

BIOLOGI

BAB 1-6

KATA PENGANTAR

Hai Kilaters!

Wah kerasa banget ya, habis ini udah mau PAS. Tapi tenang aja kilaters! Team Kilat kembali dan akan menemani kamu sepanjang menghadapi PAS ini, dengan Rangkuman Kilat dan Tutor Kilat. Bahannya banyak? Bukan masalah! Selama kita yakin, kita pasti bisa.

Pada Rangkuman ini, kami sudah menyesuaikan materinya dengan kisi-kisi yang ada.

Perlu diketahui bahwa **Rangkuman Kilat bukan berasal dari guru**. Jadi, gunakanlah rangkuman ini sebagai sarana/fasilitas untuk mendukung proses pembelajaranmu. Jangan jadikan rangkuman ini sebagai satu-satunya peganganmu.

Jika Kilaters ada pertanyaan, saran, kritik, pendapat, atau apapun mengenai Rangkuman Kilat ini, kalian dapat menghubungi *contact person* yang tertera di paling bawah setiap halaman. Akhir kata, selamat belajar dan sukses selalu!

26 November 2020,

Team Kilat

**TEAM
KILAT**



JUJU. / ALGORYTHM



CYNN / XNYSZ



KAK HARTO / MARKOVNIKOV



CENTRINO / NERDSQUARED

Fungsi Bagian Sel

- Sel adalah penyusun makhluk hidup dan melaksanakan semua fungsi kehidupan, dengan organel-organel fungsional (melakukan proses kehidupan) dan hereditas (penurunan sifat dan untuk reproduksi) terkecil pada makhluk hidup.
- Beberapa tokoh penemuan sel:
Robert Hooke: pemberi nama sel
Felix Dujardin: penemu cairan dalam sel.
Johann/Jan Purkinje: pemberi nama protoplasma.
Robert Brown, R. Strasburger dan C. Bernard: penemu inti sel.
Schleiden & Schwann: mengembangkan teori sel menurut kesatuan strukturalnya
Sebagai berikut:

Sel Hewan

1. tidak memiliki dinding sel
2. tidak memiliki plastida
3. memiliki lisosom
4. memiliki sentrosom
5. timbunan zat berupa lemak dan glikogen
6. bentuk tidak tetap
7. pada hewan tertentu memiliki vakuola, ukuran kecil, sedikit

Sel Tumbuhan

1. memiliki dinding sel dan membran sel
2. umumnya memiliki plastida
3. tidak memiliki lisosom
4. tidak memiliki sentrosom
5. timbunan zat berupa pati
6. bentuk tetap
7. memiliki vakuola ukuran besar, banyak

- Makhluk hidup digolongkan menjadi Uniseluler (tersusun atas satu sel) dan Multiseluler (tersusun banyak sel) berdasarkan jumlah selnya.
- Sel Terbagi menjadi 2 menurut strukturnya: Prokariotik dan Eukariotik
- → Ciri-ciri sel Prokariotik
 - 1.) Mempunyai materi genetik berupa DNA yang tidak dibungkus oleh Membran Inti
 - 2.) Aktivitas sel terjadi di membran plasma dan sitoplasma
 - 3.) Sebagian besar mempunyai dinding sel
 - 4.) Berukuran 1-10 nm
 - 5.) Contoh : Cyanobacteria dan sel bakteri
- → Ciri-ciri sel Eukariotik
 - 1.) Mempunyai materi genetik berupa DNA yang sudah dibungkus oleh membran inti
 - 2.) Memiliki Protoplasma
 - 3.) Memiliki organel yang mempunyai fungsinya masing-masing
 - 4.) Berukuran 10-100 nm
 - 5.) Contoh : Sel Hewan dan Sel Tumbuhan

Komponen Kimiawi Sel:

Komponen Organik:

Karbohidrat (membentuk struktur, DNA, dan energi), protein (penyusun membran dan organel, membantu transport, dan reaksi kimia), asam nukleat (penyusun nukleus), lemak (membentuk dinding).

Komponen Anorganik:

Air (metabolisme), vitamin (katalis reaksi kimia dalam sel), mineral (memelihara tekanan dan kerja enzim).

