
3. Terminasi ( akhir dari penterjemahan).

Asam amino akan bersambung berderet – deret sesuai dengan urutan kodon ARN –d , sehingga terbentuklah rantai polipeptida / protein yang diharapkan.



Beberapa hal yang berkaitan dengan penulisan kode genetik, antara lain:

- Kodogen: rangkaian kode genetik pada rantai DNA
- Kodon: rangkaian kode genetik pada rantai RNA duta
- Antikodon: rangkaian kode genetik pada rantai RNA transfer

## LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

### Lembar Kerja Peserta Didik

#### MATERI GENETIK

Nama peserta didik : .....

Kelas : .....

#### Kompetensi dasar

**3.3.** Menganalisis keterkaitan antara struktur dan fungsi gen, DNA, kromosom dalam proses penurunan sifat pada makhluk hidup serta menerapkan prinsi-prinsip pewarisan sifat dalam kehidupan

#### Petunjuk Kerja

1. Kerjakan LKPD secara mandiri
2. Telitilah dalam mengerjakan LKPD

#### Materi singkat

Substansi dasar nukleus terdiri atas nukleoprotein yang disusun oleh senyawa protein dan asam nukleat. Ada dua jenis asam nukleat yang berkaitan dengan hereditas, yaitu DNA (Deoxyribonucleic Acid) dan RNA (Ribonucleic Acid). Keduanya bertanggungjawab terhadap sintesis protein serta mengontrol sifat-sifat keturunan.

Sel-sel seluruh tubuh manusia terdiri dari kromosom yang berasal dari kedua orang tuanya, artinya individu tersebut mendapatkan DNA sebagai materi genetik yang berasal dari kedua orang tuanya. Sifat-sifat yang diturunkan setiap makhluk hidup dari orang tua pada keturunannya disebut hereditas. Proses tersebut melibatkan beberapa komponen, antara lain gen, alel, DNA, dan kromosom.

setiap harinya masing-masing makhluk hidup membutuhkan makanan demi kelangsungan hidupnya. Makanan yang mereka makan nantinya akan dicerna dalam sistem pencernaan mereka yang nantinya akan diolah menjadi energi dalam tubuh. Dalam proses pencernaan makanan ada istilah yang disebut dengan sintesis protein.

#### Soal Bahan Diskusi !

1. Jelaskan pengertian dari:
  - a. Gen
  - b. DNA
  - c. Kromosom

Jawab:

.....

.....  
.....  
2. Gambarkan struktur dari:

- a. Gen
- b. DNA
- c. Kromosom

Jawab:

Gen	DNA	Kromosom

3. Jelaskan fungsi dari:

- a. Gen
- b. DNA
- c. Kromosom

Jawab:

.....  
.....

Isilah tabel perbedaan antara DNA dengan RNA berikut!

No	Aspek Pembeda	DNA	RNA
1			
2			
3			
4			
5			

4. Jelaskan langkah-langkah dalam proses sintesis protein:

- a. Transkripsi
- b. Translasi

Jawab:

.....  
.....  
.....

5. Jika rantai template DNA adalah ATT GTA AAA GGG CGC TAG, Tentukan:
- DNA Antisense
  - RNA duta
  - RNA transfer

Jawab:

.....  
 .....

Lengkapilah tabel sintesa protein di bawah ini:

No	Rantai sense	RNA d	Anti Kodon	RNA t	Kodon	R. Anti Sense	Asam amino
1	TTC						
2			GUC				
3				ACG			
4						CGA	
5					GCA		

Diketahui :

- Alanin = GCG, GCA
- Arginin = CGA, CGU
- Glutamin = CAG
- Prolin = CCG, GCA
- Sistein = UGC, UGU
- Serin = UCG, UCC
- Triptopan = AAG
- Tirosin = UAC, UAU

## RINGKASAN

- Gen merupakan substansi genetika yang membawa sifat keturunan yang akan diwariskan kepada keturunannya.
- Bentuk fisik gen adalah berupa molekul asam deoksiribonukleat (DNA). Gen tidak lain adalah molekul DNA yang menyandikan sifat-sifat tertentu.
- Gen yang terletak pada lokus yang sama pada kromosom homolog, tetapi sifatnya berlawanan disebut alel.
- Kromosom merupakan benang-benang tebal yang terdapat di dalam inti sel. Di dalam kromosom terdapat gen.
- Jumlah kromosom yang dimiliki setiap jenis akan tetap. Organisme yang struktur tubuhnya lebih kompleks akan memiliki jumlah kromosom yang lebih banyak dibandingkan organisme yang sederhana.
- Kromosom dibedakan menjadi dua jenis yaitu autosom (kromosom tubuh) dan gonosom (kromosom kelamin).
- DNA merupakan polimer nukleotida. Satu nukleotida terdiri atas tiga komponen yaitu deoksiribosa, gugus fosfat, dan basa nitrogen.
- Kode genetik ditentukan oleh urutan tiga basa nitrogen.

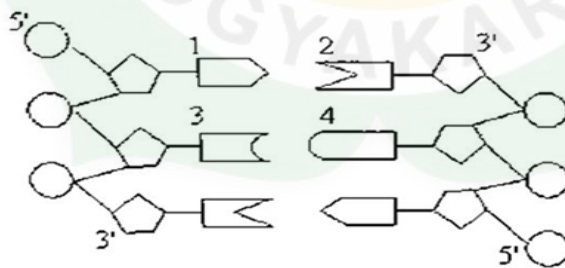
## EVALUASI (TES FORMATIF)

### I. PILIHLAH SATU JAWABAN YANG BENAR !

1. Bentuk kromosom yang dilengkapi dengan dua lengan simetris disebut .....
  - A. Metasentrik
  - B. Submetasentrik
  - C. Akrosentrik
  - D. Telosentrik
  - E. Monosentrik
2. Jumlah kromosom tubuh (autosom) yang terdapat dalam sel telur manusia adalah .....
  - A. 22 pasang
  - B. 22 buah
  - C. 23 buah
  - D. 46 buah
  - E. 23 pasang
3. Kromosom sel somatik wanita normal, terdiri atas ....
  - A. 22 A + 44 autosom dan satu kromosom X
  - B. 22 pasang autosom dan satu kromosom X
  - C. 23 pasang autosom dan sepasang kromosom
  - D. 44 autosom dan sepasang kromosom X
  - E. 22 autosom dan sepasang kromosom X
4. Bahan dalam sel sebagai faktor penentu penerus keturunan adalah .....
  - A. Polipeptida
  - B. Polisakarida
  - C. Asam Nukleat
  - D. Karbohidrat
  - E. Lipida
5. Berikut yang menentukan faktor hereditas pada DNA adalah .....
  - A. jenis enzim
  - B. jenis fosfat
  - C. jenis rantai nukleotida
  - D. Ikatan hidrogen
  - E. Urutan kombinasi basa nitrogen
6. Satu jenis asam amino essensial dibangun oleh ....
  - A. 3 basa nitrogen tertentu
  - B. 3 nukleotida
  - C. 3 RNA duta
  - D. 3 DNA
  - E. kumpulan polipeptida



7. Satu molekul nukleotida tersusun atas....
- Gula, fosfat
  - Gula, fosfat, purin
  - Gula, fosfat, purin, pirimidin
  - Gula, basa nitrogen
  - fosfat, basa nitrogen
8. Perhatikan keterangan berikut ini!
- Merupakan molekul ganda
  - Merupakan molekul tunggal
  - Gula penyusunnya deoksiribosa
  - Gula penyusunnya ribose
  - Hanya terdapat di inti sel
- Yang merupakan ciri dari DNA adalah....
- 4 dan 5
  - 3 dan 4
  - 1 dan 3
  - 2 dan 4
  - 2 dan 5
9. Substansi genetik DNA dan RNA mempunyai kesamaan, yaitu .....
- Gugus gula
  - Basa Purin
  - Bentuk rantai
  - Keduanya dapat bereplikasi
  - Menentukan jenis protein yang disintesa
10. Perhatikan diagram struktur DNA berikut!

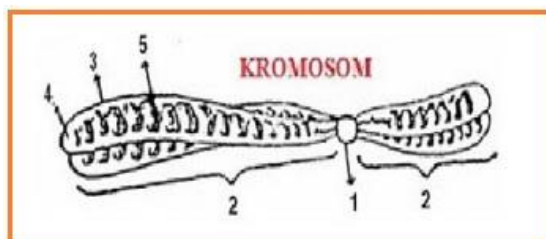


Pernyataan yang tepat berkaitan dengan struktur DNA tersebut adalah....

- jumlah nukleotida dalam struktur DNA adalah 3
- senyawa 1 dan 3 terikat pada gugus fosfat
- basa-basa nitrogen dalam struktur DNA termasuk golongan purin
- 1,2,3, dan 4 adalah sitosin, guanin, adenin, dan timin
- apabila 3 adalah guanin, 4 adalah adenin

11. Pada rantai anti sense DNA terdapat urutan basa nitrogen: **CGA – CCC – GTA**, dengan demikian urutan basa nitrogen pada rantai sense ....
- A. CAA – CGG – CAT
  - B. ATG – GGG – CAT
  - C. TGA – GGG – CAT
  - D. GCT – GGG – GTA
  - E. GCT – GGG – CAT
12. Monomer dari DNA disebut .....
- A. Nukleotida
  - B. Nukleosida
  - C. Nukleoplasma
  - D. Basa nitrogen
  - E. Gula pentosa
13. Pasangan basa nitrogen yang benar pada DNA adalah .....
- A. Adenin = guanin
  - B. Adenin = sitosin
  - C. Adenin = urasil
  - D. Adenin = timin
  - E. Guanin = timin
14. Yang disebut sebagai transkripsi adalah....
- A. Penggandaan molekul DNA
  - B. Penerjemahan molekul DNA untuk menghasilkan RNA
  - C. Penerjemahan RNA untuk menghasilkan protein
  - D. Penerjemahan DNA untuk menghasilkan protein
  - E. Penggandaan RNA dalam sintesis protein
15. Proses transkripsi yang dilakukan oleh RNAd berlangsung di ...
- A. Nukleus
  - B. Ribosoma
  - C. Sitoplasma
  - D. Mitokondria
  - E. Retikulum endoplasma
16. Proses translasi terjadi pada...
- A. Nucleus
  - B. Membran plasma
  - C. Sitoplasma
  - D. Kompleks golgi
  - E. Mitokondria

17. Bila urutan basa nitrogen pada kodogen adalah **C – A – T – G – A – C** maka RNA yang bertugas dalam proses translasi, memiliki urutan basa Nitrogen .....
- C – A – T – G – A – C
  - C – A – U – G – A – C
  - C – A – T – G – A – G
  - G – T – A – C – G – T
  - G – T – T – A – G – C
18. Bila gugus kodon pada susunan basa nitrogen RNA d adalah **UCA – ACG – GCU – UAC – CGU** maka urutan basa nitrogen pada RNA yang mentranslasi adalah ...
- AGU – UGC – CGA – AUG – GCA
  - AGU – UGC – SGA – UAG – GCA
  - AGU – UCG – SGA – UAG – GCA
  - UGA – UGC – CGA – AUG – GCA
  - UGA – UGC – CGA – UAG – GCA
19. Suatu fragmen DNA terdiri atas 4 pasang nukleotida. Pernyataan yang sesuai adalah .....
- dapat terbentuk 8 macam asam amino
  - mempunyai 8 basa jenis purin
  - dibutuhkan 8 basa nitrogen
  - terdapat 4 ikatan hidrogen
  - dibutuhkan 4 gula pentosa
20. Rantai DNA sense mempunyai kode basa nitrogen sebagai berikut :  
**TGC – CGG – ACT – AAA – TCT**  
Maka urutan basa nitrogen pada RNAt adalah ....
- ACG – GCC – UGA – UUU – AGA
  - ACG – GCC – TGA – TTT – AGA
  - TGC – CGG – ACT – AAA – TCT
  - UCG – GCC – TGU – TTT – UGU
  - UGC – CGG – ACU – AAA – UCU
21. Perhatikan gambar struktur kromosom berikut ini!



Bagian dari kromosom yang didalamnya tidak terdapat gen dan tidak menyerap warna ditunjukkan oleh nomor ...

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

22. Fase-fase sintesis protein:

- 1). RNAd meninggalkan inti menuju ribosom
- 2). RNAt mengikat asam amino yang sesuai
- 3). RNAd dibentuk di dalam inti oleh DNA
- 4). DNA Asam amino berderet sesuai dengan urutan kode genetic
- 5). Pembentukan protein yang diperintahkan

Urutan yang sesuai dengan sintesis protein adalah ....

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

23. Pasangan gen yang terdapat pada lokus yang sama pada kromosom homolognya disebut....

- A. Gen
- B. Alel
- C. Materi genetic
- D. Genom
- E. Histon

24. Rantai DNA yang berperan sebagai cetakan untuk RNA adalah....

- A. Kodon
- B. Antikodon
- C. Kodogen
- D. Sense
- E. Antisense

25. Yang merupakan kodon start adalah...

- A. AUG
- B. UGA
- C. UAG
- D. GUA
- E. GAU

## II. Jawablah Pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

1. Bagaimana DNA mempengaruhi kinerja gen secara utuh?
2. Bagaimana DNA secara bersama-sama membentuk kromosom?
3. Apakah proses tata waktu metabolisme mempengaruhi bentuk dan aktivitas DNA?
4. Apakah translasi selalu menghasilkan protein yang sama dari waktu ke waktu?
5. Bagaimana bila terjadi perubahan rantai DNA?
6. Apakah DNA – Kromosom hasil mutasi selalu diwariskan?
7. Apakah suatu karakter suatu individu dapat berubah menurut waktu dan tempat?
8. Jelaskan hubungan antara Gen, DNA, dan Kromosom!
9. Apa saja yang membedakan antara DNA dan RNA?
10. Jelaskan mekanisme sintesis protein!

## III. PENUTUP

Materi Genetika merupakan ilmu yang membahas tentang komponen-komponen penyusun struktur di dalam sel makhluk hidup. Komponen dalam struktur genetika terdiri dari RNA, DNA, Alel, dan sintesis protein. Karena materi ini terkesan bersifat abstrak dan sulit dipahami sehingga dengan adanya modul ini dapat menambah literatur/wawasan dan pemahaman kepada para peserta didik. Diharapkan pula nantinya bisa diimplementasikan dalam kehidupan, sehingga dapat ikut andil dalam kemajuan bidang *bioteknologi* yang saat ini telah berkembang pesat.

## GLOSARIUM

*Alel* : Gen yang dapat menempati lokus yang sama seperti gen yang lainnya pada kromosom tertentu

*Alel ganda* : Adanya lebih dari satu alel pada lokus yang sama

*Antikodon* : Bagian urutan basa nitrogen tRNA yang komplemen dengan kodon pada mRNA sehingga dapat memastikan asam amino yang dibawa tRNA sesuai dengan kodon mRNA

*DNA* : Materi genetik tempat menyimpan informasi genetik.

*Gen* : Bagian kromosom yang menjadi lokasi sifat-sifat keturunan

*Genom* : Satu gugus kromosom yang selaras dengan segugus sel dari satu jenis.

*Kode Genetik* : Suatu cara untuk menentukan jumlah serta urutan nukleotida yang berperan dalam menentukan posisi yang tepat dari tiap asam amino dalam rantai peptida yang bertambah panjang.

*Kodon* : Kode genetik triplet yang dapat diterjemahkan menjadi urutan asam amino pada peristiwa translasi

*Kromatid* : Dua benang halus yang membentuk kromosom yang mudah diwarnai.

*Kromatin* : Serabut halus yang berjalin-jalin seperti benang, mudah menyerap zat warna

*Kromomer* : Garnula berupa untai sepanjang kromonema kromosom.

*Kromonema* : Struktur berbentuk benang pada stadium anafase dan telofase sel, bentuk interfase inti sel.

*Kromosom* : Suatu struktur pada yang terdiri dari dua komponen molekul, yaitu protein dan DNA.

*Lokus* : Letak suatu gen pada kromosom.

*Nukleosida* : Gabungan deoksiribosa atau ribosa dan basa nitrogen.

*Nukleotida* : Gabungan deoksiribosa atau ribosa dengan basa nitrogen dan fosfat.

*Protein Histon* : Protein yang larut dalam air, tetapi tidak larut dalam amoniak encer; protein biasa, banyak mengandung asam amino arginin dan lisin. Membentuk poros lilitan DNA dalam kromatin (kromosom).

*Pirimidin* : Kelompok basa-N yang menyusun asam nukleat, termasuk sitosin dan urasil.

*Purin* : Basa nitrogen yang terdiri dari adenin dan guanin.

*Replikasi* : Peristiwa penggandaan DNA sebelum pembelahan sel berlangsung.

*RNA* : Makromolekul yang berfungsi sebagai penyimpan dan penyalur informasi genetik.

*Sentromer* : Bagian kromosom yang merupakan tempat perlekatan benang-benang spindel selama pembelahan inti dan merupakan tempat melekatnya lengan kromosom.

*Transkripsi* : Sintesis RNA pada suatu cetakan DNA.

*Translasi* : Sintesis polipeptida dengan menggunakan informasi genetik yang dikode pada suatu molekul mRNA.

## KUNCI JAWABAN TES FORMATIF

### I. Pilihan Ganda

No	Jawaban	No	Jawaban	No	Jawaban	No	Jawaban	No	Jawaban
1	A	6	B	11	E	16	C	21	E
2	B	7	C	12	A	17	B	22	C
3	D	8	C	13	D	18	A	23	B
4	C	9	B	14	B	19	C	24	D
5	E	10	D	15	A	20	E	25	A

### II. Essay

1. Dikarenakan gen merupakan bagian dari DNA
2. Dikarenakan terdapat protein kromatin (histon dan non-histon) hingga bisa membentuk kromosom

3. Proses metabolisme maupun faktor lingkungan dapat mempengaruhi bentuk dan aktivitas DNA, bahkan hingga mengalami kerusakan
4. Ya, jika selalu dengan rantai cetakan yang sama dan tidak terjadi mutasi selama proses sintesis protein.
5. maka akan terjadi mutasi
6. Tergantung, jika Mutasi somatik, maka Mutasi ini tidak akan diwariskan pada keturunannya. Jika Mutasi Gametik ,maka akan diwariskan kepada keturunannya Karena terjadinya di sel gamet.
7. Iya, suatu karakter suatu individu dapat berubah menurut waktu dan tempat . Hal ini karena suatu karakter harus menyesuaikan diri dengan lingkungannya seiring waktu dan tempat agar dapat bertahan hidup.
8. Inti sel berisi struktur yang disebut dengan kromosom. Kromosom terbuat dari molekul yang disebut dengan DNA dan juga protein lain. Molekul DNA (deoxyribose nucleic acid, asam deuksiribo nukleat) adalah struktur berbentuk heliks ganda di dalam kromosom. DNA membawa kode genetik atau gen yang menentukan karakteristik makhluk hidup. Gen adalah bagian DNA yang membawa informasi tentang sifat tertentu, misalnya warna kulit, golongan darah dan lainnya. Setiap gen menentukan sifat makhluk hidup dengan mengkodekan pembuatan protein tertentu dengan menentukan bagaimana urutan asam amino harus digabungkan.  
Jadi, kromosom adalah bagian inti sel yang tersusun dari DNA sedangkan Gen adalah bagian DNA yang pendek, yang menentukan sifat tertentu pada makhluk hidup.

9. Perbedaan DNA dan RNA

Perbedaan	DNA	RNA
Bentuk	rantai panjang , ganda, dan berpilin (double heliks)	rantai pendek, tunggal, dan tidak berpilin
Fungsi	Mengendalikan faktor keturunan dan sebagai materi genetik (bahan baku) untuk sintesis protein.	Mengendalikan sintesis protein
Letak	Berada dalam nukleus, kloroplas, mitokondria	Berada dalam nukleus, sitoplasma, kloroplas, mitokondria
Komponen Gula	Deoksiribosa	Ribosa
Ukuran	Panjang	Pendek
Jenis Basa Nitrogen	Purin (adenin dan guanin) gugus fosfat. dan Pirimidin (sitosin dan timin)	Purin (adenin dan guanin) dan Pirimidin (sitosin dan urasil)
Kadar	Tetap, tidak dipengaruhi oleh aktivitas sintesis protein.	Berubah-ubah sesuai dengan jumlah sintesis protein yang dibutuhkan.
Keberadaannya	Permanen.	Periode pendek karena mudah terurai.

Fungsi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Membawa materi genetika dari generasi ke generasi berikutnya</li> <li>- Mengontrol kehidupan secara langsung maupun tidak</li> <li>- Sebagai auto katalis atau penggandaan diri</li> <li>- Sebagai heterokatalis atau melakukan sintesis terhadap senyawa lain</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sebagai penyimpan informasi</li> <li>- Sebagai perantara antara DNA dan protein dalam proses ekspresi genetik karena berlaku untuk organisme hidup</li> </ul>
--------	--	--

10. sintesis protein terdiri dari dua tahap, yaitu **transkripsi** dan **translasi**.

### 1). Transkripsi

Transkripsi merupakan proses pembentukan RNA dari salah satu pita cetakan DNA (DNA sense). Pada tahap ini, akan menghasilkan 3 jenis RNA, yaitu mRNA, tRNA dan rRNA. Tahap ini dapat berlangsung di dalam sitoplasma dengan diawali proses pembukaan rantai ganda yang dimiliki oleh DNA dengan bantuan enzim RNA polimerase. Pada tahap ini, ada rantai tunggal yang bertugas sebagai rantai sense, sedangkan rantai lain yang berasal dari pasangan DNA dinamakan rantai anti sense.

Tahap transkripsi sendiri dibagi menjadi 3: tahap inisiasi, elongasi dan terminasi.

#### - Inisiasi

RNA polimerase terikat pada untaian DNA, yang disebut promoter, yang ditemukan didekat awal dari suatu gen. Setiap gen mempunyai promoternya tersendiri. Setelah terikat, RNA polimerase memisahkan untaian ganda DNA, menyediakan template atau cetakan untaian tunggal yang siap untuk ditranskripsi.

#### -Elongasi

Satu untaian DNA, untaian cetakan, bertindak sebagai cetakan untuk digunakan oleh enzim RNA polimerase. Sambil 'membaca' cetakan ini, RNA polimerase membentuk molekul RNA keluar dari nukleotida, membuat sebuah rantai yang tumbuh dari 5' ke 3'. RNA transkripsi membawa informasi yang sama dari untaian DNA non-template (coding).

#### -Terminasi

Urutan ini memberikan sinyal bahwa transkripsi RNA telah selesai. Setelah ditranskripsi, RNA polimerase melepaskan hasil transkripsi RNA.

### 2). Translasi

Translasi merupakan proses urutan nukleotida dalam mRNA yang diterjemahkan ke dalam urutan asam amino dari rantai polipeptida. Selama



proses ini, sel 'membaca' informasi pada messenger RNA (mRNA) dan menggunakannya untuk membuat sebuah protein.

Ada setidaknya 20 macam jenis asam amino yang dibutuhkan untuk dapat membentuk protein yang berasal dari terjemahan kodon mRNA. Pada sebuah mRNA, instruksi untuk membuat polipeptida adalah RNA nukleotida (Adenine, Uracil, Cytosine, Guanine) yang dibaca dalam kelompok tiga nukleotida, kelompok tiga ini disebut kodon. Selanjutnya, beberapa dari asam amino tersebut akan menghasilkan rantai polipeptida yang spesifik dan nantinya akan membentuk protein yang spesifik pula.

Proses translasi sendiri terbagi atas 3 tahap:

**- inisiasi**

Pada tahap ini ribosom merakit di sekitar mRNA untuk dibaca dan tRNA pertama yang membawa asam amino metionin (yang cocok dengan start kodon, AUG). Bagian ini diperlukan agar tahap translasi bisa dimulai.

**-Elongasi**

Ini adalah tahap di mana rantai asam amino diperpanjang. Disini mRNA dibaca satu kodon sekali, dan asam amino yang sesuai dengan kodon ditambahkan ke rantai protein. Selama elongasi, tRNA bergerak melewati situs A, P, dan E dari ribosom. Proses ini diulang terus-menerus saat kodon baru dibaca dan asam amino baru ditambahkan ke rantai.

**-Terminasi**

Ini adalah tahap dimana rantai polipeptida dilepaskan. Proses ini dimulai ketika stop kodon (UAG, UAA atau UGA) memasuki ribosom, membuat rantai polipeptida terpisah dari tRNA dan lepas keluar dari ribosom.

## **MODUL 4.**

### **PEMBELAHAN SEL**

#### **I. PENDAHULUAN**

##### **A. Latar Belakang**

Modul mata pelajaran Biologi ini (Bab Pembelahan Sel) akan membekali siswa pada kelas XII, dengan harapan memperoleh pengalaman belajar dalam memahami berbagai konsep dan proses sains. Dalam setiap kegiatannya modul ini mencoba untuk memberikan pemahaman secara konseptual dari materi bahan ajar biologi, dan secara praktis membekali siswa untuk dapat memberikan prospek pengembangan lebih lanjut dalam menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari.

##### **B. Tujuan Modul**

Setelah mempelajari modul ini, diharapkan peserta didik dapat:

1. Memahami dan menjelaskan pengertian dan konsep pembelahan sel secara mitosis
2. Menyebutkan fase-fase yang terjadi pada proses mitosis (profase, metafase, anafase, dan telofase)
3. Menggambarkan dan menjelaskan perubahan-perubahan yang terjadi ketika fase profase, metafase, anafase, dan telofase
4. Menjelaskan pengaruh pembelahan mitosis pada makhluk hidup uniseluler dan multiseluler
5. Memahami dan menjelaskan pengertian dan pembelahan sel secara meiosis
6. Menggambarkan dan menjelaskan perubahan-perubahan yang terjadi dan perbedaan antara meiosis I dan meiosis II
7. Menjelaskan tujuan dan pengaruh pembelahan meiosis pada makhluk hidup
8. Menjelaskan secara singkat proses gametogenesis pada manusia
9. Membangun kesadaran akan kebesaran Tuhan YME, menumbuhkan perilaku disiplin, mandiri, teliti, kreatif, kerjasama dan peduli lingkungan

##### **C. Deskripsi Modul**

Di samping metabolisme, ciri makhluk hidup yang lain adalah melakukan reproduksi, yakni memproduksi individu baru yang sama dengan individu sebelumnya/terdahulu. Reproduksi tingkat sel merupakan dasar dari reproduksi makhluk hidup, bahkan bagi makhluk uniseluler dengan reproduksi sel sudah menyempurnakan proses siklus hidupnya. Pada makhluk hidup eukariot, sel terbagi menjadi sel vegetatif dan sel generatif, dan siklus hidupnya juga dapat dilaksanakan melalui siklus vegetatif (aseksual) atau secara generatif (seksual). Kedua siklus tersebut memerlukan sistem reproduksi sel yang berbeda, yaitu reproduksi vegetatif dan reproduksi seksual (generatif). Pada prokariot walaupun ada proses mirip seksual, namun reproduksi selnya hanya satu jenis, yaitu reproduksi vegetatif.

## D. Petunjuk Penggunaan Modul

Peserta didik diharapkan dapat menguasai dan memahami materi dalam modul ini, serta mengaplikasikannya dalam kehidupansehari-hari. Oleh karenanya maka bacalah dengan cermat dan ikuti petunjuk berikut dengan baik, dan dengan cara yang berurutan, yaitu :

- 1). Bacalah doa terlebih dahulu, agar diberikan kemudahan dalam mempelajari materi ini.
- 2). Bacalah dengan cermat bagian pendahuluan sampai anda memahami secara tuntas tentang apa, untuk apa dan bagaimana mempelajari bahan ajar ini.
- 2). Bacalah materi ini dengan seksama, sehingga isi materi inidapat dipahami dengan baik.
- 3). Untuk memperluas wawasan, baca dan pelajari sumber-sumber lain yang relevan.
4. Kerjakan lembar kegiatan siswa dan soal-soal yang sudah disediakan dengan sungguh-sungguh, tanpa melihat kunci jawaban.
- 5). Cocokkan hasil pekerjaan kamu dngan kunci jawaban yang sudah disediakan.
- 6). Jika kamu belum menguasai 75% dari setiap kegiatan, maka kamu dapat mengulangi untuk mempelajari materi yang tersedia dalam modul ini.
- 7). Apabila kamu masih mengalami kesulitan memahami materi yang ada dalam modul ini, silahkan diskusikan dengan teman atau guru.

## II. PEMBELAJARAN

### Kegiatan Belajar 1

#### Tujuan Pembelajaran :

Melalui kegiatan Pembelajaran dengan pendekatan saintifik menggunakan model pembelajaran Discovery learning peserta didik dapat memahami dan menjelaskan pengertian dan konsep pembelahan sel secara mitosis, menyebutkan fase-fase yang terjadi pada proses mitosis (profase, metafase, anafase, dan telofase), menggambarkan dan menjelaskan perubahan-perubahan yang terjadi ketika fase profase, metafase, anafase, dan telofase, menjelaskan pengaruh pembelahan mitosis pada makhluk hidup uniseluler dan multiseluler. memahami dan menjelaskan pengertian dan pembelahan sel secara meiosis, menyebutkan fase-fase yang terjadi pada proses meiosis, menggambarkan dan menjelaskan perubahan-perubahan yang terjadi dan perbedaan antara meiosis I dan meiosis II, menjelaskan tujuan dan pengaruh pembelahan meiosis pada makhluk hidup, sehingga peserta didik dapat membangun kesadaran akan kebesaran Tuhan YME, menumbuhkan perilaku disiplin, mandiri, teliti, kreatif, kerjasama dan peduli lingkungan.

## Uraian Materi

### PEMBELAHAN SEL

#### Apa Itu Pembelahan Sel?

Pembelahan sel adalah peristiwa dimana sebuah sel membelah menjadi dua atau lebih sel baru. Jadi, pembelahan ini adalah cara sel untuk memperbanyak diri. Lalu apakah jika sebuah sel membelah mejadi 2 maka setiap sel akan memiliki masing-masing setengah dari bagian sel? Untuk menjawab pertanyaan ini, mari kita bahas.

#### Fungsi Pembelahan Sel

Sebelum mempelajari pembelahan sel lebih jauh, mari kita lihat fungsi dari pembelahan sel itu sendiri. Sel merupakan bagian structural terkecil yang menyusun tubuh makhluk hidup. Organisme sendiri ada yang uni seluler dan multi seluler. Jika dilihat dari organisme yang melakukan pembelahan sel, pembelahan sel dapat dikategorikan menjadi dua jenis fungsi yaitu:

1. Bagi organisme uniseluler yang melakukan pembelahan sel untuk dapat berkembang biak. Contohnya amoeba, protozoa dan yang lainnya.
2. Memperbanyak sel tubuh organisme multi seluler mengalami pembelahan sel guna memperbanyak sel tubuhnya sehingga dapat tumbuh dan berkembang dengan baik.

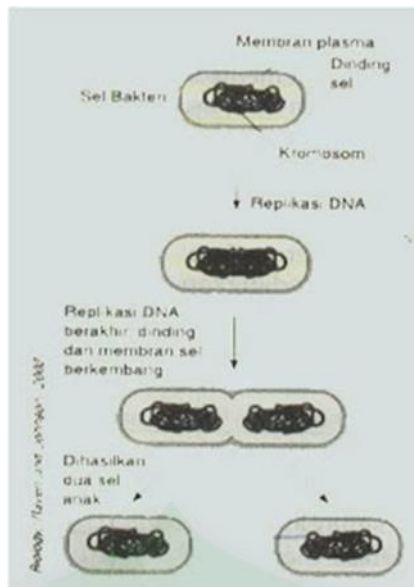
Selain fungsi di atas, pembelahan sel khususnya untuk organisme multiseluler juga dilakukan dengan tujuan :

- a. Regenerasi sel-sel yang rusak/mati
- b. Pertumbuhan dan perkembangan
- c. Berkembang biak (reproduksi)
- d. Variasi individu baru

#### A. Pembelahan Pada Sel Prokariotik

Pembelahan pada sel prokariotik dikenal dengan pembelahan biner yang artinya pembelahan ini berlangsung secara sederhana dan spontan. Proses pembelahan ini juga dikenal dengan proses pembelahan amitosis. Amitosis artinya pembelahan yang tidak melibatkan kromosom. Pembelahan biner dapat ditemukan pada sel bakteri, proses pertumbuhan sel, duplikasi materi genetik, pembagian kromosom, dan pembelahan sitoplasma.

Pada pembelahan biner, kromosom diduplikasi dan akan menempel pada membrane plasma. Kemudian akan terjadi pertumbuhan di antara dua tempat pelekatan kromosom tersebut. Hal ini untuk melakukan pemisahan inti. Sitokinesis dan pembentukan dinding sel kemudian terbentuk sehingga 2 sel anak terbentuk.



## B. Pembelahan Pada Sel Eukariotik

Pembelahan sel pada sel eukariotik dibagi menjadi mitosis dan meiosis.

### 1. MITOSIS

Pembelahan mitosis merupakan pembelahan secara tidak langsung atau melalui tahap-tahap yang terjadi pada perbanyakkan sel tubuh. Sel yang membelah secara mitosis akan menghasilkan dua sel anakan yang masing-masing memiliki sifat dan jumlah kromosom yang sama dengan induknya. Siklus sel adalah kejadian-kejadian yang berlangsung dengan urutan tertentu yang dimulai dari pembelahan sel hingga pembelahan sel dalam pembentukan sel anakan. Siklus ini meliputi dua fase, yaitu fase interfase dan fase mitotik. Pembelahan mitosis berlangsung secara bertahap melalui beberapa fase, yaitu :

#### Tahap Pembelahan Mitosis

##### - Interfase

Merupakan fase istirahat dari pembelahan sel. Namun tidak berarti sel tidak beraktifitas justru tahap ini merupakan tahap yang paling aktif dan penting untuk mempersiapkan pembelahan. Fase ini membutuhkan waktu paling lama dibandingkan dengan fase pembelahan sel (fase mitotik). Terbagi atas tiga fase, yaitu:

##### a. Fase G1 (growth 1/pertumbuhan 1)

Merupakan fase paling aktif berlangsung selama 9 jam. Pada fase ini sel mengadakan pertumbuhan dan perkembangan. Pada fase ini sel bertambah ukuran dan volumenya.

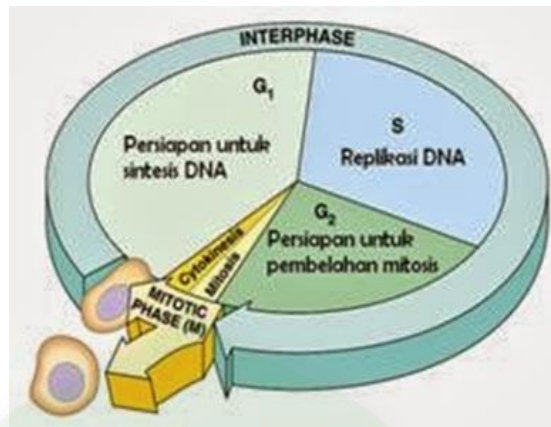
##### b. Fase S (Sintesis)

Merupakan fase sintesis DNA atau duplikasi kromosom, dengan waktu 10 jam

c. Fase G<sub>2</sub> (Growth 2/Pertumbuhan 2)

Merupakan fase yang didalamnya terjadi proses sintesis protein.

Pada fase ini sel siap untuk mengadakan pembelahan

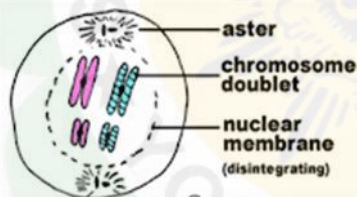


Sekali lagi bahwa Interfase merupakan tahap persiapan mitosis, di sini merupakan fase istirahat sel tidak membelah.

- Mitosis (pembelahan)

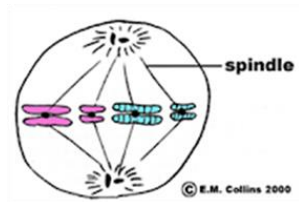
Di sini merupakan Fase sel melakukan pembelahan. Mitosis terjadi pada sel-sel tubuh (somatic). Terdiri atas 4 tahapan yang saling berurutan : profase, metaphase, anaphase dan telofase.

1). **Profase**



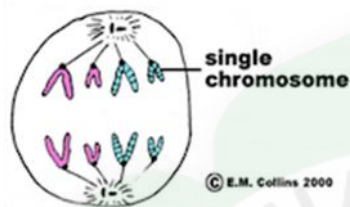
Pada tahap ini sentriolosol bergerak ke ujung sel yang berlawanan dan disebut sebagai kutub. Sentriolosol mempunyai 2 sentriol dan akan dikelilingin *strands* (helai) yang menyala dan disebut sebagai aster. Selain itu, Kromosom membentuk menjadi silinder dan berduplikat menjadi 2 kromatid. Setiap kromatid mengandung DNA dan protein serta melekat berpasangan pada sentromer. Pada tumbuhan, aster tidak ada, membrane nukleus hancur, seta kromosom memendek sehingga terlihat seperti batang.

## 2). **Metafase**



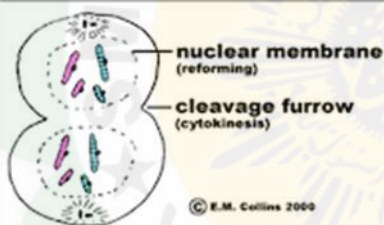
Pada fase ini, kromosom berpindah menjadi satu garis yang disebut *the equator*. Selain itu, muncul benang-benang yang disebut spindel dan melekat pada sentromer setiap kromosom. Spindel ini menghubungkan kromosom ke 2 kutub sentrisol yang berlawanan.

## 3). **Anafase**

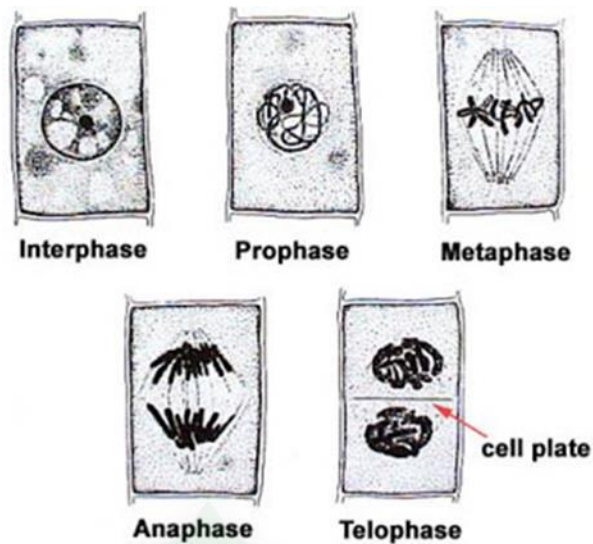


Kromatid pada tahap ini berpisah dan bergerak ke arah kutub yang berbeda. Penarikan terjadi karena pemendekan benang spindel. Kromatid pada fase ini tidak disebut sebagai kromatid, tetapi kromosom tunggal.

## 4). **Telofase**



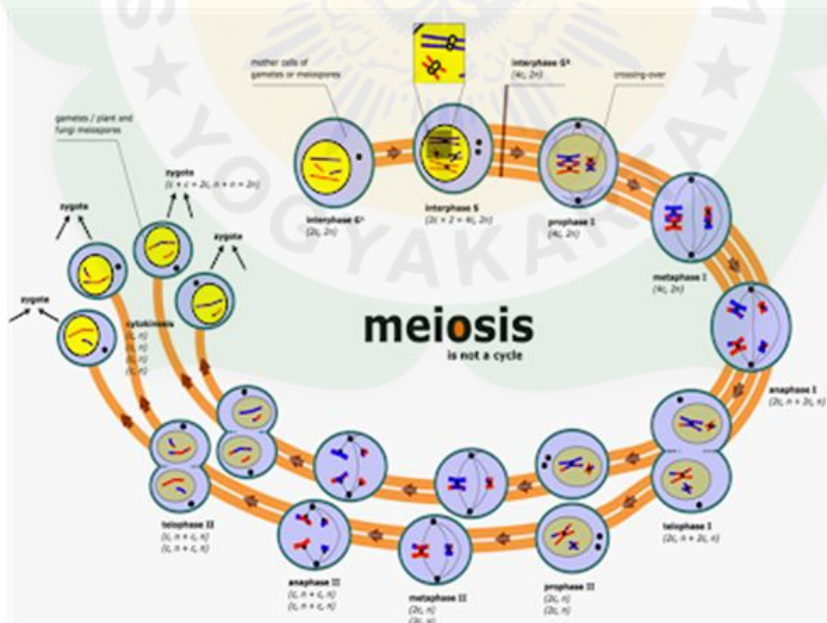
Pada tahap ini kromosom mulai mengatur membentuk nukleus yang terpisah dan dikelilingi membran nukleus. *Cleavage Burrow* pembelahan alur menyempit dan lama kelamaan membelah sel. dengan jumlah kromosom sama dengan jumlah kromosom sel induk. Berbeda dengan itu, pada tumbuhan, pembelahan terjadi dengan *cell plate* daripada *cleavage burrow*. Pembelahan sitoplasma ini biasa disebut sitokinesis.



Setelah pembelahan, sel akan kembali ke fase interfase dan sentriol menjadi empat (2 di setiap sel) serta aster hilang. Kromosom akan berubah kembali menjadi benang-benang.

## 2. Meiosis

Pembelahan meiosis merupakan pembelahan yang menghasilkan gamet. Gamet ini tidak dapat membelah lagi sampai tahap pembuahan (fertilisasi). Pembelahan ini terjadi pada pembentukan sel kelamin (gametogenesis) pada kelenjar kelamin (gonad) pada hewan dan tumbuhan. Tujuan pembelahan ini adalah mengurangi jumlah kromosom yang berguna untuk menyamakan komposisi kromosom anak dan induk.



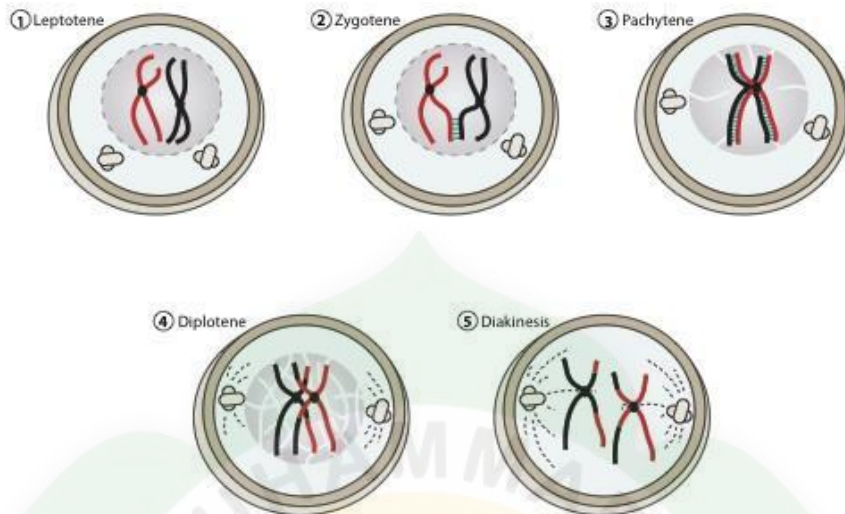
Berbeda dengan proses mitosis, pembelahan ini menghasilkan 4 sel yang tidak identik dengan induknya, dan menghasilkan sel anak yang memiliki jumlah kromosom setengah dari jumlah kromosom sel induk ( $n$ ) sehingga disebut sebagai **pembelahan reduksi**.



Meiosis terdiri dari 2 tahap, yaitu : Meiosis I dan Meiosis II. Proses pembelahannya kurang lebih sama kecuali pada proses Profase I. Pada tahap profase I terdiri dari leptoten, zigoten, pakiten, diploten, diakinesis.

**b. Meiosis I**

1). Profase I, dibagi menjadi beberapa tahap :



- Leptonema : benang-benang kromatin menjadi kromosom
- Zigonema : kromosom homolog berdekatan dan bergandengan. tiap pasang kromosom homolog disebut bivalen.
- Pakinema : tiap-tiap bagian kromosom homolog mengganda, tetapi masih dalam satu ikatan sentromer sehingga terbentuk tetrad.
- Diplonema : kromatid dari tiap-tiap belahan kromosom memendek dan membesar. Kromatid homolog tampak saling menjauhi tetapi tetap saling terikat bersama oleh kiasmata. Terjadi pindah silang (crossing over).
- Diakinesis : kromatid masih melanjutkan gerakan untuk saling menjauhi dan kiasmata mulai bergerak menuju ujung-ujung kromosom. Sentrosom membentuk dua sentriol yang masing-masing membentuk benang gelendong pembelahan. Satu sentriol tetap sedang yang lain bergerak ke arah kutub yang berlawanan. Membran inti dan nucleolus hilang.