- **Inti Sel dan Organel Sel:**

- a. **Inti sel/nukleus:**

- Berfungsi untuk mengendalikan dan mengatur semua aktivitas sel.
- Terdiri atas: Selaput inti (**Hanya utk sel Eukariot**), Anak inti, Kromatin, dan Karioplasma.

- b. **Ribosom:** (deretan banyak = Peribosom)

- Tersusun atas protein dan RNA Ribosom (Rrna): **60S** yang mengikat **tRNA** dan **40S** yang mengikat **mRNA (dibentuk di nukleus)**.
- Berukuran 20-22nm, merupakan organel terkecil dalam sel.
- Dibagi menjadi **Ribosom bebas** (menghasilkan protein untuk organel lain di dalam sitosol) dan **Ribosom terikat RE** (menghasilkan protein untuk disekresi/dikeluarkan dari sel).

- c. **Retikulum Endoplasma (RE)**

- Terdiri atas saluran-saluran: Sisternae, tubuler, dan vesikuler.
- Dibagi menjadi: **Retikulum Endoplasma Kasar** (sintesa protein untuk sekresi bersama ribosom, sintesis glikogen/polisakarida, dan glikosilasi protein) dan **Retikulum Endoplasma Halus** (Produksi protein dan steroid, sintesis lipid/lemak, memelihara membran plasma)

- d. **Mitokondria**

- Tersusun atas banyak lipatan-lipatan yang mengandung **krista** (tempat pembentukan ATP menggunakan ATP-ase)
- Berfungsi: mengatur pernafasan aerobik, metabolisme lemak, membentuk ATP/energi.
- Contoh komponen didalam mitokondria: membran luar, ruang antar membran, membran dalam, krista, dan matriks.

- e. **Aparatus Golgi/Badan Golgi**

- Berfungsi: Mengaktifkan enzim, penyimpanan sementara zat produk RE, pembentukan lisosom, vesikula, memelihara membran plasma & dinding sel, tempat terjadinya modifikasi protein, membantu transport lipid, membantu pembentukan lisosom, membentuk dinding sel tumbuhan.

- f. **Lisosom (HANYA PADA SEL HEWAN)**

- Disusun oleh badan golgi, berbentuk vakuola dan banyak terdapat pada leukosit dan makrofag.

- Berfungsi: melakukan fagositosis (makan) untuk mencerna benda asing, alat sekresi, sebagai sistem imunitas tubuh, dan pembuahan (dalam rupa akrosom/kepala sperma)
- g. **Vesikula dan Vakuola (Pada sel Hewan kecil banyak, Pada sel Tumbuhan hanya satu dan besar)**
- Berfungsi: membawa bahan dan zat di dalam sel (vesikel transport), memasukkan materi padat/makanan ke dalam sel (vakuola makanan), memompa kelebihan air (vakuola air), tempat penyimpanan (vakuola sentral)
- h. **Badan Mikro [Peroksisom dan Glioksisom (tumbuhan)]**
- **Peroksisom** berfungsi: Mengurai peroksida (H_2O_2) menjadi air dan oksigen (H_2O dan O_2) serta sintesis asam amino dan gula fosfat.
 - **Glioksisom** berfungsi: menyintesa glisin, serin, membantu metabolisme lemak.
- i. **Plastida (HANYA PADA SEL TUMBUHAN)**
- Tersusun atas stroma (tempat reaksi gelap) dan tilakoid dan grana (tempat reaksi terang). Memiliki berbagai pigmen warna dan tidak berwarna.
 - **Plastida Berwarna (Kromoplas): Kloroplas** (hijau) berfungsi melakukan fotosintesis, **Phaeoplas** (cokelat) dan **Rhodoplas** (merah) berfungsi menyerap cahaya.
 - **Plastida Tidak Berwarna (Leukoplas): Amiloplas** (menyimpan amilum/pati), **Elaioplas** (menyimpan minyak dan lemak), dan **Proteinoplas** (menyimpan protein).
- j. **Sitoskeleton**
- Berfungsi: Menyusun rangka, mengatur pergerakan, membentuk sentriol, silia, dan flagela.
 - Terdiri atas: mikrotubul (25 nm), mikrofilamen (6-10 nm), dan filamen (10 nm)
- k. **Sentrosom dan Sentriol (HANYA PADA SEL HEWAN)**
- Berfungsi: mengatur pembentukan serat gelondong (spindel) untuk menarik kromosom, mengatur semua aktivitas pembelahan dan reproduksi sel.
- l. **Silia dan Flagel (HANYA PADA SEL HEWAN)**

Silia: rambut kecil halus dan banyak, Flagel: rambut panjang sedikit.

Berfungsi: Alat gerak sel.

II. Sistem Transport Sel

1. **Membran Plasma Sel:** mengatur proses transportasi/keluar masuknya zat dalam sel melalui **Transport Pasif** dan **Transport Aktif**.
2. **Transport Pasif:** transport zat, molekul, dan senyawa sesuai gradien konsentrasi (dari kerapatan tinggi ke rendah) tanpa bantuan energi tambahan atau protein pembawa.
Terdiri atas:

- a. **Difusi:** perpindahan zat/partikel dari kerapatan tinggi ke rendah (banyak partikel ke sedikit). Contoh: garam larut setelah diaduk di dalam air. Difusi yang dibantu protein pembawa disebut **Difusi Terfasilitasi**
- b. **Osmosis:** perpindahan pelarut dari kerapatan tinggi ke rendah (konsentrasi tinggi ke rendah) melalui selaput semipermeabel, contoh: osmosis air masuk atau keluar sel.
3. **Transport Aktif:** Transport molekul ion, senyawa dan zat lain melalui membran plasma yang membutuhkan energi dan protein pembawa. Umumnya melawan gradien konsentrasi (dari kerapatan rendah ke tinggi). Terdiri atas:
- a. **Transpor Aktif Primer:** Transpor zat dengan menggunakan energi dalam ATP yang menciptakan potensial membran/kemungkinan terjadinya transpor aktif sekunder. Contoh: Masuknya ion K^+ ke dalam sel dan keluarnya ion Na^+ yang disebut Pompa Sodium/Sodium-Potassium pump yang biasa ditemui di banyak membran sel
- b. **Transport Aktif Sekunder:** Transport zat yang tergantung akan potensial membran dan diciptakan transport aktif primer. Contohnya asam amino dan glukosa yang ikut terangkut bersama transport aktif primer. Transport aktif sekunder yang mendorong transport aktif primer disebut Co-Transport, contohnya H_2O dan yang melawan arah transpor aktif disebut Counter-Transport.

Apa perbedaan antara Transport Aktif Primer dan Sekunder?

Dalam transpor aktif primer, protein menghidrolisis ATP untuk memberi daya pada transpor secara langsung sedangkan, pada transpor aktif sekunder, hidrolisis ATP dilakukan secara tidak langsung untuk memberi daya pada transpor.

- Berbeda dengan protein yang terlibat dalam transpor aktif primer, protein transpor yang terlibat dalam transpor aktif sekunder tidak memutus molekul ATP.
- Kekuatan pendorong untuk pompa aktif sekunder diperoleh dari pompa ion yang dihasilkan dari pompa transportasi aktif primer.
- Ion seperti H^+ , Ca^{2+} , Na^+ , dan K^+ diangkut melalui membran dengan pompa aktif primer, sedangkan glukosa, asam amino, dan ion seperti bikarbonat, dan klorida diangkut dengan transportasi aktif sekunder.
- Berbeda dengan transpor aktif sekunder, transpor aktif primer mempertahankan gradien elektrokimia melintasi membran plasma.

III. Aktivitas Sel

- Metabolisme

Metabolisme merupakan keseluruhan reaksi kimia yang membuat makhluk hidup mampu melakukan aktivitasnya dan sebagian besar reaksi kimia tersebut terjadi di dalam sel. Metabolisme yang terjadi di dalam sel dapat berupa reaksi katabolik, yang merupakan reaksi pembentukan senyawa lain, dan reaksi anabolik, yang merupakan reaksi penyusunan komponen sel. Contoh proses katabolik adalah respirasi sel yang berlangsung di dalam mitokondria dan akan

menghasilkan ATP. Contoh proses anabolik adalah sintesis protein yang berlangsung pada ribosom dan membutuhkan ATP.