2). Metafase I

menyerupai tahap metaphase pada mitosis, pembeda dengan metaphase pada mitosis adalah sentromer setiap pasang homolog menempel pada gelendongnya, satu di atas dan satu di bawah bidang equator

3). Anafase I

- Setiap pasangan kromosom homolog berpisah bergerak ke arah kutub yang berlawanan
- Sentromer belum membelah

4). Telofase I

- Selubung inti terbentuk, nucleolus muncul kembali
- Kromatin muncul kembali
- Terjadi sitokinesis
- Sentriol berperan sebagai sentrosom kembali

c. **Meiosis II**

1). Profase II

- Sentrosom membentuk dua sentriol yang letaknya berlawanan kutub dan dihubungkan oleh spindle
- Membran inti dan nukleus lenyap
- Kromatin berubah menjadi kromosom yang dijerat oleh spindle

2). Metafase II

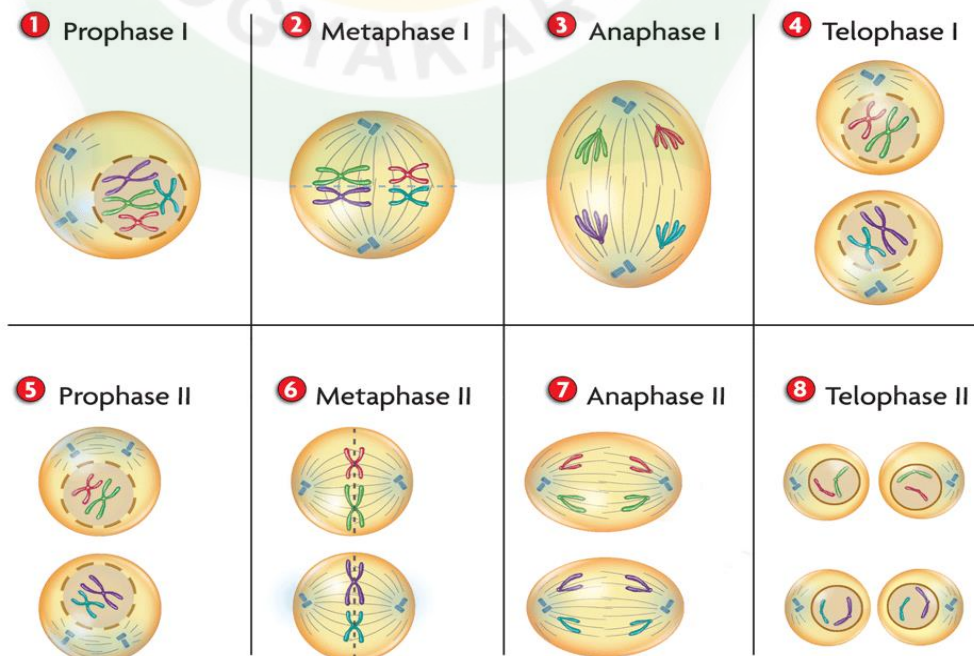
- Kromosom berada di equator
- Kromatid berkelompok dua-dua
- Belum terjadi pembelahan sentomer

3). Anafase II

- Chromosomes melekat pada kinetokor spindle ke arah kutub yang berlawanan, sehingga sentromer terbelah
- Masing-masing kromatid bergerak ke arah yang berlawanan

4).Telofase II

- Kromatid berkumpul pada kutub pembelahan dan berubah kembali jadi kromatin
- Membran inti dan nukleus terbentuk lagi
- Akhir pembelahan meiosis II akan terbentuk 4 sel yang masing-masing mengandung setengah dari kromosom induknya.( n )



## Perbedaan Pembelahan Mitosis dengan Pembelahan Meiosis

No	Mitosis	Meiosis
1	Terjadi satu kali pembelahan	Terjadi dua kali pembelahan
2	Menghasilkan dua sel anak	Menghasilkan 4 sel anak
3	Sel anak sama secara genetik	Sel anak tidak sama secara genetik
4	Jumlah kromosom sel anak sama dengan jumlah kromosom sel induk. Rumus ( $2n$ ) Bersifat diploid	Jumlah kromosom sel anak sama dengan setengah kromosom sel induk. Rumus ( $n$ ) Bersifat haploid
5	Terjadi di sel tubuh	Terjadi di organ reproduksi ( tempat pembentukan sel kelamin )
6	Berfungsi untuk memperbanyak sel, pertumbuhan, perbaikan/regenerasi, dan reproduksi aseksual.	Berfungsi untuk membentuk sel kelamin.
7	Terdiri dari tahap : Profase →Metafase →Anafase →Telofase →Interfase	Terdiri dari tahap : 1. Meiosis I : Profase I → Metafase I →Anafase I → telofase I 2. Meiosis II : Profase II → Metafase II → Anafase II → Telofase II Tanpa Interfase

## LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK

### Lembar Kerja Peserta Didik

### PEMBELAHAN SEL

#### ACARA PRAKTIKUM

Tahap mitosis pada ujung akar bawang putih (*Allium sativum*)

#### A. Dasar Teori

Pembelahan mitosis merupakan pembelahan yang terjadi pada sel-sel tubuh (sel somatik). Pembelahan mitosis terjadi melalui fase istirahat(interfase), profase, metafase, anafase, dan telofase serta sitokinesis. Pembelahan mitosis pada tanaman terjadi pada jaringan-jaringan meristem yang sel-selnya aktif membelah, seperti sel,

pada ujung akar, ujung batang, dan kambium. Pembelahan mitosis menghasilkan dua sel anakan yang identik dengan sel induknya.

## **B. Tujuan**

Mengetahui dan memahami tahapan mitosis pada ujung akar, khususnya akar batang putih dan menemukan perbedaan pembelahan sel hewan dan sel tumbuhan.

## **C. Alat dan Bahan**

1. cawan Petri (petridish)
2. Gelas benda dan kaca penutup
3. Silet atau cutter
4. Pipet tetes
5. Jarum jala
6. Lampu spiritus
7. Mikroskop
8. Kertas tisu
9. Karton hitam
10. Air
11. Larutan fiksatif carnoy (etanol: kloroform : asam asetat glacial perbandingan 6:3:4)
12. Kloroform atau asam asetat 45%
13. Larutan HCl 1 N
14. Larutan asetoorcein
15. Bawang putih segar
16. Cutex

## **D. Langkah Percobaan!**

1. Sebelumnya, kalian tumbuhkan akar bawang putih dengan langkah sebagai berikut :
  - a. Bersihkan bagian pangkal masukkan ke dalam cawan Petri yang telah diisi air agar bagian pangkal bawang sedikit terendam.
  - b. Bungkus cawan Petri dengan karton hitam, lalu letakkan di tempat yang gelap dan hangat. Tambahkan air secara kontinyu agar bagian pangkal batang tetap terendam. Tunggulah tumbuhnya akar bawang putih tersebut setelah satu minggu.
2. Setelah akar tumbuh, potong akar bawang putih sekitar 3-5 mm dari ujung akar dengan hati-hati. Bila tidak segera digunakan, preparat dapat diawetkan pada larutan fiksatif carnoy.
3. Cucilah akar tersebut dengan akuades 5 kali dan fiksasi dengan asam asetat 45% pada suhu 4<sup>0</sup>C selama 15 menit.

4. Cucilah kembali ujung akar tersebut, kemudian pindahkan potongan akar kedalam gelas benda yang telah ditetesi HCl 1 N. Panaskan pada suhu 55°C selama 2-5 menit sehingga ujung akar menjadi lunak.
5. Ujung-ujung akar tersebut dicuci bersih dan warnailah dengan acetorcein 1% selama 30 menit.
6. Setelah terwarnai, pindahkan potongan akar pada gelas benda menggunakan jarum jala dan seraplah bagian pinggirnya dengan tisu. Lalu teteskan gliserin dan haluskan potongan akar menggunakan jarum jala.
7. Letakkan potongan akar pada gelas benda, tutup dengan kaca penutup. Lekatkan dengan cutex. Tekan pelan-pelan kaca penutup agar potongan akar menjadi pipih.
8. Amati preparat menggunakan mikroskop. Gambarlah sel-sel ujung akar yang tampak. Kemudian, identifikasikan tahap-tahap pembelahan yang sedang berlangsung.

Perhatian dan Catatan!

- a. Hati-hatilah dalam menggunakan larutan HCl karena larutan ini berbahaya bagi kulit.
- b. Fiksatif berfungsi memelihara keadaan sel agar tidak melanjutkan proses pembelahan.

#### E. Pertanyaan .

1. Adakah bagian akar batang bombay yang sedang mengalami interfase, profase, metafase, anafase, telofase, dan sitokinesis? Ciri-ciri apakah yang tampak pada setiap fase tersebut?

Jawab:

.....

.....

.....

2. Apakah pada sel tumbuhan yang kalian amati terdapat sentriol? Jika tidak ada, apakah yang berperan dalam orientasi pembelahan sel?

Jawab:

.....

.....

.....

3. Bagaimanakah jumlah kromosom pada sel akar bawang pada setiap tahap pembelahan?

Jawab:

.....

- .....  
.....
4. Kadang kala dijumpai sel-sel yang sedang tidak membelah pada ujung akar batang Bombay. Jelaskan kemungkinan yang terjadi pada peristiwa ini!

Jawab:

- .....  
.....  
.....
5. Buatlah tabel perbedaan antara pembelahan sel pada hewan dan tumbuhan!

Jawab:

.....  
.....  
.....  
.....



## Kegiatan Belajar 2

### Tujuan Pembelajaran :

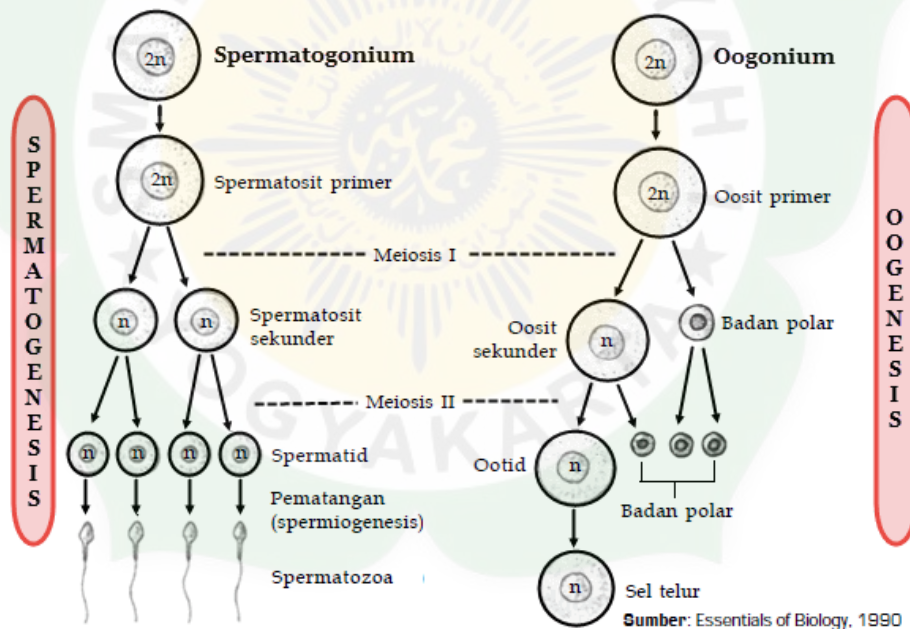
Melalui kegiatan Pembelajaran dengan pendekatan saintifik menggunakan model pembelajaran *Discovery learning* peserta didik dapat menjelaskan tujuan dan pengaruh pembelahan meiosis pada makhluk hidup, menjelaskan secara singkat proses gametogenesis pada manusia, sehingga peserta didik dapat membangun kesadaran akan kebesaran Tuhan YME, menumbuhkan perilaku disiplin, mandiri, teliti, kreatif, kerjasama dan peduli lingkungan.

### Uraian Materi

## GAMETOGENESIS

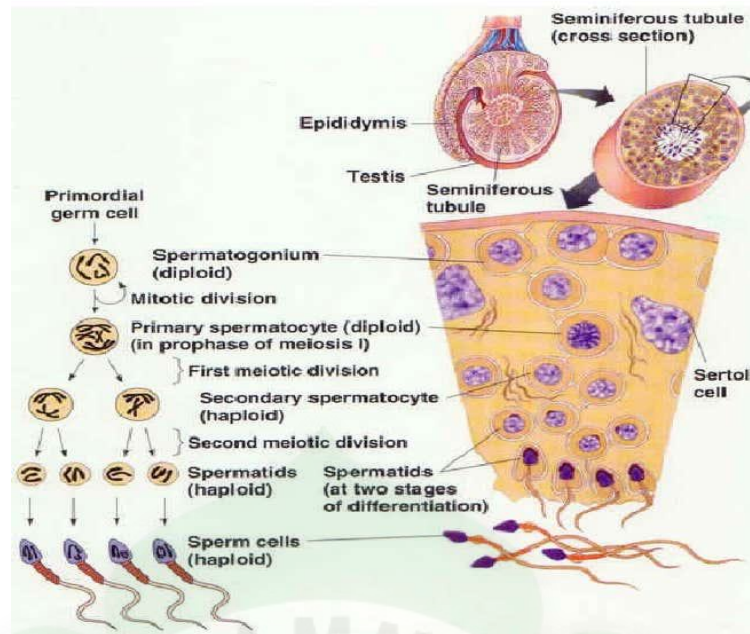
### A. Gametogenesis Pada Hewan/ Manusia

Gametogenesis merupakan proses pembentukan gamet (sel kelamin) yang terjadi melalui pembelahan meiosis. Gametogenesis berlangsung pada sel kelamin dalam alat perkembang biakan. Gametogenesis meliputi spermatogenesis (pembentukan spermatozoa atau sperma) dan Oogenesis (pembentukan ovum).



#### 1. Spermatogenesis

Spermatogenesis adalah proses gametogenesis pada pria dengan cara pembelahan meiosis dan mitosis. Spermatogenesis pada sperma biasa terjadi di epididimis. Sedangkan tempat menyimpan sperma sementara, terletak di vas deferens. Spermatogenesis berasal dari kata sperma dan genesis (pembelahan). Pada spermatogenesis terjadi pembelahan secara mitosis dan meiosis. Spermatogenesis merupakan tahap atau fase-fase pendewasaan sperma diepididimis. Setiap satu spermatogonium akan menghasilkan empat sperma matang.



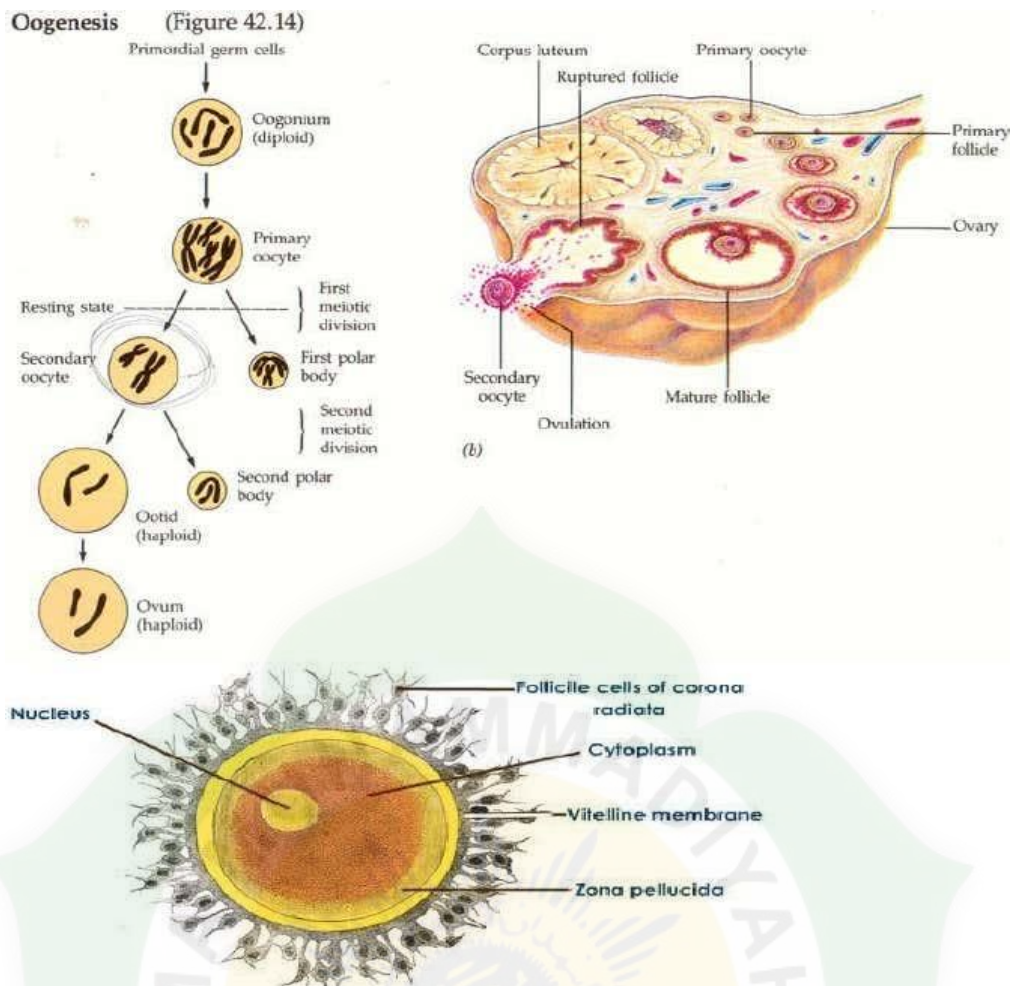
Gambar Spermatogenesis

Sel-sel germinal primordial berdiferensiasi menjadi spermatogonia yang terletak didekat dinding bagian luar tubula seminiferus, spermatogonia mengalami pembelahan mitosis. jumlah kromosom berkurang separuh ketika memasuki proses meiosis pertama yang menghasilkan spermatisit sekunder. Pembelahan meiosis kedua menghasilkan empat spermatid, masing-masing dengan dua kromosom tunggal. Spermatid kemudian berdiferensiasi menjadi spermatozoa dewasa atau sel sperma (champbell, 2000).

## 2. Oogenesis

Oogenesis sudah dimulai dalam ovarium dan berkembang sejak dari embrio betina, dengan produksi sel germinal primordial atau oogonia ini diproduksi dengan pembelahan secara mitosis. Oogonium menjadi oosit primer dengan memulai pembelahan meiosis pertama, tetapi mereka menangkap di profase. Pada oosit primer yang hadir dalam ovarium wanita saat lahir, masing-masing terkandung dalam follicle pelindung mereka tetap diam seperti ini sampai pubertas, ketika hormonal mulai tampak, hal ini menyebabkan pematangan.

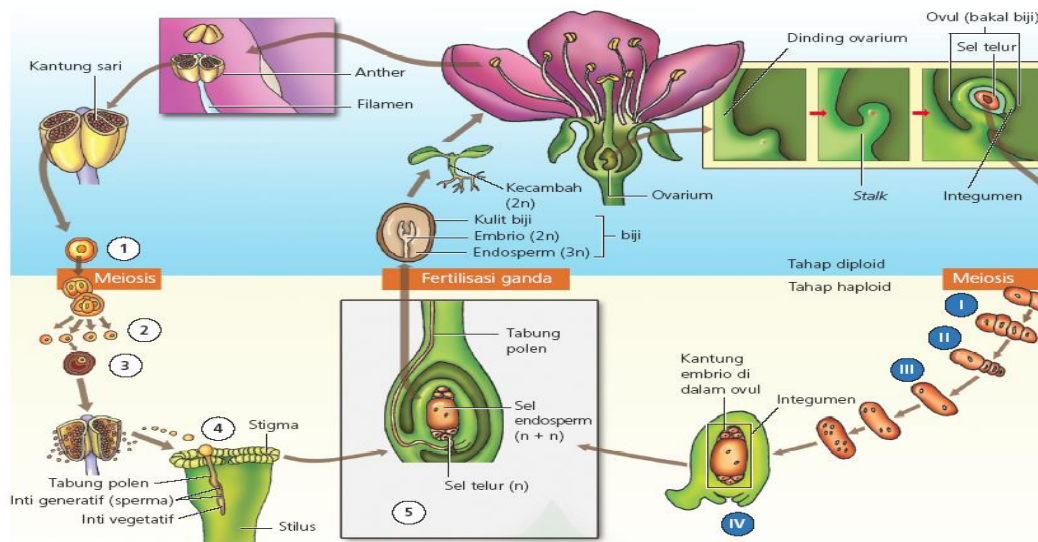




Produksi ovum atau sel telur dimulai dengan mitosis sel germinal primordial dalam embrio yang menghasilkan oogonia diploid. Masing-masing oogonium berkembang menjadi oosit primer yang juga melibatkan sitokinesis yang tidak sama. Pembelahan meiosis pertama menghasilkan sebuah sel besar yaitu oosit sekunder dan sebuah badan polar. Pembelahan meiosis kedua yang menghasilkan ovum dan badan polar kecil. Setelah itu membelah menghasilkan ootid dan lalu menjadi ovum dengan tiga badan polar lainnya.

## B. Gametogenesis Pada Tumbuhan

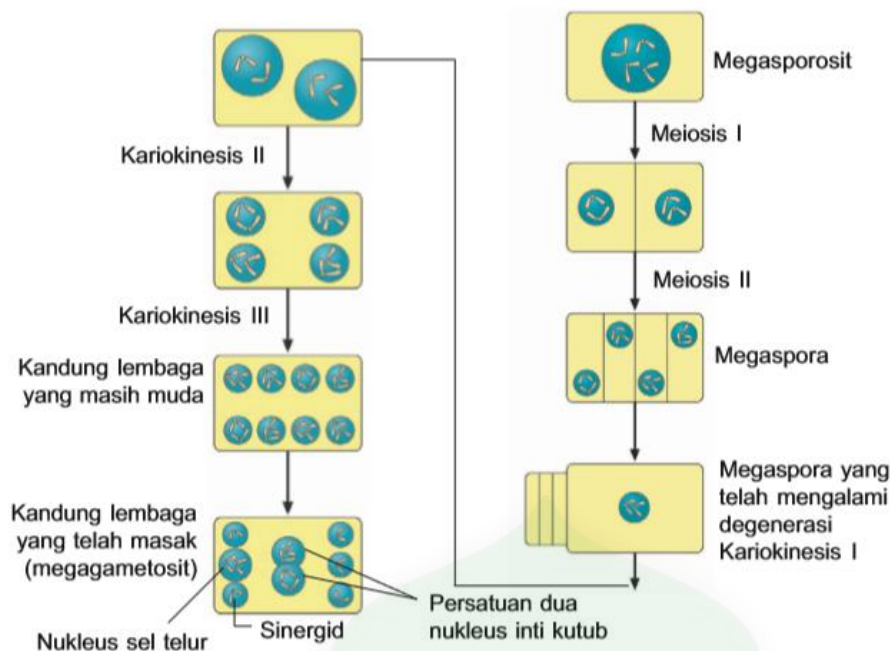
Pada tumbuhan berbunga, gametogenesis diperlukan dalam pembentukan gamet jantan dan pembentukan gamet betina. Pembentukan gamet jantan disebut mikrosporogenesis, sedangkan pembentukan gamet betina disebut megasporogenesis.



## 1. Megasporogenesis

Megasporogenesis disebut juga dengan makrosporogenesis. Megasporogenesis terjadi di dalam ovarium atau bakal buah. Di dalam ovarium terdapat ovulum atau bakal biji yang melekat pada dinding ovarium. Ovulum dilindungi oleh integumen dalam dan integumen luar. Ovulum berhubungan dengan buluh serbuk melalui lubang mikrofil. Dalam ovulum terdapat sel induk megaspora yang bersifat diploid. Proses megasporogenesis pada Angiospermae, yaitu sebagai berikut:

- Sebuah sel induk megaspora diploid (megasporosit) dalam ovarium mengalami pembelahan meiosis I dan membentuk dua sel haploid.
- Dua sel haploid mengalami pembelahan meiosis II dan menghasilkan 4 megaspora haploid, dimana tiga diantaranya mengalami degenerasi.
- Satu megaspora yang masih hidup mengalami tiga kali kariokinesis tanpa disertai sitokinesis dan menghasilkan kandung lembaga muda (sel besar) dan delapan inti haploid.
- Dalam megaspora, empat inti berada di dekat mikrofil dan empat inti lainnya berada pada sisi kalaza.
- Satu inti dari setiap sisi menuju ke pusat dan bersatu membentuk kandung lembaga sekunder yang diploid.
- Inti di bagian tengah yang dekat mikrofil disebut sel telur (ovum), tiga inti pada bagian kalaza disebut inti antipoda, dan yang di samping kanan kiri disebut sinergid. Pada saat proses pembuahan, inti generatif membuahi sel telur dan menghasilkan zigot diploid. Inti diploid hasil persatuan dua sel kutub yang dibuahi inti generatif membentuk endosperm bersifat triploid. 8 inti anakan tersebut, diantaranya yaitu 3 antipoda, 2 kandung lembaga sekunder, 2 sel sinergid, dan 1 ovum.



Jadi proses megasporogenesis dimulai dari megasporosit bermeiosis dua kali menjadi megaspore. Megaspore ini terdiri dari IKL (inti kandung lembaga) Primer dan 3 sel kutub yang nantinya akan mati. IKL Primer nantinya akan membelah secara mitosis 3 kali dan menghasilkan 3 antipoda, 2 IKL Sekunder, 2 sinergid, dan 1 ovum.

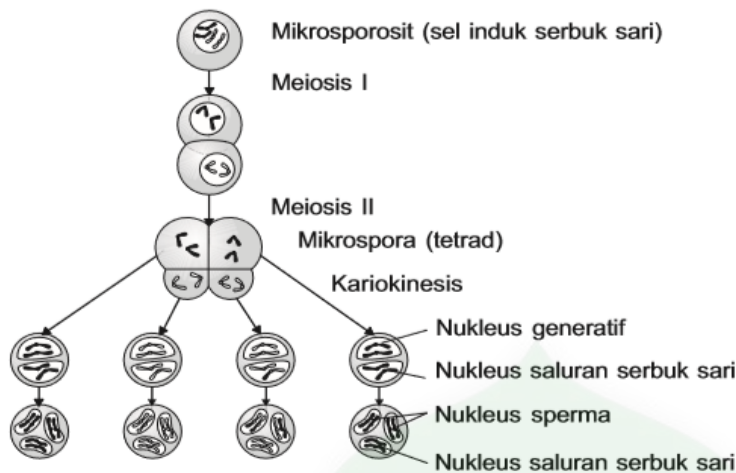
## 2. Mikrosporogenesis

Mikrosporogenesis berlangsung di dalam antera atau kepala sari. Di dalam kepala sari ada kantong serbuk sari yang mengandung sejumlah sel-sel induk mikrospora (mikrosporosit) atau sel-sel induk serbuk sari yang diploid. Proses dalam mikrosporogenesis, yaitu sebagai berikut:

1. Mikrosporosit mengalami pembelahan meiosis I dan membentuk sepasang sel haploid.
2. Sepasang sel haploid mengalami pembelahan meiosis II dan menghasilkan 4 mikrospora haploid yang bergabung menjadi satu dinamakan tetrad.
3. Setiap mikrospora mengalami kariokinesis dan membentuk 2 inti haploid. Satu inti dinamakan inti generatif, dan satu inti yang lain dinamakan inti saluran serbuk sari (inti vegetatif).
4. Inti generatif mengalami pembelahan mitosis tanpa disertai sitokinesis dan menghasilkan dua inti sperma. Sementara inti vegetatif tidak mengalami pembelahan.

Jadi, dalam sebutir serbuk sari yang matang terkandung tiga inti haploid, yaitu satu inti saluran serbuk sari (inti vegetatif) dan dua inti sperma (inti generatif). Pembentukan sel sperma ini bisa terjadi ketika serbuk sari sampai di kepala putik (stigma) atau sebelum serbuk sari keluar dari antera. Pada tahap tersebut, tangkai serbuk sari mulai tumbuh.

Pada umumnya, pembelahan mitosis inti generatif berlangsung setelah buluh serbuk sari menembus kepala putik atau mencapai kantung embrio di dalam bakal biji (ovulum)



Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa proses mikrosporogenesis dimulai dengan meiosis I dan meiosis II dari mikrosporosit (sel induk serbuk sari) menjadi 4 mikrospora yang haploid yang disebut tetrad. Mikrospora kemudian melakukan pembelahan kariokinesis menjadi nukleus generatif dan nukleus saluran serbuk sari (inti generative dan vegetatif). Inti generatif kemudian membelah menjadi 2 sperma. Inti vegetative pada masa pembuahan hanya menuntun sperma ke ovum dan sperma akan membuahi ovum menjadi zigot dan IKL Sekunder menjadi endosperma

## LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

### Lembar Kerja Peserta Didik GAMETOGENESIS

Nama peserta didik : .....

Kelas : .....

#### Kompetensi dasar

3.4. Menganalisis proses pembelahan sel

#### Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Menjelaskan mekanisme gametogenesis pada hewan dan manusia.
2. Menganalisis perbedaan spermatogenesis dengan oogenesis.
3. Menjelaskan mekanisme gametogenesis pada tumbuhan tingkat tinggi.
4. Menganalisis perbedaan mikrosporogenesis dengan megasporogenesis yang terjadi pada tumbuhan tingkat tinggi.
5. Menjelaskan akibat kegagalan mitosis dan meiosis terhadap cacat pada makhluk hidup.

#### Petunjuk Kerja

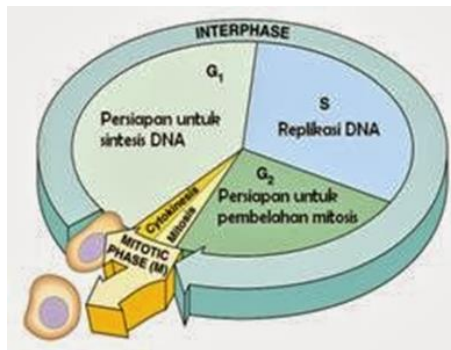
1. Kerjakan LKPD secara mandiri
2. Telitilah dalam mengerjakan LKPD

#### Materi singkat

Gametogenesis adalah proses pembentukan sel gamet, baik gamet jantan maupun betina. Pembelahan sel pada gametogenesis terjadi secara meiosis. Pada hewan tingkat tinggi manusia terjadi proses pembentukan sel gamet pada jaringan organ reproduksinya. Pembentukan sel kelamin jantan atau sperma yang terjadi di dalam testis disebut spermatogenesis. Sedangkan, di dalam ovarium terjadi pembentukan sel kelamin betina atau ovum yang disebut oogenesis. Pada tumbuhan, gametogenesis terjadi pada organ reproduksinya, yakni bunga. Pembentukan gamet jantan terjadi pada alat reproduksi jantan dan disebut mikrogametogenesis. Adapun pembentukan gamet betina terjadi pada alat reproduksi betina dan disebut megagametogenesis.

## Pertanyaan

1. Pada tahap interfase terdiri dari 3 tahap seperti pada gambar di bawah ini, jelaskan fase di bawah ini!



- Growth 1 (G<sub>1</sub>)
- Sintesis (S)
- Growth 2 (G<sub>2</sub>)

Jawab:

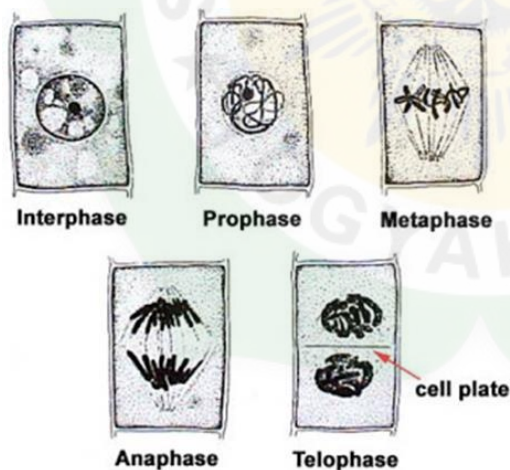
.....

.....

.....

.....

2. Berikut adalah fase pembelahan mitosis



- Jelaskan perubahan kromosom yang terjadi pada fase profase, metafase, anafase, dan telofase!
- Mengapa interfase tidak tepat jika disebut fase istirahat pada pembelahan sel?

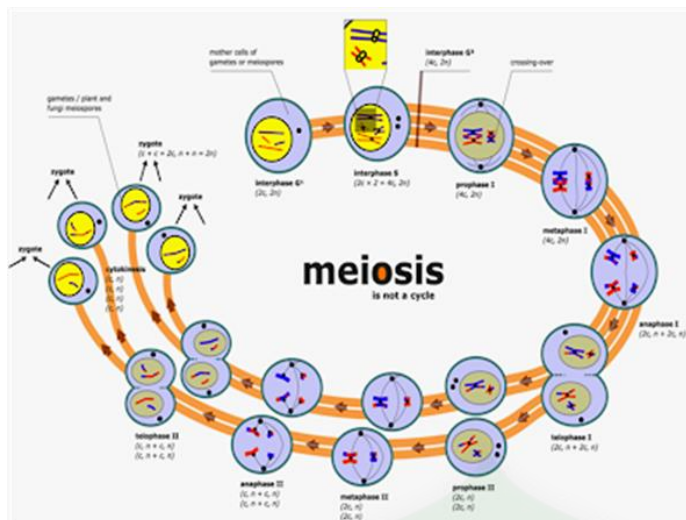
Jawab:

.....

.....

.....

3. Perhatikan gambar pembelahan meiosis berikut!



- Sebutkan 4 fase meiosis I !
- Sebutkan 4 fase meiosis II!
- Jelaskan perubahan kromosom pada profase I !
- Bagaimana terjadinya proses pindah silang pada profase I?
- Jelaskan perbedaan profase I dan II?
- Jelaskan perbedaan telofase I dan II?

Jawab:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Gambar dan beri penjelasan tentang gametogenesis pada alat kelamin jantan dan betina pada hewan !

Jawab:

Spermatogenesis:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Oogenesis :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. Gambar dan beri penjelasan tentang gametogenesis pada alat kelamin jantan dan betina pada tumbuhan !

Jawab:

Mikrosporogenesis:

.....

.....

.....

Megasporogenesis :

.....

.....

.....

## RINGKASAN

1. Reproduksi sel merupakan cara untuk melestarikan diri dengan cara memperbanyak sel-sel baru, misalnya pada organisme bersel satu. Pada organisme bersel banyak reproduksi sel ung tubuh (sel somatik) menyebabkan tubuh makhluk hidup mengalami pertumbuhan.
2. Pembelahan sel dibedakan menjadi dua: pembelahan langsung (amitosis) dan pembelahan tak langsung (mitosis dan meiosis).
3. Pembelahan langsung (pembelahan biner): satu sel menjadi dua, empat, delapan dan seterusnya, misalnya pada bakteri, protozoa, dan ganggang bersel satu.
4. Tahap-tahap mitosis : profasi-metafase-anafase-telofase (terbentuk 5 sel anak identik)-interfase –(G4-S-G5).
5. Tahapan-tahapan mitosis dibedakan berdasarkan penampakan bentuk kromosom.
6. Tahap-tahap meiosis : profase I - metafase I - anafase I - telofase I - profase II - metafase II - anafase II - telofase II (terbentuk & sel anak haploid)
7. Tahap-tahap spermatogenesis : sel induk sperma (spermatogonium) - mitosis - spermatosit primer-meiosis I - spermatosit sekunder - meiosis II - 4 sel sperma.
8. Tahap-tahap oogenesis: sel induk ovum (oogonium) - mitosis - oosit primer -meiosis I - oosit sekunder dan badan kutub pertama - meiosis II – ootid + 3 badan kutub kedua – ovum + 3 badan kutub yang mengalami penyusutan (degenerasi).



9. Pewarisan sifat induk kepada keturunannya terjadi saat proses mitosis dan meiosis. Mitosis menghasilkan dua sel anak yang mewarisi seluruh set kromosom sel induk. Meiosis menghasilkan empat sel anak yang mewarisi setengah set kromosom sel induk.
10. Setelah fertilisasi terbentuk zigot ( $2n$  kromosom) yang mengandung separo sifat induk jantan dan separo sifat induk betina.

## EVALUASI (TES FORMATIF)

### I. PILIHLAH SATU JAWABAN YANG BENAR !

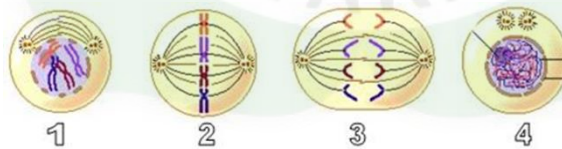
1. Beberapa pernyataan berikut ada hubungannya dengan pembelahan sel:

- 1). Terjadi pada sel tubuh
- 2). Terjadi pada proses gametogenesis
- 3). Sifat sel anak sama dengan sifat sel induk
- 4). Sifat sel anak tidak sama dengan sifat sel induk
- 5). Pembelahan sel berlangsung satu kali
- 6). Pembelahan sel berlangsung dua kali

Yang merupakan ciri khas pembelahan mitosis adalah ...

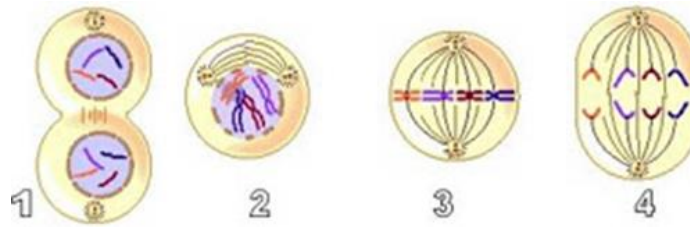
- A. 1) – 2) – 3)
- B. 2) – 3) – 4)
- C. 3) – 4) – 5)
- D. 1) – 3) – 5)
- E. 4) – 5) – 6)

2. Berikut yang merupakan tahapan pembelahan dari anafase dan metafase adalah gambar nomor .....



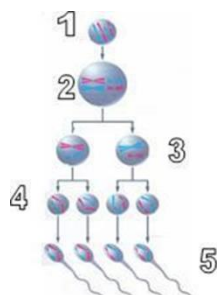
- A. 1 dan 2
- B. 2 dan 3
- C. 3 dan 2
- D. 4 dan 3
- E. 4 dan 1

3. Tahapan yang benar dalam pembelahan mitosis ini adalah ...



- A. 3-4-1-2  
 B. 2-3-4-1  
 C. 2-3-1-4  
 D. 1-2-4-3  
 E. 1-2-3-4
4. Berikut adalah gambaran tentang pembelahan mitosis :
- 1). Nukleotida tidak dapat lagi dilihat
  - 2). Benang-benang kromatin menebal
  - 3). Terlihat sepasang sentriol
  - 4). Kromatid mengatur diri di bidang pembelahan
  - 5). Kromatid berpisah menuju ke kutub
  - 6). Nukleolus hilang
- Yang terjadi pada fase profase adalah nomor.....
- A. 1)- 2)- 3)  
 B. 2)- 3)- 4)  
 C. 3)- 4)- 5)  
 D. 3)- 4)- 6)  
 E. 2)- 3)- 6)
5. Fase metaphase mempunyai ciri-ciri sebagai berikut!
- A. Kromosom mulai tampak jelas, selaput inti menghilang
  - B. Terbentuk benang gelendng dan kromosom tersusun pada bidang pembelahan
  - C. Kromosom bergerak ke arah kutub melalui benang gelendong
  - D. Plasma sel mengalami penyempitan di bagian equator
  - E. Plasma sel membentuk sekat di bagian equator
6. Perhatikan proses tahapan pembelahan sel !  
 Tahapan di bawah ini merupakan tahapan pembelahan pada proses profase I meiosis dan berlangsung pada beberapa sub fase, yaitu :
- 1). Pakiten
  - 2). Diakinesis
  - 3). Diploten
  - 4). Leptoten
  - 5). Zigoten
- Manakah urutan yang benar dari proses Profase I meiosis . . .
- A. 4-5-3-2-1

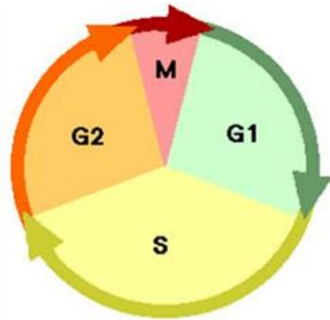
- B. 4-1-5-3-2  
 C. 4-3-2-1-5  
 D. 4-5-1-3-2  
 E. 4-2-3-1-5
7. Pindah silang terjadi antara kromatid dari kromosom homolognya. Hal ini sering terjadi pada fase ...  
 A. Profase  
 B. Metaphase  
 C. Anafase  
 D. Telofase  
 E. Interfase
8. Dibawah ini adalah table antara fase profase I meiosis  
 1. Diploten - Perubahan kromatin jadi kromosom  
 2. Zigoten - Kromosom homolog saling berpasangan membentuk sinapsis  
 3. Pakiten - Terjadi pindah silang  
 4. Diakinesis - Pembentukan tetrad  
 5. leptoten - Kromosom menuju equator  
 Pasangan yang benar adalah ...  
 A. 1  
 B. 2  
 C. 3  
 D. 4  
 E. 5
9. Peristiwa yang terjadi pada profase dari meiosis I adalah ....  
 A. Membelahnya sentromer menjadi 2  
 B. Meleburnya dinding inti  
 C. Terbentuknya benang-benang kromatin  
 D. Bergantinya kromatid ke arah kutub  
 E. Berkumpilnya kromosom di bidang equator
10. Label yang benar dari gambar spermatogenesis berikut adalah .....



- A. 1 spermatogonium, 4 spermatid  
 B. 1 spermatid, 3 spermatisit

- C. 1 spermatogonium, 3 spermatosit
- D. 1 spermatogonium, 4 sperma
- E. 1 spermatid, 5 sperma

11. Perhatikan gambar di bawah ini !



Replikasi kromosom terjadi pada fase ...

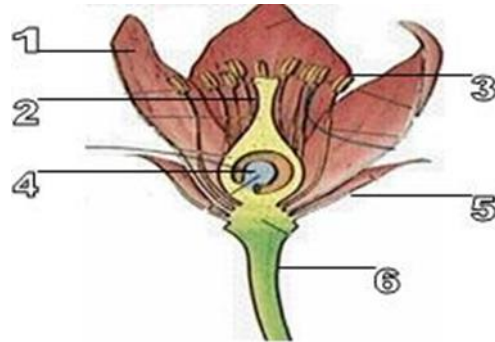
- A. M
- B. G1
- C. G2
- D. M2
- E. S

12. Pada diagram oogenesis di bawah ini, oosit primer ditunjukkan pada nomor ....



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

14. Tempat terjadinya pembelahan meiosis adalah ....



- A. 1 dan 2
- B. 2 dan 3
- C. 3 dan 4
- D. 4 dan 5
- E. 5 dan 6

15. Tujuan pembelahan meiosis adalah.....

- A. mengganti sel-sel yang rusak dan usang
- B. membentuk sel-sel tubuh organisme
- C. pembiakan pada organisme bersel satu
- D. menjaga jumlah kromosom selalu tetap tiap generasi
- E. pertumbuhan pada daerah titik tumbuh

16. Berikut ini adalah gambar pembelahan sel pada hewan secara meiosis!



Tahapan yang ditunjukkan pada gambar A-B-C secara berturut-turut adalah ....

- A. Profase I, Metafase I, Anafase I
- B. Metafase II, Anafase II, Profase II
- C. Anafase I, Profase II, Metafase II
- D. Metafase I, Profase I, Anafase I
- E. Metafase I, Profase II, Anafase II

17. Pada pembelahan meiosis terjadi peristiwa berikut :

- Pemisahan kromatid yang membentuk kromosom
- Gerakan kromatid ke kutub-kutub yang letaknya berlawanan

Peristiwa tersebut terjadi pada tahap ...

- A. Metafase I

- B. Telofase I
  - C. Anafase I
  - D. Metafase II
  - E. Anaphase II
18. Pada tumbuhan berbiji dengan struktur mikrosporangium, hasil proses meiosis berupa ...
- A. Sporofit
  - B. Saprofit
  - C. megaspora
  - D. mikrospora
  - E. buluh serbuk sari
19. Pada tumbuhan, pembelahan reduksi terjadi pada ....
- A. daun
  - B. batang
  - C. akar
  - D. buah
  - E. bunga
20. Pada pembelahan meiosis II mikrosporogenesis akan terbentuk ...
- A. 2 mikrospora haploid
  - B. 2 mikrospora diploid
  - C. 2 mikorospora triploid
  - D. 4 mikrospora haploid
  - E. 4 mikrospora diploid
21. Mitosis terjadi pada tumbuhan tingkat tinggi, terutama di bagian ....
- A. bunga, daun, dan batang
  - B. bunga, benang sari, dan batang
  - C. ujung batang, ujung akar, dan kambium
  - D. ujung batang, daun, dan benang sari
  - E. benang sari, ujung batang, dan kambium

### III. Jawablah Pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

1. Lengkapi tabel berikut, isilah dengan kalimat singkat dan jelas!
2. Tabel Perbandingan Mitosis dan Meiosis

Faktor pembanding	Mitosis	Meiosis
Tujuan		
Tempat terjadi		
Tahap pembelahan		
Hasil		

3. Mengapa pembelahan meiosis disebut dengan pembelahan reduksi??
4. Apakah yang kamu ketahui tentang tahap interfase? Sebutkan dan jelaskan tahap-tahap didalamnya!
5. Sebutkan urutan peristiwa spermatogenesis! Dimanakah berlangsungnya peristiwa tersebut?
6. Jelaskan peristiwa megasporogenesis yang terjadi pada Angiospermae!