- Komunikasi sel

Komunikasi sel yaitu menerima dan mengirimkan 'sinyal' dari dan kepada sel lain, menentukan interaksi antar organisme uniseluler serta mengatur fungsi dan perkembangan tubuh organisme multiseluler. Komunikasi sel terdiri dari proses transfer sinyal antarsel dalam bentuk molekul (misalnya hormon) atau aktivitas listrik, dan transduksi sinyal di dalam sel target ke molekul yang menghasilkan respons sel. Mekanisme transfer sinyal dapat terjadi dengan kontak antarsel, penyebaran molekul sinyal ke sel yang berdekatan, penyebaran molekul sinyal ke sel yang jauh melalui saluran, atau perambatan sinyal listrik ke sel yang jauh.

- Siklus sel

Siklus sel merupakan tahap-tahap kehidupan sel antara pembelahan sel ke pembelahan sel berikutnya. Pada kebanyakan sel, siklus ini terdiri dari empat proses terkoordinasi, yaitu pertumbuhan sel, replikasi DNA, pemisahan DNA yang sudah digandakan ke dua calon sel anakan, serta pembelahan sel.

- Diferensiasi sel

Diferensiasi sel dapat menciptakan keberagaman jenis sel yang muncul selama perkembangan suatu organisme multiseluler dari sebuah sel telur yang sudah dibuahi. Misalnya, mamalia yang berasal dari sebuah sel berkembang menjadi suatu organisme dengan ratusan jenis sel berbeda seperti otot, kulit, syaraf dan organ lain. Sel-sel dalam embrio yang sedang berkembang melakukan persinyalan sel yang memengaruhi ekspresi gen sel dan menyebabkan diferensiasi tersebut.

- Kematian sel terprogram

Kematian sel terprogram disebut juga apoptosis. Apoptosis terjadi pada sel dalam organisme multiseluler yang berguna untuk pengendalian populasi sel dengan cara mengimbangi perbanyakan sel, misalnya untuk mencegah munculnya tumor. Kematian sel juga berguna untuk menghilangkan bagian tubuh yang tidak diperlukan. Contohnya, pada saat pembentukan embrio, jari-jari pada tangan atau kaki manusia pada mulanya saling menyatu, namun kemudian terbentuk berkat kematian sel-sel antar jari. Dengan demikian, waktu dan tempat terjadinya kematian sel, sama seperti pertumbuhan dan pembelahan sel, merupakan proses yang sangat terkendali. Kematian sel semacam itu terjadi dalam proses yang disebut apoptosis yang dimulai ketika suatu faktor penting hilang dari lingkungan sel atau ketika suatu sinyal internal diaktifkan. Gejala

awal apoptosis ialah pemadatan nukleus dan fragmentasi DNA yang diikuti oleh penyusutan sel.

IV. Jaringan Tumbuhan

1. **Jaringan:** Sekumpulan sel dengan struktur dan fungsi yang sama.
2. Berdasarkan **kemampuannya untuk membelah**, jaringan tumbuhan dikelompokkan menjadi 2, yaitu :
 - a. **Jaringan meristem** (dapat membelah)
 - b. **Jaringan permanen** (tidak dapat membelah)
3. **Jaringan Meristem**

Selnya aktif membelah, bentuknya isodiametrik, dinding selnya tipis, jumlah protoplasmanya lebih banyak, vakuolanya kecil

 - Berdasarkan letak dibedakan menjadi :
 - a. **Meristem apikal** (ujung batang dan ujung akar)
 - b. **Meristem lateral** (kambium)
 - c. **Meristem interkalar** (ruas batang bambu)
 - d. **Meristem basal** (pangkal organ)
 - Dua macam kambium: kambium vaskuler (untuk penebalan selama pertumbuhan sekunder) dan felogen (menghasilkan lapisan pelindung (lapisan periderm/gabus))
 - Berdasarkan asal usulnya dibagi menjadi :
 - a. Meristem primer : berasal dari perkembangan embrio (ujung-ujung tanaman)
 - b. Meristem sekunder : berasal dari jaringan dewasa/ permanen (kambium vaskuler dan kambium gabus)
4. **Jaringan Dewasa**