### III. PENUTUP

Setiap sel melakukan aktivitasnya masing-masing layaknya individu. Sel melakukan reproduksi layaknya makhluk hidup. Baik secara amitosis, mitosis, meiosis. Banyak sekali fungsi atau manfaat dari adanya reproduksi tersebut, seperti untuk pertumbuhan, untuk menggantikan sel-sel yang rusak atau sudah tua dan lain sebagainya. Oleh karena itu dengan modul ini diharapkan para peserta didik setelah mempelajari materi yang tertuang dalam modul ini, dapat menambah ilmu/wawasan dan pemahaman tentang perbanyakan sel dan fungsinya. Sehingga kedepannya dapat lebih menghargai keberlangsungan hidup sel, serta menjaga tubuh dan kehidupan sebagai wujud rasa syukur pada Sang Penciptanya (Allooh SWT).

### GLOSARIUM

- Aseksual** : perbanyakan makhluk hidup tanpa adanya peleburan sel kelamin jantan dan betina
- Embrio** : Anakan hasil pengembangan lanjutan zigot setelah proses diferensiasi dan spesialisasi

**Fertilisasi** : Pembuahan atau fertilisasi (singami) adalah peleburan dua gamet yang dapat berupa nukleus atau sel-sel bernukleus untuk membentuk sel tunggal (zigot).

**Gamet** : Sel kelamin

**Gametogenesis** : Proses pembentukan gamet

**Generatif** : Cara reproduksi yang terjadi karena adanya peleburan dari sel kelamin jantan dan betina (sperma dan ovum) baik yang terjadi di dalam atau di luar tubuh.

**Kromosom** : Suatu struktur pada yang terdiri dari dua komponen molekul, yaitu protein dan DNA.

**Oogenesis** : Proses pembentukan sel telur (Ovum).

**Polinasi** : Jatuhnya serbuk sari pada permukaan putik.

**Reproduksi** : Proses terbentuknya individu baru baik secara kawin ataupun tidak kawin.

**Spermatogenesis** : Proses pembentukan spermatozoa.

**Vegetatif** : Cara reproduksi makhluk hidup secara aseksual.

**Zigot** : Sel yang terbentuk sebagai hasil bersatunya dua sel kelamin (jantan dan betina) yang telah masak.

## KUNCI JAWABAN TES FORMATIF

### Pilihan Ganda

No	Jawaban	No	Jawaban	No	Jawaban	No	Jawaban
1	D	6	D	11	E	16	C
2	C	7	A	12	B	17	D
3	B	8	B	13	C	18	E
4	E	9	C	14	D	19	A
5	B	10	A	15	D	20	C

### Essay

#### 1. Tabel Perbandingan Mitosis dan Meiosis

Faktor pembeding	Mitosis	Meiosis
Tujuan	<ul style="list-style-type: none"><li>· Untuk memperbanyak sel dan pertumbuhan</li><li>· Pada tumbuhan juga untuk membentuk sel gamet</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>· Untuk membentuk sel gamet (pada hewan) dan spora pada tumbuhan. Meiosis berfungsi mengurangi jumlah kromosom agar keturunannya memiliki jumlah kromosom yang sama dengan induk.</li></ul>
Tempat terjadi	<ul style="list-style-type: none"><li>· Pada tumbuhan terjadi di sistem meristematis seperti ujung batang, ujung akar, dsb.</li><li>· Pada hewan terjadi di sel somatic (sel tubuh)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>· Pada tumbuhan terjadi di benang sari dan putik.</li><li>· Pada hewan terjadi di alat kelamin.</li></ul>



Tahap pembelahan	· Terjadi lewat rangkaian tahap, yaitu profase, metafase, anafase, dan telofase.	· Terjadi lewat 2 rangkaian tahap, yaitu meiosis 1 dan meiosis 2. - Meiosis 1 : Profase 1 (leptonema, zigonema, pakinema, diplonema, diakinesis), metaphase 1, anafase 1, telophase 1. - Meiosis 2 : profase 2, metaphase 2, anafase 2, telophase 2.
Hasil	· Dua sel anakan yang memiliki jumlah kromosom seperti induknya (diploid)	· Empat sel anakan yang memiliki setengah jumlah kromosom induknya (haploid)

2. Pembelahan sel secara meiosis terjadi pada sel-sel reproduksi dengan tujuan menghasilkan sel-sel kelamin. Sel-sel reproduksi merupakan sel-sel diploid, sedangkan sel-sel kelamin yang dihasilkannya bersifat haploid karena hanya mengandung separuh dari jumlah kromosom sel induknya. Dengan demikian, pembelahan meiosis menyebabkan pengurangan jumlah kromosom sehingga disebut juga pembelahan reduksi.
3. Tahap interfase merupakan tahap dimana sel tidak membelah yang terjadi selama 15 jam dan terdiri dari 3 tahap, yaitu G1, S, dan G2.
  - G1 Phase: fase di mana organel sel berduplikat
  - S-Phase: fase replikasi DNA.
  - G2 Phase: fase terjadinya pertumbuhan sel dan sintesis protein
4. - Spermatogenesis dimulai dengan pembelahan spermatogonia secara meiosis menjadi sel-sel baru yang disebut spermatosit primer. Kemudian sel-sel ini membelah secara meiosis menjadi dua spermatosit sekunder, yang selanjutnya mengalami pembelahan meiosis menjadi empat spermatid yang sama besar. Jadi spermatosit primer mengalami pembelahan meiosis I yang menghasilkan spermatosit sekunder yang sama besar. Selama pembelahan meiosis II, kedua spermatosit sekunder membelah lagi dan menghasilkan empat spermatid yang sama besar. Spermatid berupa sel berbentuk budar atau bulat dengan sejumlah protoplasma dan merupakan gamet dewasa dengan sejumlah kromosom haploid. Walaupun pembelahan meiosis telah sempurna, tetapi spermatid harus mengalami proses pertumbuhan dan diferensiasi lebih lanjut yang sangat kompleks sehingga menjadi sperma atau spermatozoid yang fungsional.
  - Spermatogenesis merupakan proses terbentuknya sperma yang terjadi pada kelenjar testis
5. Megasporogenesis adalah proses pembentukan gamet betina (ovum) yang berlangsung dalam bakal buah (ovarium) dan menghasilkan kandung lembaga. Proses megasporogenesis berangsung sebagai berikut. Sebuah sel induk megaspore diploid (megasporosit) dalam ovarium mengalami meiosis I

dan menghasilkan 2 sel diploid. Selanjutnya, mengalami meiosis II menghasilkan 4 megaspora haploid yang letaknya berderet dan 3 megaspora mengalami degenerasi dan mati. Satu megaspora yang tersisa mengalami pembelahan mitosis tiga kali berturut-turut tanpa diikuti sitokinesis (pembelahan plasma) dan menjadi 8 inti megaspore (kandung lembaga muda) yang haploid, kemudian 4 inti kelompok di kalaza (bagian antara bakal biji dan tangkai biji) dan 4 inti berada di dekat mikrofil. Satu inti dari masing-masing kelompok bergerak ke tengah dan menyatu membentuk inti kandung lembaga sekunder ( $2n$ ) sedangkan 3 inti yang berada pada kalaza dinamakan inti antipoda dan 3 inti yang berada di mikrofil berkembang menjadi 1 inti sel telur atau ovum ( $n$ ) yang di tengah dan 2 inti sinergid ( $n$ ) yang di sampingnya maka pada kandung lembaga yang masak terdapat:

- 3 inti antipoda
- 2 inti sinergid ( $n$ )
- 1 inti ovum ( $n$ )
  - 1 inti kandung lembaga sekunder ( $2n$ )

## MODUL 5

### POLA PEWARISAN SIFAT PADA HUKUM MENDEL

#### I. PENDAHULUAN

##### A. Latar Belakang

Membahas tentang pewarisan sifat merupakan hal yang menarik untuk di bahas. Banyak yang menjadi pertanyaan. Bagaimana terjadi proses pewarisan sifat terhadap keturunan yang dihasilkan? Bagaimana proses pewarisan bentuk fisik? Bagaimana seorang anak ada yang mirip sama dengan orang tuanya dan bahkan mirip dengan kakek dan neneknya?.

Oleh karena itu, penulis mengembangkan modul pembelajaran Biologi dengan tema *Pola Pewarisan Sifat Pada Hukum Mendel*, dengan harapan bisa menjadi sarana mempermudah siswa dalam mempelajari dan memahami *Pola Pewarisan Sifat Pada Hukum Mendel* dengan pembelajaran secara mandiri.

##### B. Tujuan

Setelah mempelajari modul ini, diharapkan peserta didik dapat :

1. Memahami makna hereditas
2. Menjelaskan beberapa istilah dalam hereditas
3. Memahami bunyi dan penerapan hukum mendel
4. Menjelaskan berbagai jenis penyimpangan hukum mendel
5. Memahami pola-pola hereditas
6. Menjelaskan hereditas pada manusia
7. Menjelaskan kelainan yang bersifat menurun pada manusia
8. Membangun kesadaran akan kebesaran tuhan YME, menumbuhkan perilaku disiplin, mandiri, teliti, kreatif, kerjasama dan peduli lingkungan

##### C. Deskripsi Modul

“Like parents, like children”. Begitulah pepatah yang menyatakan bahwa seorang anak umumnya memiliki kemiripan dengan orang tuanya. Secara biologis, pepatah tersebut ilmiah karena seorang anak selalu mewarisi gen dari kedua orang tuanya. Gen tersebutlah yang membawa sifat-sifat tertentu, baik yang tampak secara fisik maupun yang tidak tampak secara fisik. Prinsip tentang gen dan pewarisan sifat modern pertama kali dikemukakan oleh Gregor Johnn Mendel. Mendel mempelajari sifat yang diturunkan pada tanaman buncis dan menemukan teori persilangan untuk gen-gen yang independen. Teori tersebut menyatakan bahwa gen dari anak merupakan perpaduan (persilangan) dari gen-gen dari kedua orang tuanya.

Penurunan sifat dapat terjadi melalui perkawinan antara dua individu sejenis. Perkawinan antara dua individu sejenis yang mempunyai sifat beda disebut persilangan. Sifat beda ditentukan

oleh gen di dalam kromosom yang di turunkan dari generasi ke generasi berikutnya. Pewarisan sifat dan kombinasi antargen, tak jarang menghasilkan gen yang kurang diinginkan, seperti gen hemofilia dan albinisme. Gen yang kurang diinginkan tersebut dapat dihindari dengan mempelajari pohon keluarga yang merepresentasikan pewarisan sifat antar generasi.

#### D. Petunjuk Penggunaan Modul

Peserta didik diharapkan dapat menguasai dan memahami materi dalam modul ini, serta mengaplikasikannya dalam kehidupansehari-hari. Oleh karenanya maka bacalah dengan cermat dan ikuti petunjuk berikut dengan baik, dan dengan cara yang berurutan, yaitu :

- 1). Bacalah doa terlebih dahulu, agar diberikan kemudahan dalam mempelajari materi ini.
- 2). Bacalah materi ini dengan seksama, sehingga isi materi ini dapat dipahami dengan baik.
- 3). Buatlah catatan kecil mengenai istilah atau rumus yang belum dipahami, untuk ditanyakan kepada guru mata pelajaran.
- 4). Kerjakan lembar kegiatan siswa dan soal-soal yang sudah disediakan dengan sungguh-sungguh, tanpa melihat kunci jawaban.
- 5). Cocokkan hasil pekerjaan kamu dengan kunci jawaban yang sudah disediakan.
- 6). Jika kamu belum menguasai 75% dari setiap kegiatan, maka kamu dapat mengulangi untuk mempelajari materi yang tersedia dalam modul ini.
- 7). Apabila kamu masih mengalami kesulitan memahami materi yang ada dalam modul ini, silahkan diskusikan dengan teman atau guru.

## II. PEMBELAJARAN

### Kegiatan Belajar 1

#### Tujuan Pembelajaran :

Melalui kegiatan Pembelajaran dengan pendekatan saintifik menggunakan model pembelajaran *Discovery learning* peserta didik dapat membedakan hukum Mendel I dan hukum Mendel II, membuat diagram penyilangan monohybrid dan dihibrid, menghitung rasio fenotipe  $F_2$  pada contoh penyilangan monohybrid dan dihibrid, membuat contoh penyilangan *backcross* dan *testcross* dengan menggunakan diagram papan catur (kotak Punnett) dan diagram anak garpu (Bracket), menghitung jumlah macam gamet, fenotipe, dan genotipe dengan diagram anak garpu, menganalisis perbedaan rasio fenotipe hasil penyilangan dari peristiwa penyimpangan semu hukum Mendel akibat interaksi antar alel (kodominan, dominansi tidak sempurna/intermediet, alel ganda, alel letal), menganalisis perbedaan rasio fenotipe hasil penyilangan dari peristiwa penyimpangan semu hukum Mendel akibat interaksi genetik (atavisme, epistasis-hipostasis, polimeri, kriptomeri, komplementer), menjelaskan peristiwa tautan (*linkage*), pindah silang (*crossing over*), dan gagal berpisah (*non-disjunction*), sehingga peserta didik dapat membangun kesadaran akan kebesaran Tuhan YME, menumbuhkan perilaku disiplin, mandiri, teliti, kreatif, kerjasama dan peduli lingkungan.

#### Uraian Materi

##### a. Pengertian Hereditas

Hereditas adalah penurunan sifat dari induk kepada keturunannya. Dimana keturunan yang dihasilkan dari perkawinan antar individu mempunyai perbandingan fenotip maupun genotip yang mengikuti aturan tertentu. Pada kejadian sehari-hari dapat dijumpai seorang anak kerap memiliki sifat seperti orang tuanya, baik rupa maupun tingkah lakunya. Sebaliknya, sering pula tampak seorang anak memiliki sifat menyimpang dari ibu dan ayahnya. Keadaan tersebut berhubungan erat dengan genetika manusia. Aturan-aturan dalam pewarisan sifat ini disebut pola-pola hereditas.

##### b. Istilah-istilah dalam Hereditas

###### 1. Sel Haploid dan Diploid

Sel Haploid dan Diploid yaitu sel yang memiliki kromosom dalam keadaan berpasangan atau sel yang memiliki dua set atau dua perangkat kromosom. Misalnya sel tubuh manusia memiliki 46 buah kromosom yang selalu dalam keadaan berpasangan sehingga disebut diploid ( $2n$ ) (di berarti dua, ploid berarti set/ perangkat). Sedangkan sel kelamin manusia memiliki kromosom tidak berpasangan. Hal ini terjadi karena pada saat pembentukan sel kelamin, sel induk yang bersifat diploid membelah

secara meiosis, sehingga sel kelamin anaknya hanya mewarisi setengah dari kromosom induknya. Maka dalam sel kelamin (gamet) manusia terdapat 23 kromosom yang tidak berpasangan atau hanya memiliki seperangkat atau satu set kromosom saja, disebut haploid (n).

## 2. Genotip

Genotipe adalah susunan gen yang menentukan sifat dasar suatu makhluk hidup dan bersifat tetap. Dalam genetika genotip ditulis dengan menggunakan simbol huruf dari huruf paling depan dari sifat yang dimiliki oleh individu. Setiap karakter sifat yang dimiliki oleh suatu individu dikendalikan oleh sepasang gen yang membentuk alel. Sehingga dalam genetika simbol genotip ditulis dengan dua huruf. Jika sifat tersebut dominan, maka penulisannya menggunakan huruf kapital dan jika sifatnya resesif ditulis dengan huruf kecil. Genotip yang memiliki pasangan alel sama, misalnya BB atau bb, merupakan pasangan alel yang homozigot. Individu dengan genotip BB disebut homozigot dominan, sedangkan individu dengan genotip bb disebut homozigot resesif. Untuk genotip yang memiliki pasangan alel berbeda misalnya Bb, merupakan pasangan alel yang heterozigot

## 3. Fenotip

Fenotip adalah sifat yang tampak pada suatu individu dan dapat diamati dengan panca indra, misalnya warna bunga merah, rambut keriting, tubuh besar, buah rasa manis, dan sebagainya. Fenotip merupakan perpaduan dari genotip dan faktor lingkungan. Sehingga suatu individu dengan fenotip sama belum tentu mempunyai genotip sama.

## 4. Sifat dominan

Gen dikatakan dominan apabila gen tersebut bersama dengan gen lain (gen pasangannya), akan menutup peran/sifat gen pasangannya tersebut. Dalam persilangan gen, dominan ditulis dengan huruf besar.

## 5. Sifat Resesif

Gen dikatakan resesif apabila berpasangan dengan gen lain yang dominan ia akan tertutup sifatnya (tidak muncul) tetapi jika ia bersama gen resesif lainnya (alelanya) sifatnya akan muncul. Dalam genetika gen resesif ditulis dengan huruf kecil.

## 6. Intermediet

Intermediet adalah sifat suatu individu yang merupakan gabungan dari sifat kedua induknya. Hal ini dapat terjadi karena sifat kedua induk yang muncul sama kuat (kodominan). Misalnya bunga warna merah disilangkan dengan bunga warna putih, menghasilkan keturunan berwarna merah muda.

## 7. Hibrid

Hibrid adalah hasil perkawinan antara dua individu yang memiliki sifat beda. Bila individu tersebut memiliki satu sifat beda disebut monohibrid, dua sifat beda disebut dihibrid, tiga sifat beda trihibrid, dan sebagainya.

#### **8. Homozigot**

Homozigot adalah pasangan gen yang sama. Homozigot dibedakan menjadi dua, yaitu homozigot dominan (Misal AA) dan homozigot resesif (Misal aa).

#### **9. Heterozigot**

Heterozigot adalah pasangan gen yang berlainan. Contoh Aa dan Mm.

#### **10. Alel**

Alel adalah gen yang merupakan pasangan dari bentuk alternatif terhadap sesamanya dan terletak pada lokus yang bersesuaian pada kromosom homolog. Contoh : Bb, B adalah alel dari b, dan b adalah alel dari B.

#### **11. Parental**

Parental adalah individu yang merupakan induk, biasanya diberi notasi P.

#### **12. Filial**

Filial adalah keturunan yang dihasilkan dari persilangan dua induk dan biasanya diberi notasi F.

### **c. Pola Hereditas Hukum Mendel**

Dalam mempelajari genetika, teori Mendel sangat penting bahkan dijadikan dasar dalam memahami genetika dan digunakan untuk analisis atas pola-pola pewarisan genetik. Hukum Mendel adalah hukum yang menerapkan bagaimana pola dan mekanisme pewarisan sifat.

Orang yang pertama mempelajari dan melakukan percobaan tentang pewarisan sifat adalah Gregor Johann Mendel (1822-1884). Mendel melakukan percobaan pada tanaman kacang ercis (*Pisum sativum*) sekitar tahun 1857. Mendel memilih tanaman ercis untuk percobaannya sebab tanaman ercis masa hidupnya tidak lama hanya berkisar setahun, mudah tumbuh, memiliki bunga sempurna sehingga dapat terjadi penyerbukan sendiri yang akan menghasilkan galur murni (keturunan yang selalu memiliki sifat yang sama dengan induknya), dan mampu menghasilkan banyak keturunan.

Berdasarkan analisis hasil percobaannya, Mendel mengemukakan hukum-hukum pewarisan sifat. Hukum-hukum itu adalah Hukum Mendel I (Segregasi bebas) dan Hukum Mendel II (Asortasi Bebas).

#### **1. Hukum Mendel I**

Menyatakan bahwa pada waktu pembentukan gamet, terjadi pemisahan alel secara acak (The Law of Segregation of Allelic Genes). Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya, gen merupakan bagian dari DNA yang terdapat dalam kromosom. Pasangan kromosom homolog mengandung pasangan gen (terdiri dari 2 alel). Pada

pembentukan gamet secara meiosis, pasangan-pasangan gen pada kromosom homolog saling berpisah (tahap Anafase). Pada akhir meiosis, setiap sel gamet yang dihasilkan hanya memiliki satu alel dari pasangan gen saja (pelajari kembali tentang gametogenesis). Proses pemisahan gen inilah yang disebut segregasi gen.

Hukum ini diperoleh dari hasil perkawinan monohibrid, yaitu persilangan dengan satu sifat beda. Mendel melakukan persilangan antara tanaman ercis biji bulat dengan tanaman ercis biji berkerut. Hasilnya semua keturunan F1 berupa tanaman ercis biji bulat. Selanjutnya dilakukan persilangan antar keturunan F1 untuk mendapatkan keturunan F2. Pada keturunan F2 didapatkan perbandingan fenotip 3 biji bulat : 1 biji berkerut.

P1 : ♀ BB × ♂ bb  
(biji bulat) (biji keriput)

Gamet : B b

F1 : Bb  
( biji bulat)

F1 x F1 : ♀ Bb × ♂ Bb  
(biji bulat) ( biji bulat)

Gamet : B B  
b b

F2 :

♂	B	B
♀	B	Bb (Bulat)
	b	Bb (Bulat) bb (Keriput)

Perbandingan fenotip bulat : berkerut = 3 : 1

Perbandingan genotip BB : Bb : bb = 1 : 2 : 1

Berdasarkan hasil perkawinan yang diperoleh dalam percobaannya, Mendel menyimpulkan bahwa pada waktu pembentukan gamet-gamet, gen akan mengalami segregasi (memisah) sehingga setiap gamet hanya akan menerima sebuah gen saja. Kesimpulan itu dirumuskan sebagai hukum Mendel yang dikenal juga dengan hukum Pemisahan Gen yang Sealel.

## 2. Hukum Mendel II

Hukum Mendel II dikenal sebagai Hukum Asortasi, hukum berpasangan atau penggabungan secara bebas (The Law of Independent Assortment of Genes). Hukum ini menyatakan bahwa pada saat pembentukan sel-sel gamet, gen-gen yang tidak sealel akan mengelompok secara bebas setelah memisah dari gen yang sealel. Gen



untuk satu sifat/karakter tidak akan berpengaruh pada gen untuk sifat/karakter yang lain yang tidak sealel karena gen-gen yang bukan alelnya mempunyai karakter yang berbeda.

Hukum Mendel ini ditemukan ketika Mendel menyilangkan kacang ercis dengan mengamati lebih dari satu sifat beda. Disilangkan galur murni kacang ercis berbiji bulat kuning dengan galur murni kacang ercis berbiji keriput warna hijau. Persilangan dengan mengamati dua sifat beda ini disebut persilangan dihibrid. Bulat (B) dominan terhadap keriput (b), kuning (K) dominan terhadap hijau (h). Diperoleh keturunan F1 semuanya berbiji bulat warna kuning (BbKk). Jika F1 mengadakan penyerbukan sesamanya diperoleh F2, ternyata diperoleh keturunan F2 yang sebagian tidak sama dengan induknya, yaitu dijumpai tanaman kacang ercis berbiji bulat warna hijau serta kacang ercis berbiji keriput warna kuning. Perhatikan skema persilangan berikut.

P1 : ♀ BBKK × ♂ bbkk  
 (bulat kuning) (keriput hijau)

Gamet : BK bk

F1 : BbKk  
 (bulat kuning)

F1 x F2 : ♀ BbKk × ♂ BbKk  
 (bulat kuning) (bulat kuning)

Gamet : BK, Bk, bK, bk BK, Bk, bK, bk

F2 :

♂ ♀	BK	BK	bK	Bk
BK	BBKK (bulat kuning)	BBKK (bulat kuning)	BbKK (bulat kuning)	BbKk (bulat kuning)
BK	BBKK (bulat kuning)	BBKK (bulat kuning)	BbKK (bulat kuning)	BbKk (bulat kuning)
bK	BbKK (bulat kuning)	BbKK (bulat kuning)	bbKK (keriput kuning)	bbKk (keriput kuning)
Bk	BbKk (bulat kuning)	BbKk (bulat kuning)	bbKk (keriput kuning)	Bbkk (keriput hijau)

Dari persilangan di atas didapatkan bahwa pada F2 hasil persilangan dihibrid memiliki fenotipe bulat kuning, bulat hijau, keriput kuning, kisut hijau dengan perbandingan 9 : 3 : 3 : 1. Mendel menganggap bahwa pada saat pembentukan gamet gen-gen akan memisahkan dari alelnya lalu mengelompok dengan gen-gen yang tidak sealel. Inilah yang disebut dengan Hukum Asortasi Bebas atau Hukum Mendel II.

Gen B bisa mengelompok dengan gen K, membentuk gamet tipe BK. Gen B bisa pula mengelompok dengan gen k, membentuk gamet tipe Bk. Gen b bisa mengelompok dengan gen K, membentuk gamet tipe bK. Gen b bisa mengelompok dengan gen k, membentuk gamet tipe bk.

#### **d. Penyimpangan Semu Hukum Mendel**

Penelitian W. Bateson dan R.C Punnet melanjutkan Mendel yang akhirnya ditemukan berbagai variasi Ratio yang berbeda dengan Mendel namun masih ada persamaan kemudian dikenal dengan Hukum semu Mendel Karakter hibrid umumnya serupa dengan karakter parentalnya kromosom mengandung banyak gen-gen memiliki pekerjaan sendiri-sendiri untuk menumbuhkan sifat beberapa gen memiliki kemampuan berinteraksi atau dipengaruhi gen lain untuk menumbuhkan sifat. Interaksi antar gen menyebabkan rasio fenotip keturunannya menyimpang dari aturan / hukum Mendel.

Mendel mengemukakan bahwa perbandingan fenotipe F<sub>2</sub> pada dihibrid adalah 9 : 3 : 3 : 1. Namun, Pada kasus tertentu dijumpai perbandingan fenotipe yang menyimpang misalnya 9 : 3 : 4, 12 : 3 : 1, 15 : 1 dan 9 : 7. Tetapi jika dicermati angka-angka itu sesungguhnya merupakan variasi penjumlahan dari angka-angka yang ditemukan Mendel. Misalnya  $9 : 3 : (3 + 1) = 9 : 3 : 4$ ,  $(9 + 3) : 3 : 1 = 12 : 3 : 1$  dan sebagainya. Hal inilah yang disebut penyimpangan semu Hukum Mendel.

Penyimpangan tersebut terjadi karena adanya beberapa gen yang saling memengaruhi dalam menghasilkan fenotip. Meskipun demikian, perbandingan fenotip tersebut masih mengikuti prinsip-prinsip Hukum Mendel. Penyimpangan semu Hukum Mendel tersebut meliputi interaksi gen, kriptomeri, polimeri, epistasis-hipostasis, gen-gen komplementer, gen dominan rangkap dan gen penghambat.

##### **1. Interaksi gen ( Atavisme)**

Penelitian tentang adanya interaksi gen ini ditemukan oleh William Bateson (1861-1926) dan R.C. Punnet. Pada interaksi gen ini, suatu sifat tidak ditentukan oleh satu gen tunggal pada autosom tetapi alel-alel dari gen yang berbeda dapat berinteraksi atau saling memengaruhi dalam memunculkan sifat fenotip. Misalnya, pada ayam dijumpai empat macam bentuk pial (jengger), antara lain: jengger berbentuk ercis atau biji (pea) dengan genotip rrP-; jengger dengan belah atau tunggal (single) dengan genotip rpp, jengger berbentuk mawar atau gerigi (rose) dengan genotip R-pp, dan jengger berbentuk sumpel (walnut), dengan genotip R-P-.

Pada persilangan ayam berpial rose (mawar) dengan ayam berpial pea (biji), semua keturunan F<sub>1</sub>nya berpial walnut (sumpel). Dari persilangan tersebut dihasilkan fenotip baru yaitu walnut atau sumpel. Apa yang menyebabkan terbentuknya pial walnut? Pial walnut muncul karena interaksi 2 pasang alel (gen) yang dominan. Sementara itu, persilangan antara sesama ayam berpial walnut dihasilkan 4 macam pial yaitu walnut,

rose, pea, dan 1 pial yang baru yaitu single dengan perbandingan 9 : 3 : 3 : 1. Pial tunggal terjadi karena adanya 2 pasang alel (gen) yang resesif.

## 2. Kriptomeri

Kriptos (Yunani) berarti tersembunyi, sehingga kriptomeri dikatakan sebagai gen dominan yang seolah-olah tersembunyi jika berdiri sendiri dan akan tampak pengaruhnya apabila bersama-sama dengan gen dominan yang lainnya. Peristiwa kriptomeri ini pertama kali ditemukan oleh Correns (Tahun 1912) setelah menyilangkan bunga *Linaria marocanna* berwarna merah (Aabb), dengan bunga *Linaria marocanna* berwarna putih (aaBB). Keturunan F1nya adalah bunga berwarna ungu (AaBb) yang berbeda dengan warna dari bunga kedua induknya (yaitu merah dan putih). Rasio fenotip F2nya adalah 9 ungu: 3 merah: 4 putih.

Lantas dari manakah warna ungu tersebut timbul? Dari hasil penelitian plasma sel, ternyata warna merah disebabkan oleh adanya pigmen antosianin dalam lingkungan asam. Dalam lingkungan basa, pigmen ini akan memberikan warna ungu. Jika di dalam plasma tidak terdapat pigmen antosianin, baik di dalam lingkungan asam atau basa, maka akan terbentuk warna putih. Faktor A, apabila mengandung pigmen antosianin dalam plasma sel dan faktor a jika tidak ada antosianin dalam plasma sel. Faktor B, apabila kondisi basa dan b dalam kondisi asam. Sifat A dominan terhadap a dan sifat B dominan terhadap sifat b. Oleh karena itu, tanaman yang berbunga merah disimbolkan dengan Aabb atau AAAbb, sedangkan tanaman yang berbunga putih disimbolkan dengan aaBB atau aabb.

Dari penjelasan di atas, dapat dikatakan bahwa bunga merah memiliki antosianin di mana dalam lingkungan plasma sel bersifat asam. Sedangkan bunga putih tidak memiliki antosianin di mana lingkungan plasma sel bersifat basa.

## 3. Polimeri

Polimeri atau karakter kuantitatif adalah persilangan heterozigot dengan banyak sifat beda yang berdiri sendiri, tetapi memengaruhi bagian yang sama dari suatu organisme. Peristiwa polimeri ditemukan oleh Lars Frederik Nelson dan Ehle, setelah melakukan percobaan dengan menyilangkan gandum berbiji merah dengan gandum berbiji putih.

Persilangan itu menghasilkan keturunan heterozigot berwarna merah lebih muda bila dibandingkan dengan induknya yang homozigot (merah). Oleh karena itu, biji merah bersifat dominan tidak sempurna terhadap warna putih. Setelah generasi F1 disilangkan sesama, pada generasi F2 diperoleh perbandingan fenotip 3 merah : 1 putih.

Kapankah peristiwa polimeri dapat terjadi? Peristiwa ini terjadi pada pewarisan, warna kulit manusia. Warna kulit disebabkan oleh zat warna kulit (pigmen). Jika faktor pigmen kulit manusia dilambangkan dengan P, genotip orang berkulit putih p<sub>1</sub>p<sub>1</sub> p<sub>2</sub>p<sub>2</sub> p<sub>3</sub>p<sub>3</sub>.

Apabila pria kulit putih menikah dengan wanita kulit hitam (negro), maka keturunan F1 akan mempunyai kulit mulat (coklat sawo matang), yang berfenotip P1p1P2p2P3p3. Derajat kehitaman kulit bergantung pada banyaknya faktor pigmen P.

#### 4. Epistasis dan hipotesis

Epistasis dan hipostasis merupakan salah satu bentuk interaksi gen dalam hal ini gen dominan mengalahkan gen dominan lainnya yang bukan sealel. Gen dominan yang menutupi ekspresi gen dominan lainnya disebut epistasis, sedangkan gen dominan yang tertutup itu disebut hipostasis. Peristiwa epistasis dan hipostasis terjadi pada warna umbi lapis pada bawang (*Allium sp.*), warna kulit gandum, warna bulu ayam, warna rambut mencit, dan warna mata pada manusia. Peristiwa epistasis dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu:

##### a) Epistasis dominan

Pada epistasis dominan terdapat satu gen dominan yang bersifat epistasis. Misalnya warna umbi lapis pada bawang (*Allium sp.*). A merupakan gen untuk umbi merah dan B merupakan gen untuk umbi kuning. Gen merah dan kuning dominan terhadap putih. Perkawinan antara tanaman bawang berumbi lapis kuning homozigot dengan yang merah homozigot menghasilkan tanaman F1 yang berumbi lapis merah. Keturunan F2 terdiri atas 16 kombinasi dengan perbandingan merah : kuning : putih atau 12 : 3 : 1. Perbandingan itu terlihat menyimpang dari hukum Mendel, tetapi ternyata tidak. Perbandingan 9 : 3 : 3 : 1 untuk keturunan perkawinan dihibrid hanya mengalami modifikasi saja, yaitu 9 : 3 : 3 : 1 menjadi 12 : 3 : 1

##### b) Epistasis resesif

Pada peristiwa epistasis resesif terdapat suatu gen resesif yang bersifat epistasis terhadap gen dominan yang bukan alelnya (pasangannya). Gen resesif tersebut harus dalam keadaan homozigot, contohnya pada pewarisan warna rambut tikus. Gen A menentukan warna hitam, gen a menentukan warna abu-abu, gen C menentukan enzim yang menyebabkan timbulnya warna dan gen c yang menentukan enzim penghambat munculnya warna. Gen C bersifat epistasis. Jadi, tikus yang berwarna hitam memiliki gen C dan A.

##### c) Epistasis dominan dan resesif

Epistasis dominan resesif merupakan peristiwa suatu gen menghambat ekspresi fenotip yang disebabkan oleh gen mutan yang bukan alelnya. Gen mutan tersebut bersifat menghambat, sehingga disebut gen penghalang atau inhibitor atau gen suspensor.

Epistasis dominan resesif terjadi pada persilangan lalat buah (*Drosophila melanogaster*). Gen P menentukan warna mata merah, gen p menentukan warna mata ungu, gen S merupakan gen non-suspensor, dan s merupakan gen suspensor.

Perbandingan fenotipnya adalah 13 merah: 3 ungu. Rumus epistasis dominan resesif adalah A epistasis terhadap B dan b serta bb epistasis terhadap A dan a

#### 5. Gen-gen komplementer

Gen-gen komplementer merupakan interaksi antara gen-gen dominan yang berbeda, sehingga saling melengkapi. Jika kedua gen tersebut terdapat bersama-sama dalam genotip, maka akan saling membantu dalam menentukan fenotip. Jika salah satu gen tidak ada, maka pemunculan fenotip menjadi terhalang.

Apabila F1 (keturunan pertama) hasil perkawinan 2 orang yang bisu tuli disilangkan dengan sesamanya, maka generasi atau keturunan F2 ada yang normal dan bisu tuli.

Dalam hal ini, gen T dan gen B tidak akan menunjukkan sifat normal apabila kedua gen tersebut tidak terdapat bersama-sama dalam satu genotip. Dengan demikian, jika hanya terdapat gen T tanpa gen B, atau jika hanya terdapat gen B tanpa gen T maka akan tetap memunculkan sifat bisu tuli. Rasio fenotip F2 yang dihasilkan adalah 9 Normal : 7 bisu tuli.

#### e. Pola-Pola Hereditas

Pola-pola hereditas adalah mekanisme pewarisan sifat yang dipelajari dalam ilmu genetika. Genetika adalah ilmu yang mempelajari mengenai pewarisan sifat-sifat induk pada turunannya.

##### 1. **Determinasi seks** (penentuan jenis kelamin)

###### a. Tipe XY

Tipe penentuan seks ini dapat dijumpai pada lalat buah, manusia, tumbuh-tumbuhan berumah dua, dan pada hewan menyusui. Pada nukleus lalat buah terdapat 8 buah kromosom (4 pasang) yang terdiri dari 3 pasang kromosom tubuh (autosom) dan 1 pasang kromosom seks. Kromosom seks pada lalat betina mempunyai 2 kromosom X (bentuknya batang lurus), sedangkan pada lalat jantan terdiri dari kromosom X dan kromosom Y (lebih pendek dari kromosom X dan salah satu ujungnya membengkok). Formula kromosom lalat buah betina adalah 8XX (3 pasang kromosom atau 6 buah autosom + 1 pasang kromosom X), sedangkan lalat buah jantan adalah 8XY (3 pasang kromosom autosom + 1 kromosom X + 1 kromosom Y).

Jumlah kromosom pada manusia adalah 46 buah (23 pasang). Pada wanita, terdapat 22 pasang autosom dan 1 pasang kromosom X (46XX), sedangkan pada laki-laki terdapat 22 pasang autosom, 1 kromosom X, dan 1 kromosom Y (46XY). Pada gametogenesis, dihasilkan ovum (sel telur) haploid sehingga mengandung 22 autosom (11 pasang) dan 1 kromosom X. Pada spermatogenesis dihasilkan spermatozoa yang mengandung 22 autosom dan 1 kromosom X serta spermatozoa yang mengandung 22 autosom dan 1 kromosom Y.

b. Tipe XO

Tipe XO ini dijumpai pada serangga seperti belalang (Ordo Orthoptera) dan kepek (Ordo Hemiptera). Pada belalang tidak dijumpai adanya kromosom Y sehingga hanya mempunyai kromosom X saja. Oleh karena itu, belalang jantan bertipe XO dan belalang betina bertipe XX (mempunyai sepasang kromosom X).

c. Tipe ZW

Tipe ini dijumpai pada serangga (kupu-kupu), beberapa jenis ikan dan reptil. Berbeda dengan tipe seks pada manusia dan lalat buah yang homogametik (terdiri dari kromosom kelamin yang sama) pada betina atau wanita, tipe seks ZW pada betina bersifat heterogametik (terdiri dari kromosom kelamin yang berbeda). Agar tidak terjadi kekeliruan dengan tipe penentuan kelamin XY, maka digunakan Z dan W. Oleh karena itu, yang betina mempunyai tipe ZW (atau XY) dan yang jantan mempunyai tipe ZZ (atau XX).

d. Tipe ZO

Tipe ZO dijumpai pada unggas seperti ayam dan itik. Unggas betina juga bersifat heterogametik, yaitu hanya mempunyai satu kromosom X saja, sehingga tipenya adalah ZO atau XO. Unggas jantan bersifat homogametik, sehingga tipenya adalah ZZ atau XX.

2. **Gagal Berpisah** (*non-disjunction*)

Pada saat pembentukan gamet (pembelahan meiosis), kromosom dapat mengalami gagal berpisah sehingga jumlah kromosom menjadi berubah. Kromosom dapat gagal berpisah dengan kromosom homolognya pada saat meiosis I. Selain itu, kromatid dalam satu kromosom juga dapat gagal berpisah pada saat meiosis II.

Gagal berpisah dapat mengakibatkan gamet atau individu yang baru lahir mempunyai kelainan jumlah kromosom. Contoh akibat gagal berpisah adalah aneuploidi dan poliploidi. Aneuploidi adalah individu yang memiliki kekurangan atau kelebihan satu kromosom dari kromosom tetuanya. Aneuploidi mengakibatkan perubahan fenotip pada individu, misalnya individu yang mempunyai kromosom monosomi ( $2n - 1$ ) atau trisomi ( $2n + 1$ ). Sedangkan, poliploidi adalah individu yang mempunyai kelipatan jumlah kromosom tetuanya. Poliploidi misalnya gamet diploid bertemu dengan gamet haploid menjadi triploid ( $3n$ ), atau dua gamet diploid bersatu membentuk individu tetraploid.

Hal-hal apa sajakah yang menyebabkan gagal berpisah? Gagal berpisah tersebut kemungkinan dapat disebabkan oleh beberapa hal, yaitu:

- a) Adanya virus atau kerusakan akibat radiasi. Pengaruh ini akan mudah terlihat pada wanita yang telah berumur tua.
- b) Kandungan antibodi tiroid yang tinggi

c) Sel telur dalam saluran telur yang tidak segera dibuahi akan mengalami kemunduran. Oleh karena itu, risiko melahirkan anak yang cacat akan dialami oleh wanita berumur lebih dari 25 tahun.

### 3. **Pautan gen** (*gen linkage*)

Pautan gen merupakan salah satu penyimpangan terhadap hukum Mendel. Pada peristiwa ini, dua gen atau lebih terletak pada satu kromosom dan tidak dapat memisahkan diri secara bebas. Hal ini terjadi karena gen-gen yang mengendalikan dua sifat beda terletak pada kromosom yang sama dengan letak lokus yang berdekatan.

Contoh peristiwa pautan terdapat pada *Drosophila melanogaster*, yang dilaporkan pertama kali oleh T.H. Morgan. *Drosophila melanogaster* memiliki empat pasang kromosom dalam inti selnya dan memiliki banyak gen yang semua berada pada kromosom sehingga tiap kromosom mengandung banyak gen. Fakta menjelaskan bahwa faktor pembawa sifat panjang sayap dan lebar abdomen terletak pada kromosom yang sama dan diturunkan bersama-sama. Dengan perkataan lain, gen yang mengatur ukuran panjang sayap bertaut dengan gen yang mengatur ukuran lebar abdomen.

### 4. **Pindah silang** (*crossing over*)

Pindah silang adalah pertukaran segmen antara dua kromosom homolog. Peristiwa ini berlangsung pada saat kromosom homolog berpasangan dalam profase I meiosis, yaitu pada saat pakiten. Pakiten merupakan saat seluruh bagian kromosom berpasangan pada jarak yang paling dekat. Titik kontak dari kromosom-kromosom yang bersentuhan dinamakan kiasma. Pindah silang akan menghasilkan kromosom rekombinan yang merupakan hasil penyeberangan fragmen-fragmen kromosom ke kromosom homolog tetangganya. Pautan gen dapat dipisahkan oleh peristiwa pindah silang pada semua titik sepanjang kromosom.

## LATIHAN SOAL

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan tepat !

1. Apakah manfaat pengetahuan genetika bagi manusia?
2. Sebutkan dan jelaskan tiga cara mempelajari penurunan sifat!
3. Prinsip-prinsip pewarisan sifat apa saja yang berhasil ditemukan oleh Mendel?
4. Selesaikan masalah pembastaran berikut ini:
  - a. Tanaman kacang kapri yang homozigot tinggi (batangnya) dibastarkan dengan tanaman kacang kapri homozigot pendek (batangnya). Turunan F1 yang diperoleh diserbuki sendiri dan akan menghasilkan turunan F2. Dari pembastaran tersebut cari turunan F2nya dengan menggunakan papan catur. Diketahui gen T untuk sifat tinggi dan gen t untuk sifat rendah. Sifat tinggi (T) dominan terhadap sifat rendah (t).
  - b. Tikus berbulu homozigot hitam berekor panjang dibastarkan dengan tikus homozigot berbulu putih berekor pendek. Turunan F1 yang diperoleh dibastarkan dengan turunan F1 lainnya, dan akan menghasilkan turunan F2. Dari pembastaran tersebut cari turunan F2nya dengan menggunakan papan catur. Diketahui gen H untuk sifat bulu hitam, gen h untuk bulu putih; gen P untuk ekor panjang dan gen p untuk ekor pendek. Sifat bulu hitam (H) dominan terhadap sifat bulu putih (h); sifat ekor panjang (P) dominan



## Kegiatan Belajar 2

### Tujuan Pembelajaran :

Melalui kegiatan Pembelajaran dengan pendekatan saintifik menggunakan model pembelajaran *Discovery learning* peserta didik dapat Mengevaluasi pola-pola hereditas pada manusia, sehingga peserta didik dapat membangun kesadaran akan kebesaran Tuhan YME, menumbuhkan perilaku disiplin, mandiri, teliti, kreatif, kerjasama dan peduli lingkungan.

### Uraian Materi

#### A. Hereditas Pada Manusia

Telah diketahui bersama bahwa manusia satu dengan manusia lainnya di dunia ini tentunya tidak ada yang sama persis (benar-benar identik). Penyebabnya ialah adanya materi genetik yang mempunyai sifat-sifat berbeda antarindividu. Dalam ilmu tentang materi genetik (genetika), telah banyak dipelajari tentang peristiwa penurunan sifat, baik pada tumbuhan, hewan, maupun manusia. Di antara objek yang dipelajari dalam genetika tersebut, genetika manusia paling lambat perkembangannya dibandingkan pada hewan dan tumbuhan.