Terdiri dari jaringan epidermis, jaringan parenkim, jaringan penyokong, jaringan pengangkut, dan jaringan periderm (gabus)

 - a. **Jaringan Epidermis**
 - Terletak pada bagian paling luar, berbentuk kotak satu lapis, sel - selnya hidup, tidak memiliki ruang antarsel, dan tidak mampu membelah lagi
 - **Fungsi:** melindungi jaringan lainnya, mencegah hilangnya air karena penguapan, dan melindungi kerusakan mekanik seperti gesekan dan benturan.
 - Termodifikasi menjadi berbagai bentuk dengan fungsi khusus. contoh : sel penjaga stoma, lentisel, trichom atau duri, bulu akar
 - b. **Jaringan Parenkim**
 - Merupakan jaringan dasar, masih dapat membelah, kadang berkloroplas (klorenkim), ada ruang antar sel, dan masih dapat berdiferensiasi menjadi jaringan lain.
 - **Fungsi:** Mengisi ruang antar jaringan, menyimpan makanan
 - **Bentuk:** Palisade, Bunga karang, Bintang, Lipatan
 - **Contoh:** Mesofil, Korteks, Berkas pengangkut
 - c. **Jaringan Penyokong (Penguat)**

Dibedakan menjadi :

 1. **Kolenkim: sel-selnya hidup**, sifatnya mirip dengan parenkim, berbentuk bulat, banyak rongga antar sel, dinding sel menebal pada tiap sudut (tidak merata), dan dinding sel terbentuk dari selulosa, pektin dan hemiselulosa.

- **Letak:** dekat permukaan organ tanaman seperti daun, batang jarang dijumpai pada akar
- **Fungsi:** penyokong bagian tumbuhan yang muda dan penyokong tumbuhan herbaceous

2. **Sklerenkim : sel-selnya mati**, dinding selnya tebal (penebalan dinding merata), dinding sel terdiri dari lignin.

- **Bentuknya:** serabut sklerenkim bentuk benang atau sklereid (sel batu)
- Terdapat pada berkas pengangkut, di antara sel parenkim, korteks batang, tangkai daun, dan kulit biji
- **Fungsi:** menguatkan jaringan yang sudah dewasa atau melindungi bagian tumbuhan yang lunak (pada biji jarak, kenari dan kelapa).

d. Jaringan Pengangkut

1. XILEM

- Merupakan lapisan dari kumpulan sel hidup maupun mati tumbuhan, dengan dinding yang tersusun atas zat lignin.
- Terdiri dari **trakeid, trakea, serabut dan parenkim**.
- Dibagi menjadi: **trakeid** (berupa panjang runcing dan berlubang/noktah), **trakea pembuluh** (berbentuk tabung yang saling berhubungan pada ujung-ujungnya)
- **Fungsi:** mengangkut air dan mineral **dari akar ke daun**.

2. FLOEM

- Terdiri dari **pembuluh tapis, parenkim, serabut, sklereid** dan terdapat **sel pengiring (memberi nutrisi pada sel floem)**.
- **Fungsi:** mengangkut hasil fotosintesis **dari daun ke seluruh tubuh**.
- **Tersusun** atas sel yang hidup. Dengan dinding sel tersusun atas selulosa sehingga dapat dilalui air dan gas.

5. Organ Tumbuhan: terbagi menjadi : akar, batang, daun, bunga, dan biji

a. **Akar:** organ di dalam tanah, tidak beruas, tidak berklorofil

1. **Fungsi:** menyerap air dan mineral, menimbun cadangan makanan, alat reproduksi dan pemencaran.
2. **Menurut jenisnya dibagi menjadi:** akar serabut, akar tunggang dan akar adventif
3. **Struktur luar:** kaliptra, daerah meristem, daerah perpanjangan, daerah diferensiasi
4. **Struktur dalam:** epidermis, korteks, stele/silinder pusat

b. **Batang:** organ di atas permukaan tanah, beruas, kadang berklorofil

1. **Fungsi :** menegakkan tanaman, timbunan cadangan makanan, alat reproduksi.
2. **Dibagi menjadi:** batang basah (herbaceus) dan berkayu
3. **Struktur luar :** koleoptil, daerah meristem, daerah pemanjangan, daerah diferensiasi
4. **Struktur dalam :** epidermis, korteks, stele/silinder pusat

c. **Daun:**

Organ di atas permukaan tanah, mempunyai klorofil.