Beberapa hambatan yang menyebabkan lambatnya perkembangan tersebut, antara lain: sulitnya mencari objek (manusia) untuk penelitian, sulitnya mengarahkan manusia dalam mencapai tujuan atau keinginan peneliti, sulitnya mengamati perkembangan sifat manusia yang mengarah pada tujuan peneliti, keturunan manusia yang relatif lebih sedikit dibandingkan hewan dan tumbuhan karena umur atau siklus hidup manusia lebih panjang, serta lingkungan manusia yang tidak mudah bahkan tidak dapat dikontrol

##### a. Gen

Gen berasal dari bahasa Belanda yaitu gen, adalah unit pewarisan sifat bagi organisme hidup. Gen sebagai faktor keturunan tersimpan di dalam kromosom, yaitu di dalam manik-manik yang disebut kromomer atau nukleosom dari kromomer. Morgan, ahli genetika dari Amerika Serikat menyebutkan kromomer itu lokus. Jadi, gen tersimpan dalam setiap lokus yang khas dalam kromosom.

Gen sebagai zarah yang kompak mengandung satu satuan informasi genetik yang mengatur sifat-sifat menurun tertentu, memenuhi lokus suatu kromosom. Suatu kromosom mengandung banyak gen. Oleh sebab itu di dalam setiap kromosom, khususnya di dalam kromonema terdapat deretan lokus. Batas antara lokus yang satu dengan yang lainnya tidak jelas seperti deretan kotak-kotak.

Gen sebagai satu satuan informasi genetik tersusun teratur di dalam satu deretan secara linear dan lurus beraturan, tidak berselang-seling berdempet atau berdampingan.

Gen mempunyai sifat-sifat, antara lain:

1. Gen memiliki zarah tersendiri dalam kromosom.

2. Gen mengandung informasi genetik.
3. Gen dapat menduplikasikan diri (membelah) sehingga dapat menyampaikan informasi genetik pada generasi berikutnya.

Fungsi gen, antara lain:

1. Mengatur perkembangan dan proses metabolisme individu
2. Menyampaikan informasi genetika kepada generasi berikutnya
3. Sebagai zarah (zat terkecil yang tidak dapat dibagi lagi) tersendiri dalam kromosom.

### **b.Struktur gen**

Gen mengandung DNA atau RNA yang membawa informasi genetik. Manusia memiliki banyak sekali gen-gen, dan kumpulan dari gen-gen ini disebut genom yang berada dalam inti sel yaitu di sebelah kromosom. Gen membentuk struktur yang disebut DNA.

Kromosom adalah struktur pembawa gen yang mirip benang dan terdapat di dalam inti sel. Kromosom hanya dapat terlihat pada saat pembelahan sel, yaitu ketika kromosom memendek dan menebal. Berdasarkan letak sentromernya kromosom dibedakan menjadi beberapa bentuk, yaitu:

1. Kromosom Akrosentrik, apabila sentromer terletak subterminal (didekat ujung kromosom), sehingga kromosom tampak lurus seperti batang.
2. Kromosom Telosentrik, apabila sentromer terletak di ujung kromosom, sehingga kromosom tampak hanya terdiri dari satu lengan saja.
3. Kromosom Submetasentrik, apabila sentromer terletak submedian (kearah salah satu ujung kromosom), sehingga kromosom tampak seperti huruf "J".
4. Kromosom Metasentrik, apabila sentromer terletak ditengah, sehingga kromosom tampak terbagi menjadi dua lengan yang sama panjang dan seperti huruf "V".

Jumlah kromosom dalam sel bervariasi, bergantung pada jenis makhluk hidupnya. Namun, jumlah kromosom pada setiap makhluk hidup selalu tetap.

Kromosom dibedakan menjadi dua, yaitu :

1. Autosom, adalah kromosom yang terdapat pada sel-sel tubuh (somatic) sehingga disebut juga kromosom tubuh.
2. Gonosom, adalah kromosom yang terdapat pada sel-sel kelamin, sehingga disebut juga kromosom kelamin atau kromosom seks.

Sebagai pembawa informasi genetik, DNA memiliki dua fungsi, yaitu dapat menyintesis molekul kimia lainnya dan dapat menyintesis dirinya sendiri atau dapat bereplikasi. Proses replikasi DNA:

1. Denaturasi, pemisahan untai DNA
2. Inisiasi, pengawalan sintesis DNA
3. Pemanjangan untai DNA

4. Ligasi fragmen DNA
5. Pengakhiran sintesis DNA

### **c. Kromosom dan Kromatin**

Kromosom berasal dari kata chroma dan soma=badan. Setiap organisme selain memiliki sepasang kromosom tersebut juga memiliki kromosom kelamin atau yang disebut gamet yang berasal dari hasil pembelahan sel yang membagi jumlah kromosom menjadi jumlah setengahnya yang disebut kromosom haploid. Jumlah kromosom pada setiap organisme yang berada dalam satu spesies adalah sama. Sebagai contohnya adalah jumlah kromosom somatik manusia yaitu 46 kromosom.

Kromatin, jalinan benang-benang halus dalam plasma inti. Jalinan itu akan menghisap banyak zat itu. Berasal dari Chroma=berwarna, dan tin= benang. Terdiri dari benang-benang kromonema yang berpilin-pilin longgar diselaputi protein.

Kromatin maupun kromosom terdiri dari beberapa serat (fibril) halus dan dibina atas 2 macam molekul; ADN (asam deoksiribosa nukleat) dan protein. Proteinnya terutama berupa histon. Kromatin atau kromosom mengandung puluhan sampai ratusan ribu gen.

### **d. Morfologi kromosom**

Bagian kromosom terdiri dari lengan dan sentromer. Sentromer merupakan bagian kepala kromosom, sentromer tersebut mengandung kromonema dan gen. Lengan ialah badan kromosom sendiri dan juga mengandung kromonema dan gen. Lengan memiliki 3 daerah yaitu : selaput, kandung, dan kromonema.

Selaput ialah lapisan tipis yang menyeliputi badan kromosom, kandung (matrix) mengisi seluruh lengan, terdiri dari cairan bening. Kromonema adalah benang halus yang berpilin-pilin yang terendam dalam kandung kromonema yang berasal dari kromonema kromatin sendiri.

Setiap kromosom dalam genom dapat dengan mudah dibedakan antara kromosom yang satu dengan lainnya dengan menggunakan beberapa cara khusus yang salah satunya adalah dengan melihat panjang relatifnya, posisi dari sentromer yang membagi kromosom menjadi dua lengan yang panjangnya bervariasi, ada tidaknya dan posisi dari daerah yang dinamakan knob atau kromometer, tempat benang-benang kromatid yang disebut Sateit. Kromosom dengan median sentromer normalnya akan memiliki jumlah lengan yang dapat dibagi. Lengan yang lebih pendek dinamakan lengan P sedangkan lengan yang lebih panjang dinamakan lengan Q.

Kromosom terdiri dari DNA (asam deoksiribonukleat), RNA (asam ribonukleat), dan beberapa jenis protein. DNA dan RNA adalah anggota kelompok senyawa biokimia yang disebut asam nukleat atau polinukleotida. DNA sebuah sel mengandung sejenis kode semua informasi untuk sintesis semua protein yang dibuat oleh sel tersebut. DNA dapat

menyimpan dan mereduplikasikan informasi. Fungsi RNA adalah pengangkut antara DNA dan protein. RNA berjalan dengan urutan yang sesuai dari berbagai potongan informasi sebuah sel yang membutuhkannya untuk melaksanakan berbagai aktivitas sel tersebut. Kromosom yang terdapat didalam sebuah sel tidak pernah sama ukurannya. Pada manusia, panjang kromosom dapat mencapai 6 mikron.

#### **e. Autosom dan Kromosom sel**

Kromosom dapat dibagi menjadi dua jenis autosom dan kromosom seks. Sifat genetik tertentu yang terkait dengan seks Anda, dan diwariskan melalui kromosom seks. Autosom mengandung sisa informasi turun-temurun genetik. Semua bertindak dengan cara yang sama selama pembelahan sel.

Sel manusia memiliki 23 pasang kromosom besar nuklir linier, (22 pasang autosom dan satu pasang kromosom seks) memberikan total 46 sel. Selain ini, sel-sel manusia memiliki ratusan salinan dari genom mitokondria.

Para 22 autosom diberi nomor oleh ukuran. Dua lainnya kromosom, X dan Y, adalah kromosom seks. Ini gambar dari kromosom manusia berbaris dalam pasangan disebut kariotipe. Gambar Kredit: US National Library of Medicine.

Setelah mengetahui uraian di atas, tentunya ada kelaian yang akan timbul pada masalah genetika dan cara-cara untuk mengatasi masalah tersebut yang dapat dilakukan dengan membuat peta silsilah keluarga atau keturunan (pedegree chart) dan menerapkan hasil percobaan hewan pada manusia. Selain itu, dapat juga dilakukan dengan mempelajari adanya fenomena-fenomena pada manusia seperti munculnya anak kembar hasil perkawinan. Kita tentunya pasti telah mengetahui hal apa saja yang diwariskan pada manusia, bukan? Ya, sifat-sifat pada manusia yang dapat diwariskan meliputi: jenis kelamin, kelainan atau cacat menurun, dan golongan darah. Selain itu, ada juga ekspresi gen-gen (genotip) yang ditentukan oleh jenis kelamin. Peristiwa pembentukan jenis kelamin pada manusia telah dibahas sebelumnya.

### **B. Pewarisan sifat pada manusia**

#### **1. Kelainan atau cacat menurun**

a. Kelainan oleh alel resesif dan dominan autosomal.

Kelainan ini diturunkandari kromosom sel-sel diploid tubuh. Kelainan ini dapat ditentukan oleh gen dominan atau resesif pada autosom tersebut.Oleh karena itu, kelainan ini dapat diturunkan pada keturunan pria atau wanita. Beberapa contoh kelainan yang terpaut pada autosom manusia adalah sebagai berikut :

1) Albinisma ( Albino).

Kelainan ini terjadi karena tubuh seseorang tidak mempunyai gen yang mampu membentuk enzim untuk mengubah tirosin menjadi pigmen melanin (pembentuk warna

kulit). Gen tersebut adalah gen dominan A. Oleh karena itu, orang yang normal akan mempunyai genotip AA atau Aa dan orang albino tidak mempunyai gen A atau mempunyai genotip aa (resesif homozigot). Penderita albino mempunyai ciri-ciri yaitu seluruh bagian tubuhnya tidak berpigmen. Kulit badan dan matanya berwarna merah jambu karena warna darah menembus kulit. Oleh karena itu, matanya sangat sensitif terhadap cahaya. Pada perkawinan dua orang yang normal, heterozigot dapat menghasilkan keturunan albino. Hal ini disebabkan kedua orang tuanya mempunyai gen resesif yang akan bergabung membentuk gen resesif homozigot (aa). Orang tua yang terlihat normal tetapi dapat menurunkan albino kepada anaknya ini disebut "carrier". Contoh kasus: Seorang laki-laki normal heterozigot menikah dengan seorang wanita normal heterozigot pula. Adakah keturunannya yang menderita albino?

Jawab: P : ♂ Aa x ♀ Aa  
 Gamet : A a x A a  
 F :

♂ ♀	A	A
A	AA	Aa
A	Aa	Aa

Dari persilangan tersebut didapatkan:

- 1 AA : normal (25%)
- 2 Aa : normal heterozigot (50%)
- 1 aa : albino (25%)

Jadi, keturunannya ada yang menderita albino sebanyak 25%.

2). Gangguan mental.

Salah satu contoh bentuk gangguan mental adalah idiot, yang ditentukan oleh gen resesif homozigot (gg) seperti pada albino. Anak idiot umumnya diturunkan dari kedua orang tua yang normal heterozigot (Gg). Penderita ini mempunyai ciri-ciri, antara lain: wajahnya menunjukkan kebodohan, reflek (daya responnya) lambat, kulit dan rambutnya kekurangan pigmen, umumnya tidak berumur panjang, steril (tidak mampu menghasilkan keturunan atau mandul), dan jika urinnya ditetesi larutan fenil oksida 5% akan berwarna hijau kebiruan karena terdapatnya senyawa derivat fenil ketourinarin (FKU). Senyawa ini tidak ditemukan pada orang normal. Adanya senyawa FKU ini disebabkan tidak adanya enzim pengubah asam amino fenilalanin menjadi tirosin. Untuk lebih jelasnya, perhatikan diagram persilangan berikut :

P fenotipe : ♂ normal heterozigot x ♀ normal heterozigot  
 Genotipe : Aa Aa  
 Gamet : A,a A, a

F1 :

♂ ♀	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	Aa

Perbandingan F1 :

- 1 AA : Normal ( 25%)
- 2 Aa : normal heterozigot atau Carier FKU ( 50%)
- 1 aa : gangguan mental FKU (25%)

### 3). Brachydactily.

Adalah keadaan seseorang yang mempunyai jari-jari pendek atau tidak normal. Hal ini terjadi karena pendeknya tulang-tulang pada ujung jari dan tumbuh menjadi satu. Kelainan ini disebabkan oleh gen dominan B. Orang yang menderita penyakit brachydactily mempunyai genotip heterozigot (Bb) sedangkan orang yang normal akan mempunyai genotip homozigot resesif (bb). Genotip homozigot dominan (BB) menyebabkan individu mengalami kematian (letal). Untuk lebih jelasnya Perhatikan diagram persilangan berikut:

P : Fenotip : ♂ brachydactily x ♀ brachydactily  
 Genotip : Bb x Bb  
 Gamet : B b B b

F1 :

♂ ♀	B	b
B	BB	Bb
B	Bb	Bb

- Dari persilangan tersebut didapatkan :
- 1 BB : letal (25%)
  - 2 Bb : brachydactily (50%)
  - 1 bb : normal (25%)

4). Diabetes Mellitus.

Diabetes mellitus adalah terbuangnya glukosa bersama urine karena terjadi gangguan fungsi insulin yang dihasilkan oleh pulau Langerhans pada pankreas. Seperempat dari penderita diabetes mellitus ternyata diakibatkan faktor genetis dan tiga perempat yang lainnya karena faktor makanan. Penyakit ini dikendalikan oleh gen resesif homozigot (dd).

5). Cystinuria (sistinuria).

Adalah keadaan seseorang yang mempunyai kelebihan asam amino sistein yang sukar larut, diekskresikan dan ditimbun menjadi batu ginjal. Kelainan ini disebabkan oleh adanya gen dominan homozigot (CC).

6). Polydactily .

Selain ada brakhidaktili, ada juga polidaktili, yaitu keadaan seseorang yang mempunyai kelebihan (tambahan) jari pada tangan atau kaki. Jadi jumlah jari kaki atau tangannya lebih dari lima. Polidaktili disebabkan oleh adanya gen dominan homozigot (PP). Karena itu, genotip orang normal adalah Pp atau pp.

**b. Kelainan oleh alel resesif pada gonosom X.**

Alel resesif atau dominan pada kromosom X juga dapat menentukan terjadinya kelainan pada individu keturunan manusia. Pada manusia, telah dikenal lebih dari 150 sifat keturunan yang kemungkinan disebabkan oleh gen-gen tertaut kromosom X. Beberapa kelainan, terutama akibat alel resesif pada kromosom X tersebut adalah:

1). Buta Warna.

Buta warna dibedakan menjadi 2 tipe. Yang pertama adalah tipe protan, yaitu apabila tidak dapat membedakan warna hijau karena bagian mata yang sensitif terhadap warna hijau tersebut rusak. Kedua adalah tipe deutan, yaitu apabila yang rusak adalah bagian mata yang sensitif terhadap warna merah. Tipe deutan ini paling sering terjadi. Buta warna disebabkan oleh gen resesif c (colour blind) pada kromosom X. Gen ini tidak dijumpai pada kromosom Y. Oleh karena itu, wanita dapat mempunyai genotip CC (normal homozigot), Cc (normal heterozigot), atau cc (buta warna). Sementara itu, pria hanya dapat mempunyai gen C (normal) atau c (buta warna) saja. Untuk lebih jelasnya, perhatikan diagram persilangan berikut :

P fenotipe : ♀ normal heterozigot x ♂ normal  
 Genotipe : XCXc XC Y  
 Gamet : XC , Xc XC , Y

F1 :

	♂		
♀		XC	Y
XC		XCXC	XC Y
Xc		XCXc	Xc Y

Perbandingan F1 :

- 1 XCXC : Wanita Normal ( 25%)
- 1 XC Y : Pria normal ( 25%)
- 1 XCXc : Wanita carier (25%)
- 1 Xc Y : Pria buta warna (25%)

### 2). Anodontia.

Merupakan kelainan pada seseorang yang tidak mempunyai benih gigi pada rahangnya, sehingga gigi tidak dapat tumbuh selamanya. Kelainan ini banyak ditemukan pada pria. Menurut para ahli, penderita anodontia juga menunjukkan ciri seperti berambut jarang dan susah berkeringat. Gen resesif penyebab anodontia adalah a, sehingga pewarisan sifatnya juga seperti pada buta warna.

### 3). Hemofilia.

Sebelum ditemukan, penyakit hemofilia mula-mula dikenal di negara-negara Arab. Pada waktu itu, seorang anak mengalami pendarahan akibat dikhitan (disunat). Sementara itu, putera mahkota Alfonso dari Spanyol juga meninggal akibat pendarahan karena kecelakaan. Selanjutnya, penelitian mendalam tentang hemofilia juga dilakukan pada anggota kerajaan Inggris. Ratu Victoria adalah orang yang dikenal pertama kali sebagai carrier hemofilia yaitu mempunyai genotip heterozigotik (Suryo, 2005). Gen penentu hemofilia adalah gen resesif h. Berbeda dengan buta warna dan anodontia, genotip resesif homozigot pada hemofilia bersifat letal. Hemofilia merupakan suatu penyakit keturunan, dengan ciri sulitnya darah membeku saat terjadi luka. Waktu yang diperlukan oleh seorang penderita hemofilia untuk pembekuan darah adalah 50 menit hingga 2 jam, sehingga akan menyebabkan perdarahan bahkan kematian. Sementara itu, orang yang normal hanya memerlukan waktu 5-7 menit untuk pembekuan darah.



P fenotipe : ♀ normal heterozigot x ♂ normal  
 Genotipe : XhX XY  
 Gamet : Xh , X X , Y

F1 :

♂		
♀	X	Y
Xh	XhX	XhY
X	XX	XY

Perbandingan F1 :

- 1 XX : Wanita Normal ( 25%)
- 1 XY : Pria normal ( 25%)
- 1 XhX : Wanita carier (25%)
- 1 XhY : Pria hemofilia (25%)

c. Kelainan oleh alel resesif pada gonosom Y

Karena yang mempunyai kromosom Y hanya pria, maka kelainan ini hanya dialami oleh pria saja. Agar lebih mudah dalam mempelajari kelainan oleh alel resesif pada gonosom Y, perhatikan tabel berikut:

Kelainan	Alel resesif	Ciri-ciri	Keterangan
Hypertrichosis	H	Rambut tumbuh pada bagian-bagian tertentu di tepi daun telinga.	Sering dijumpai di India dan Pakistan
Hystrixgravier	Hg	Rambut tumbuh panjang dan kaku di permukaan tubuh menyerupai duri landak.	Pada abad ke-18, penderita (disebut Porcupineman) ini pernah ditemukan. Namun, Penrose dan stern (1958) tidak begitu yakin jika kelainan ini tertaut kromosom Y.
Webtoes	Wt	Kulit tumbuh diantara jari-jari (terutama kaki)	Kaki atau tangan yang berselaput ini menyerupai kaki katak atau burung air.

- d. Kelainan oleh aberasi jumlah dan struktur kromosom autosom.

Selain disebabkan oleh adanya gen dominan atau resesif, kelainan dapat disebabkan oleh adanya aberasi atau perubahan jumlah dan struktur kromosom. Aberasi kromosom serta kelainan-kelainannya akan kalian pelajari lebih lanjut pada Mutasi.

## 2. Golongan darah

Penelitian mengenai penggolongan darah diawali oleh Dr. Karl Landsteiner pada tahun 1901. Dari hasil penelitiannya, diketahui bahwa di dalam sel darah merah (eritrosit) terdapat suatu substansi asing yaitu antigen yang akan bereaksi dengan substansi pada plasma darah yaitu antibodi (zat anti). Selanjutnya, penggolongan darah pada manusia ini didasarkan pada antigen (aglutinogen) yang terdapat di dalam eritrosit. Pada materi ini akan dipelajari 3 sistem penggolongan darah, yaitu sistem ABO, sistem MN, dan sistem Rhesus.

### a. Sistem ABO

Pewarisan golongan darah ini ditentukan oleh adanya alel ganda (beberapa alel atau seri alel yang terdapat dalam satu lokus yang sama). Simbol untuk alel tersebut adalah I (berasal dari kata isoaglutinin, merupakan protein pada permukaan sel eritrosit). Orang yang mampu membentuk aglutinogen A akan mempunyai alel  $I^A$ , yang mampu membentuk aglutinogen B mempunyai alel  $I^B$ , dan yang mampu membentuk aglutinogen A dan B mempunyai alel  $I^A$  dan  $I^B$ . Sementara itu, orang yang tidak mampu membentuk aglutinogen A dan B mempunyai alel resesif  $i$ . Golongan darah ditentukan oleh adanya interaksi alel-alel tersebut. Untuk lebih jelasnya, perhatikan contoh berikut ini. Seorang laki-laki bergolongan darah A heterozigot menikah dengan seorang wanita B heterozigot.

Bagaimanakah golongan darah keturunannya?

P fenotipe : ♂ golda A heterozigot x ♀ golda B heterozigot  
 Genotipe :  $I^A I^O$   $I^B I^O$   
 Gamet :  $I^A, I^O$   $I^B, I^O$

F1 :

♂		
♀	$I^A$	$I^O$
$I^B$	$I^A I^B$	$I^B I^O$
$I^O$	$I^A I^O$	$I^O I^O$

Perbandingan F1 :

- 1  $I^A I^B$  : golda AB ( 25%)
- 1  $I^B I^O$  : golda B heterozigot( 25%)
- 1  $I^A I^O$  : golda A heterozigot (25%)
- 1  $I^O I^O$  : golda O (25%)

b. Sistem MN

Penggolongan sistem ini ditemukan oleh Landsteiner dan Lavine, didasarkan pada ada tidaknya antigen M dan N. Jika pada penggolongan darah A, B, AB, dan O terdapat antibodi dalam darah seseorang, maka pada golongan darah ini darah seseorang tidak mengandung antibodi M atau N. Oleh karena itu, untuk menguji apakah seseorang mempunyai antigen M atau N atau keduanya digunakan antibodi dari kucing. Dengan tidak adanya antigen M atau N dalam darah manusia, maka penggolongan darah dengan sistem ini tidak berpengaruh atau tidak berperan dalam transfusi darah.

c. Sistem Rhesus (Rh)

Penemuan sistem ini sejak tahun 1940 oleh Landsteiner dan Wiener. Berdasarkan ada tidaknya faktor Rh (Rhesus) dalam eritrosit, golongan darah pada manusia dibedakan menjadi Rh+, yaitu jika mempunyai antigen Rh dan golongan darah Rh -, jika tidak mempunyai antigen Rh. Transfusi atau pencampuran darah dengan sistem Rh berbeda dapat menyebabkan terjadinya penggumpalan akibat ketidaksesuaian Rh yang disebut incompatibilitas rhesus. Pada perkawinan antara pria Rh+ homozigot (IRhIRh) dengan wanita Rh- homozigot (Irh Irh), semua anak yang dilahirkan akan mempunyai Rh+. Fetus dalam tubuh ibu akan menerima zat makanan atau menerima pertukaran gas dan air melalui saluran penghubung yang disebut plasenta. Nah, jika seorang ibu Rh- mengandung bayi Rh+ maka setelah bayi lahir, eritrosit-eritrosit bayi yang mengandung antigen Rh masuk dalam aliran darah ibu. Dengan demikian, darah ibu akan membentuk antibodi. Bayi pertama yang dilahirkan akan selamat.

Pada kehamilan berikutnya tentu dihasilkan anak Rh+ lagi, bukan? Karena ibu telah mempunyai anti-Rh, maka akan beraglutinasi dengan antigen Rh pada bayi yang dikandungnya. Akibatnya, eritrosit bayi akan rusak dan mengalami kelebihan zat bilirubin yang akan masuk ke dalam sirkulasi darah ibu. Kelebihan dan penimbunan bilirubin tersebut menyebabkan penyakit kuning, ditandai dengan kulit bayi yang kuning, tubuh menggebung oleh cairan, hati dan limfa membengkak, dalam darah banyak eritrosit yang belum masak (eritroblas), serta otaknya rusak. Penyakit inilah yang disebut eritroblastosis fetalis. Pada umumnya, bayi penderita penyakit tersebut akan mati sejak lahir atau hidup beberapa saat saja. Perhatikan contoh persilangan berikut. Seorang laki-laki Rh+ heterozigot menikah dengan seorang wanita Rh- homozigot. Bagaimanakah golongan darah rhesus pada keturunannya?

P Fenotipe : ♂ Rh+ heterozigot x ♀ Rh- homozigot  
 Genotipe : IRhIrh IrhIrh  
 Gamet : IRh , Irh Irh , Irh

F1 :

♂		
♀	Irh	Irh
Irh	IrhIrh	IrhIrh
Irh	IrhIrh	IrhIrh

Perbandingan F1 :

2 IRhIrh : Rh + heterozigot ( 50%)

2 IrhIrh : Rh – homozigot ( 50%)

3. Gen yang ekspresinya dipengaruhi oleh jenis kelamin

Pewarisan sifat pada manusia dapat dipengaruhi oleh jenis kelamin individu. Artinya, ekspresi gen-gen autosomal penentu sifat pada keturunan tersebut dipengaruhi oleh jenis kelamin keturunan yang dihasilkan. Sifat tersebut dapat tampak pada kedua seks, tetapi ekspresinya akan lebih besar pada salah satu seks tersebut. Beberapa ekspresi gen tersebut antara lain:

a. Kepala botak

Sebelum diketahui adanya ekspresi gen yang dipengaruhi oleh seks, semula kepala botak merupakan gen terangkai kelamin. Namun, pada kenyataannya anak pria kepala botak diturunkan langsung dari ayahnya (hal ini tidak akan terjadi jika gen tersebut terangkai kromosom X). Demikian juga, jika gen tersebut terangkai kromosom Y maka tidak pernah diturunkan pada wanita. Kenyataannya, ada pula wanita yang berkepala botak meskipun sangat jarang dijumpai. Jika gen B penentu kepala botak dan gen b penentu rambut normal, maka dengan adanya pengaruh jenis kelamin, ekspresi gen tersebut terjadi sedemikian rupa. Perhatikan tabel berikut:

Genotip	Pria	Wanita
BB	Botak	Botak
Bb	Botak	Tidak botak
bb	Tidak botak	Tidak botak

b. Jari telunjuk yang panjang

Pada umumnya, setiap orang mempunyai jari telunjuk yang lebih pendek (normal) daripada jari manis. Gen penentu jari telunjuk pendek adalah gen T, sedangkan penentu jari telunjuk panjang adalah gen t. Namun, ekspresinya dipengaruhi oleh jenis kelamin.

Genotip	Pria	Wanita
TT	Telunjuk pendek	Telunjuk pendek
Tt	Telunjuk pendek	Telunjuk panjang
tt	Telunjuk panjang	Telunjuk panjang

### 3. Upaya Menghindari Kelainan Menurun

Pada umumnya, gen yang menyebabkan kelainan menurun pada manusia sulit untuk dilacak. Oleh karena itu agar pewarisan sifat tersebut dapat dilacak serta dihindari, perlu dilakukan upaya melalui:

1). Eugenetika

Yaitu upaya perbaikan sosial yang meliputi penerapan (implementasi) hukum-hukum pewarisan sifat, antara lain dengan:

- a. Menghindari perkawinan dengan keluarga dekat, karena dapat memungkinkan rekombinasi gen-gen resesif yang umumnya menimbulkan ketidaknormalan.
- b. Harus memahami hukum-hukum hereditas bagi generasi muda.
- c. Tidak menikahkan orang-orang yang mengalami gangguan mental seperti idiot, imbisil, dan debil.
- d. Dilakukan pemeriksaan kesehatan dan asal-usul calon pasangan suami-istri. Akan tetapi, pasangan yang sudah menikah dapat melakukan upaya untuk mengetahui lebih awal kondisi kandungannya. Hal ini dapat dilakukan misalnya dengan amniosentesis. Amniosentesis merupakan cara untuk mengetes kemungkinan adanya kelainan kromosom pada bayi yang masih dikandung oleh ibu. Waktu yang paling baik untuk melakukan amniosentesis ini adalah pada saat usia kehamilan mencapai 14-16 minggu.
- e. Memelihara kesehatan fisik dan mental
- f. Menggunakan peta silsilah. Peta silsilah dapat menunjukkan keadaan atau sifat individu dalam keluarga besar (1 garis keturunan), sehingga dapat dilacak adanya individu yang mewariskan sifat kepada keturunannya.

2). Eutenika

Upaya eutenika dilakukan melalui pengelolaan lingkungan seperti pendidikan, peningkatan gizi, perbaikan tempat tinggal, olahraga, dan rekreasi.

## RINGKASAN

Mendel dalam penyelidikannya dengan menggunakan kacang kapri telah memperoleh beberapa prinsip, yaitu sebagai berikut.

1. Prinsip Dominan. Penampakan suatu gen pada fenotip mengalahkan gen lainnya (yang resesif).
2. Prinsip segregasi. Pemisahan pasangan gen menuju ke gamet yang berbeda.
3. Prinsip pengelompokan secara bebas. Setiap pasangan gen dari turunan F1 akan memisah dan mengelompok secara bebas menuju gamet pada waktu pembentukan gamet.

Pada beberapa pembastaran dihasilkan turunan F2 dengan perbandingan yang berbeda dengan perbandingan pada turunan F2 yang ditemukan Mendel. Peristiwa ini disebut sebagai penyimpangan semu dari temuan Mendel. Disebut sebagai penyimpangan semu karena sebenarnya pembastaran tersebut mengikut aturan pembastaran menurut Mendel (dengan perbandingan 9 : 3 : 3 : 1). Akan tetapi, ada peristiwa interaksi gen maka diperoleh perbandingan yang lain dari 9:3:3:1. Beberapa contoh adanya interaksi gen ialah Kriptomeri, Polimeri, Epistasis, dan Hipostasis.

Cara mempelajari penurunan sifat, dapat dengan cara berikut ini.

1. Percobaan penangkaran, khususnya pada hewan dan tumbuhan untuk mengetahui pola pewarisan sifat dari induk kepada turunannya.
2. Silsilah keluarga, melalui silsilah keluarga memungkinkan seseorang mempelajari pola penurunan sifat dari orang tua kepada anak atau cucu. Sifat menurun yang dapat dipelajari, antara lain penyakit buta warna, hemofilia. Begitu pula pewarisan sifat-sifat morfologi bagian tubuh dapat pula dipelajari, misalnya rambut keriting, lesung pipit di pipi, letak menempelnya telinga. Anak kembar juga merupakan bahan yang baik untuk mempelajari pola penurunan sifat.
3. Sitologi, melalui sitologi, kromosom sebagai bagian sel yang membawa sifat yang diturunkan dapat diketahui sifat-sifatnya.
4. Analisis Biokimia, melalui analisis biokimia dapat diketahui susunan kimia kromosom dan gen sehingga dapat menerangkan adanya kelainan reaksi fisiologis pada tubuh seseorang yang diturunkan.

## EVALUASI (TES FORMATIF)

### PILIH LAH SATU JAWABAN YANG BENAR !

1. Lalat *Drosophila melanogaster* tubuh abu-abu sayap panjang disilangkan dengan tubuh hitam sayap kisut, ternyata dihasilkan keturunan 49 tubuh abu-abu sayap panjang : 50 tubuh hitam sayap kisut, maka peristiwa di atas menunjukkan telah terjadi....
  - a. Crossing over
  - b. Nondisjunction
  - c. Terangkai sempurna
  - d. Pautan sex
  - e. Gen / alel bebas
2. Disilangkan ayam berpial walnut (PPRr) dengan ayam berpial grigi (ppRr). Kemungkinan keturunan yang memiliki fenotif sama dengan induk adalah...
  - a. 25 %
  - b. 37,5 %
  - c. 50 %
  - d. 75 %
  - e. 100 %
3. Anadontia ditentukan oleh gen resesif yang terpaut kromosom x. Penikahan suami istri normal untuk sifat anadontia mempunyai 2 anak perempuan normal dan 1 anak laki-laki anadontia. Dari kasus ini bisa disimpulkan..
  - a. Ibu homozigot dominan
  - b. Ibu homozigot resesif
  - c. Ayah homozigot dominan
  - d. Ibu carier
  - e. Ayah carier
4. Gen letal adalah yang dalam keadaan homozigot menyebabkan kematian. Pernyataan yang tepat berhubungan dengan gen letal dominan...
  - a. Terpaut padakromosom kelamin
  - b. Menyebabkan kematian postnatal
  - c. Hanya diperoleh dari ayahnya
  - d. Genotipe geterozigot berfenotip cacat
  - e. Genotipe homozigot berfenotip normal
5. Pindah silang yang terjadi antar kromatid dari kromosom homolognya sering terjadi saat...
  - a. Profase
  - b. Metafase
  - c. Anafase
  - d. Telofase
  - e. Interfase

6. Bayi penderita erythroblastosis lahir dari pasangan...
- Ibu Rh negatif ayah Rh negatif
  - Ibu Rh positif ayah Rh positif
  - Ibu Rh negatif ayah Rh Positif
  - Ibu Rh positif ayah Rh negatif
  - Ibu dan ayah yang berbeda Rhesusnya
7. Brakidaktili merupakan gen dominan yang letal. Jika seorang wanita menderita Brakidaktili dan buta warna , maka wanita tersebut mewarisi gen...
- Brakidaktili dari ibu dan buta warna dari ayah
  - Brakidaktili dari ayah dan buta warna dari ibu
  - Brakidaktili dari ayah dan ibunya dan buta warna dari ayah atau ibu
  - Brakidaktili dari ayah atau ibunya dan dan buta warna dari ayah atau ibunya
  - Brakidaktili dan buta warna dari ayah dan ibunya
8. Dalam tubuh dan sel kelamin terdapat autosom dan kromosom seks. Pada ovum manusia terdapat...
- 22 autosom + X
  - 22 autosom + Y
  - 22 autosom + XX
  - 22 autosom + YY
  - 44 autosom + XX
9. Apabila terjadi perkawinan antara parental bergolongan darah A heterozigot dengan B heterozigot , maka kemungkinan golongan darah anak – anaknya adalah...
- A dan B
  - A dan AB
  - AB dan O
  - A,B,AB dan O
  - B dan AB
10. Pernikahan antara wanita dan laki – laki yang keduanya normal menghasilkan seorang anak laki – laki yang kretinisme dan albino. Dari kasus tersebut dapat disimpulkan bahwa :
- Gen kretinisme dan albino berasal dari ibu
  - Gen kretinisme berasal dari ayah dan ibunya, gen albino berasal dari ibu
  - Gen kretinisme dan albino berasal dari kedua orang tuanya yang bertindak sebagai carier
  - Gen kretinisme berasal dari ayah dan ibunya, sedangkan gen albino berasal dari ayahnya
  - Gen kretinisme dan albino berasal dari ayah



11. Diketahui: Gen P = warna kuning; gen Q = daun lebar. Persilangan antara individu bergenotipe PpQq dengan sesamanya akan menghasilkan keturunan sebanyak 320 individu.  
Kemungkinan keturunannya yang berwarna kuning dan berdaun lebar ada sebanyak .....
- 20
  - 40
  - 60
  - 180
  - 320
12. Warna biji gandum merah ditentukan oleh gen M1 dan M2, warna putih ditentukan oleh gen m1 dan m2. Dari hasil persilangan didapat ratio warna merah: putih = 1:1. Maka genotipe kedua induknya adalah .....
- M1M1M2M2 x m1m1m2m2
  - M1m1M2m2 x M1m1M2m2
  - M1m1m2m2 x m1m1m2m2
  - M1m1M2m2 x M1M1m2m2
  - M1m1M2m2 x m1m1M2m2
13. Disilangkan gandum hitam (HhKk) dengan gandum kuning (hhKk). Berapa kemungkinan dihasilkan gandum berfenotif putih?
- 0 %
  - 12,5 %
  - 37,5 %
  - 25 %
  - 50 %
14. Lalat buah (*Drosophila* sp.) dengan kromosom XXY merupakan akibat dari peristiwa .....
- sex linkage
  - crossing over
  - gen letal
  - poligen
  - nondisjunction
15. Pada *Drosophilla* sp. Mata merah dominan terhadap putih. Gen yang bertanggung jawab terhadap warna mata terpaut kromosom seks X. Jika disilangkan lalat betina mata merah dengan jantan mata putih, lalu antar keturunannya disilangkan dengan sesamanya, maka akan dihasilkan keturunan
- 50% mata merah ; 25% mata putih ; 25% mata merah
  - 50% mata merah ; 50% mata putih

- c. 75% mata merah ; 25% mata putih
  - d. 25% mata merah ; 25 mata putih ; 25% mata merah ; 25% mata putih
  - e. 25% mata merah ; 25% mata putih : 50% mata putih
16. Pindah silang yang terjadi antar kromatid dari kromosom homolognya sering terjadi saat...
- a. Profase
  - b. Metafase
  - c. Anafase
  - d. Telofase
  - e. Interfase
17. Bayi penderita erythroblastosis lahir dari pasangan...
- a. Ibu Rh negatif ayah Rh negatif
  - b. Ibu Rh positif ayah Rh positif
  - c. Ibu Rh negatif ayah Rh Positif
  - d. Ibu Rh positif ayah Rh negatif
  - e. Ibu dan ayah yang berbeda Rhesusnya
18. Brakidaktili merupakan gen dominan yang letal. Jika seorang wanita menderita Brakidaktili dan buta warna , maka wanita tersebut mewarisi gen...
- a. Brakidaktili dari ibu dan buta warna dari ayah
  - b. Brakidaktili dari ayah dan buta warna dari ibu
  - c. Brakidaktili dari ayah dan ibunya dan buta warna dari ayah atau ibu
  - d. Brakidaktili dari ayah atau ibunya dan dan buta warna dari ayah atau ibunya
  - e. Brakidaktili dan buta warna dari ayah dan ibunya
19. Dalam tubuh dan sel kelamin terdapat autosom dan kromosom seks. Pada ovum manusia terdapat...
- a. 22 autosom + X
  - b. 22 autosom + Y
  - c. 22 autosom + XX
  - d. 22 autosom + YY
  - e. 44 autosom + XX
20. Apabila terjadi perkawinan antara parental bergolongan darah A heterozigot dengan B heterozigot , maka kemungkinan golongan darah anak – anaknya adalah... a. A dan B
- b. A dan AB
  - c. AB dan O
  - d. A,B,AB dan O
  - e. B dan AB

21. Lalat *Drosophila melanogaster* tubuh abu-abu sayap panjang disilangkan dengan tubuh hitam sayap kisut, ternyata dihasilkan keturunan 49 tubuh abu-abu sayap panjang : 50 tubuh hitam sayap kisut, maka peristiwa di atas menunjukkan telah terjadi....
- Crossing over
  - Nondisjunction
  - Terangkai sempurna
  - Pautan sex
  - Gen / alel bebas
22. Disilangkan ayam berpial walnut (PPRr) dengan ayam berpial grigi (ppRr). Kemungkinan keturunan yang memiliki fenotif sama dengan induk adalah...
- 25 %
  - 37,5 %
  - 50 %
  - 75 %
  - 100 %
23. Apabila bunga *Mirabilis jalapa* merah muda (Mm) disilangkan dengan putih (mm) akan menghasilkan keturunan ....
- merah semua
  - merah muda: putih = 2:1
  - merah muda: putih = 1:1
  - merah muda: putih = 1:3
  - merah muda: putih = 3:1
24. Wanita normal yang ayahnya buta warna menikah dengan pria normal. Kemungkinan akan lahir laki-laki buta warna adalah ....
- 12,5 %
  - 25 %
  - 50%
  - 75 %
  - 100 %
25. Ibu Fauziah harus ke ahli ginekologi untuk memperoleh penanganan khusus pada kehamilan anak keduanya sehubungan dengan golongan darah yang dimiliki oleh Ibu Fauziah dan suaminya. Faktor yang mungkin mengganggu keselamatan kelahiran anak tersebut adalah ....
- hemofilia
  - talasemia
  - faktor resus
  - sel bulan sabit
  - aglutinogen

### III. PENUTUP

Hereditas merupakan suatu bahan pelajaran penting yang patut kita pelajari dan mengerti. Mengapa? karena didalam hereditas kita akan dapat memahami dan mengerti tentang bagaimana sifat dari induk itu bisa diturunkan kepada anak, bagaimana suatu penyakit itu bisa menurun dari generasi pertama kegenerasi berikutnya serta bagaimana cara menghindari penyakit menurun yang tidak kita inginkan terjadi atau dialami oleh generasi kita selanjutnya.

### GLOSARIUM

*Alel* : gen untuk sifat khusus terletak pada suatu lokus tertentu pada sepasang kromosom homolog.

*Dominan* : sifat yang tampak penuh pada fenotip.

*Epistasi* : interaksi dua gen sehingga salah satu gen menutup ekspresi penotip gen lain.

*Fenotip* : sifat/karakter yang dapat diamati sebagai hasil interaksi antara genotip dan lingkungan.

*Fertilisasi* : peleburan antara gamet jantan dan gamet betina.

*Filial ke-1* : turunan pertama dari pembastaran dua individu.

*Filial ke-2* : turunan kedua dari pembastaran dua individu; pembastaran antara F1 dan F1.

*Galur murni* : turunan yang selalu memiliki sifat yang sama dengan induk.

*Gametogenesis* : pembentukan sel kelamin (gamet).

*Gen* : satuan sifat turunan yang terletak pada kromosom; suatu urutan nukleotida pada molekul DNA yang mengkode suatu polipeptida.

*Genotip* : susunan genetik (gen) dari suatu individu.

*Heterozigot* : sebuah sel atau suatu organisme yang mempunyai dua alel beda pada lokus/kedudukan tertentu pada kromosom homolog.

*Hipostasis* : interaksi antara dua gen sehingga salah satu gen tertutup ekspresinya.

*Homozigot* : sebuah sel atau suatu organisme yang mempunyai dua alel sama pada lokus/kedudukan tertentu pada kromosom homolog.

*Intermediet* : penampilan fenotip antara dua gen yang menunjukkan tidak ada faktor dominan.

*Kembar fraternal* : kembar yang berkembang dari dua ovum yang dibuahi oleh masing-masing satu sperma

*Kembar identik* : kembar yang berkembang dari sebuah ovum yang telah dibuahi, menghasilkan dua embrio yang selanjutnya menjadi dua individu.

*Kombinasi parental* : susunan gen dari turunan hasil persilangan yang mempunyai sifat sama (genotip) dengan induk.

*Kromatid* : salah satu dari dua hasil duplikasi kromosom yang tampak pada mitosis dan meiosis.

*Meiosis* : suatu bentuk pembelahan sel ( $2n$ ), yang akan menghasilkan gamet ( $n$ ).

*Mitosis* : bentuk pembelahan sel ( $2n$ ) yang berhubungan dengan pertumbuhan sel, dan akan menghasilkan dua anak sel ( $2n$ ) yang identik.

*Oogenesis* : pembentukan gamet betina.

*Rekombinasi* : suatu kelompok susunan gen yang beda dengan susunan gen pada induk, terbentuk melalui peristiwa pindah silang.

*Resesif* : suatu sifat/gen yang tidak terekspresi pada fenotip bila ada sifat/gen yang dominan.

*Segregasi* : pemisahan kromosom homolog, termasuk alel, menuju ke gamet.

*Spermatogenesis* : pembentukan gamet jantan.

### KUNCI TES FORMATIF

No	Jawaban	No	Jawaban	No	Jawaban	No	Jawaban	No	Jawaban
1	D	6	A	11	D	16	A	21	D
2	D	7	E	12	C	17	A	22	D
3	B	8	A	13	A	18	E	23	C
4	E	9	D	14	E	19	A	24	B
5	A	10	C	15	A	20	D	25	C

## DAFTAR PUSTAKA

- Campbell, Neil A. Reece, Jane B. 2002. *Biologi jilid 1*. Jakarta : Erlangga
- Campbell and Reece. 2008. *Biologi jilid 1 edisi kedelapan*. Jakarta : Erlangga.
- Irnaningtyas. 2013. *Biologi Untuk SMA/MA Kelas XII*. Erlangga
- Prawirohartono, Slamet. 2016. *BIOLOGI SMA/MA Kelas XII*. Jakarta : Bumi Aksara
- Rochmah, S. N., Sri Widayati, Mazrikhatul Miah. 2009. *Biologi : SMA dan MA Kelas XII*. Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta, p. 282.
- Sembiring, Langkah. 2009. *Biologi: Kelas XII Untuk SMA dan MA*. Departemen Pendidikan Nasional
- <http://perpustakaancyber.blogspot.com/2012/11/macam-dan-jenisjaringan-pada-tumbuhan.html>
- <http://balitjestro.litbang.pertanian.go.id/budidaya-tanaman-lengkeng/>
- <http://dosenpendidikan.pertanian.go.id/fase-pertumbuhan-ikan-beserta-penjelasaannya/>