Fungsi : tempat melakukan fotosintesis untuk menghasilkan makanan.

- d. **Bunga:** perkembangan lanjut dari daun, kadang mengandung klorofil.
 - Dibagi menjadi: bagian kelopak dan mahkota
 - **Fungsi:** alat reproduksi tumbuhan
 - **Macam bunga:** bunga lengkap dan tak lengkap (bunga sempurna, bunga tidak sempurna (jantan atau betina), atau bunga telanjang).
 - e. **Biji:** perkembangan lanjutan dari bunga
 - Terbagi menjadi bagian endosperm (cadangan makanan) dan embrio (plumula dan radikula)
 - **Fungsi:** alat reproduksi
6. Tipe Berkas Pengangkutan: **kolateral** (terbuka dan tertutup), **bikolateral**, **radial**, **konsentris** (amfivasal, amfikribal).
7. Transportasi : **intravasikuler** (lewat xilem dan floem) dan **ekstravasikuler**
- a. **Intravasikuler**
Dipengaruhi: difusi, potensial osmosis, daya tekan akar, daya kapilaritas, daya hisap daun, konstanta ionisasi, temperatur
- b. **Esktravasikuler**
Secara **simpas** (air bergerak antar sel melalui plasmodesmata) dan **apoplas** (air bergerak memanfaatkan ruang ekstraseluler pada dinding sel/tidak langsung).

V. Jaringan Hewan

VI.Sistem Gerak

1. Sistem Gerak Hewan dan Manusia: **Sistem Rangka/Tulang** dan **Sistem Otot**.
2. **Sistem Rangka/Tulang** berfungsi: menopang dan memberi bentuk tubuh, tempat melekatnya otot, pembentukan sel darah, dan penimbun mineral, pelindung organ dan alat gerak pasif. Dibedakan menjadi **Endoskeleton (rangka dalam/vertebrata)** dan **Eksoskeleton (rangka luar/eksoskeleton)**.
3. **Sistem Rangka** dibagi menjadi:
 - a. **Rangka tulang Tengkorak:**
Tempurung/Kranium: tulang dahi, ubun-ubun, tengkorak belakang, baji, tapis, dan tulang pelipis.
Penyusun Wajah: rahang atas & bawah, pipi, langit-langit, hidung, air mata, dan hidung.
 - b. **Rangka Badan:** Ruas tulang belakang, dada, rusuk, **gelang bahu [selangka (menempel tulang dada) dan belikat (menempel tulang rusuk)]** dan **gelang panggul (tulang usus, duduk, dan kemaluan)**.
 - c. **Anggota Gerak:**
Tulang gerak atas: tulang lengan atas, hasta, pengumpil, pergelangan tangan, telapak dan jari-jari tangan.
Tulang gerak bawah: tulang paha, kering, betis, tempurung lutut, pergelangan kaki, telapak dan jari-jari kaki.
4. **Sistem Rangka** tersusun atas:
 - a. **Tulang Rawan/Kartilago:** Tulang yang lunak/lentur dan fleksibel.
 1. Dibentuk oleh sel-sel **mesenkim (pada embrio)** dan **perikondrium (orang dewasa)** yang membentuk **kondroblas**, penghasil sel tulang rawan (**kondrosit**) dan **matriks** (kolagen, karbohidrat dan protein).

2. Dibagi menjadi: **hialin (di ujung tulang keras), elastis (di telinga, epiglottis, dll.), dan fibrosa (pada tendon dan ligamen)**

b. Tulang Keras/Osteon: Tulang keras/kaku yang kaya akan kapur & fosfat.

1. Dibentuk melalui:
 - **Osifikasi intramembran (langsung):** pematatan jaringan mesenkim penyusun tulang, contoh: tulang pipih.
 - **Osifikasi endokondral:** tulang rawan dibentuk rongga dan diisi osteoblas dan dilalui pembuluh darah & saraf. Sel tulang kemudian mensekresikan matriks tulang, garam kapur, dll. yang mengeras, contoh: tulang pipa.

2. Dibagi menjadi: **tulang pendek** (contoh: telapak tangan), **tulang pipih** (contoh: tengkorak kepala), **tulang panjang** (contoh: tulang paha), dan **tidak beraturan** (contoh: tulang pinggul).

5. Sistem Persendian: Penghubung antar tulang dan menyebabkan adanya pergerakan meski hanya sedikit. **Terdiri atas: Ligamen** (jaringan ikat), **Kapsul** pelindung (dilindungi fibrosa dan diisi membran sinovial), **rongga** sendi (pelumas), dan **kepala/ujung** sendi.

Menurut gerakannya dibagi menjadi:

- a. **Sendi Sinartrosis (mati/tidak bergerak): sinfibrosis** (diikat jaringan fibrosa, contoh: antar tulang tengkorak) dan **sinkondrosis** (diikat tulang rawan, contoh: hubungan tulang rusuk dan dada).
- b. **Sendi Amfiartrosis (kaku):** gerakan terbatas, contoh: antara tulang rusuk dan dada.
- c. **Sendi Diartrosis (bebas), dibagi menjadi:**
 1. **Sendi Peluru:** gerakan paling bebas/segala arah, contoh: lengan dan belikat.
 2. **Sendi Putar:** gerakan memutar/rotasi, contoh: tulang atlas (poros tengkorak) dan tulang pemutar kepala.
 3. **Sendi Engsel:** gerakan satu arah (seperti engsel), contoh: siku atau lutut.
 4. **Sendi Pelana:** gerakan dua arah, bentuknya seperti pelana kuda, contoh: antara tulang pergelangan tangan dengan telapak tangan.
 5. **Sendi Luncur:** gerakan melengkung ke depan, belakang, atau memutar, contoh: antar ruas-ruas tulang belakang.

6. Sistem Otot: berfungsi untuk **berkontraksi** (memanjang dan memendek) untuk menggerakkan tulang dan tubuh.

Berdasarkan ciri-cirinya terdiri atas:

- a. **Otot Polos:** berbentuk gelendong dengan kedua ujung meruncing, inti selnya satu di tengah sel, bekerja diluar kesadaran dan tidak mudah lelah. Terletak pada: paru-paru, pembuluh darah, usus, dan lambung.
- b. **Otot Lurik/Tendon:** berbentuk silinder dengan garis-garis gelap dan terang, inti selnya banyak dan menyebar, bekerja atas perintah otak dan dapat lelah. Terletak pada semua alat gerak atau menempel pada rangka.
- c. **Otot Jantung:** berbentuk serabut, memiliki lurik, bercabang-cabang, mempunyai satu atau banyak inti sel, bekerja diluar kesadaran, dipengaruhi kadar oksigen dan terletak di jantung.

Menurut bentuk gerakannya dibagi menjadi:

1. **Otot Sinergis:** dua atau lebih otot **bekerja sama mendukung satu gerakan**. Contoh: otot diafragma dan otot antar tulang rusuk (berkontraksi bersama agar paru-paru dapat mengembang dan mengempis) atau antara punggung dengan leher.
2. **Otot Antagonis:** dua otot yang bekerja berlawanan arah menghasilkan gerakan **fleksor dan ekstensor** (menekuk dan meluruskan), **adduktor dan abduktor** (mendekat dan menjauhkan), **depresor dan elevator** (menurun dan menaikkan), dan **supinator dan pronator** (memutar menengadahkan dan memutar menelungkup).

8. **Mekanisme Kerja Otot:** Tubuh menerima rangsang dari reseptor tubuh dan menghasilkan asetilkolin yang melepaskan ion kalsium bersama troponin dan tropomiosin mengaktifkan aktin (ATP hidrolisis menjadi ADP dan P) untuk mengikat dan menarik sel otot (**kontraksi**). Ion kalsium kemudian dilepas kembali ke plasma dan aktin melonggar sampai ATP datang kembali. (**relaksasi**)

9. **Jaringan Ikat:** tersusun atas sel dan serabut/serat, dibagi menjadi: **Jaringan Ikat Sejati** (pembungkus organ, pembuluh darah, dan saraf, contoh: **tendon, ligamen, dan fasia**), **jaringan ikat cair** (membantu transportasi dan imunitas tubuh, contoh: **jaringan darah & limfa**), dan **jaringan ikat penyokong** (membentuk dan menyokong tubuh, contoh: **tulang rawan dan tulang keras**).

VII. Sistem Transportasi/Sirkulasi

1. **Sistem Peredaran Manusia:** terdiri dari **sistem peredaran darah dan limfa**.
2. **Sistem Peredaran Darah:** Sistem **peredaran tertutup** melalui pembuluh darah untuk mengalirkan darah. Darah manusia tersusun atas dua komponen, yaitu:
 - a. **Sel Darah (padat):** leukosit, eritrosit, dan trombosit. (**45% volume darah**)
 1. **Eritrosit (merah):** mengangkut **oksigen**.
 2. **Leukosit (putih):** membunuh bibit penyakit, menjadi **sistem imun tubuh**.
 3. **Trombosit:** membantu proses **pembekuan darah**.
 - b. **Plasma Darah (cair):** cairan kuning pengangkut zat. (**55% volume darah**)
 1. Air (90% plasma darah)
 2. Protein darah: albumin (tekanan osmosis darah), fibrinogen (pembekuan), globulin (pembuatan antibodi)
 3. Sari-sari makanan dan garam mineral.
 4. Zat-zat metabolisme: urea, asam urat, bilirubin, CO₂, dll.
 5. Zat-zat hasil produksi sel: hormon, enzim dan antibodi
3. **Alat-alat sistem peredaran darah:**
 - a. **Jantung:** organ utama, pemompa darah, terdiri atas perikardium (selaput pembungkus), miokardium (lapisan paling tebal, berisi otot jantung), dan endokardium (selaput antar ruang jantung, berisi saraf dan pembuluh darah). Dibagi menjadi:
 1. **Serambi/atrium kiri:** menerima darah bersih dari paru-paru melalui vena pulmonalis dan mendorong darah ke bilik kiri.
 2. **Bilik/ventrikel kiri:** menerima darah bersih dari serambi kiri dan memompa darah yang kaya oksigen ke seluruh tubuh melalui aorta.

3. **Serambi/atrium kanan:** menerima darah kotor dari seluruh tubuh melalui vena kava superior dan inferior dan dipompa menuju bilik kanan.
4. **Bilik/ventrikel kanan:** memompa darah kotor menuju paru-paru melalui arteri pulmonalis.

Bagian-Bagian Jantung

- **Atrium/Serambi:** menerima darah ; Ventrikel/bilik: memompa darah.
- **Arteri dan aorta:** mengalirkan darah keluar dari jantung.
- **Vena dan vena kava:** mengalirkan darah masuk ke jantung.
- **Arteri/vena pulmonalis:** mengalirkan darah menuju paru-paru/dari paru-paru.
- Aliran darah dari **serambi ke bilik = Diastol**, **bilik keluar = Sistol**.

Katup-katup dan saraf jantung:

1. **Katup Trikuspidalis:** antara Serambi dan Bilik kanan.
2. **Katup Bikuspidalis:** antara Serambi dan Bilik kiri.
3. **Katup Aorta:** antara bilik kiri dan aorta
4. **Katup pulmonalis:** antara bilik kanan dan arteri pulmonalis.
5. **Nodus sinoatrial (S-A):** menyebabkan kontraksi serambi/atrium atas dan mengaktifkan Nodus (A-V) pada sekat atrium.
6. **Nodus Atrioventrikular (A-V):** memberikan impuls pada berkas His dan dengan bantuan serabut purkinje mengaktifkan otot dinding bilik/ventrikel.

- b. Pembuluh Darah:** Sistem aliran darah yang membawa darah dari jantung ke seluruh jaringan dan kembali lagi ke jantung. Dibagi menjadi:

1. **Pembuluh nadi (arteri):** mengalirkan **darah dari jantung keluar**. Berdinding tebal, kuat dan elastis, katupnya hanya satu, denyutnya terasa, jika terluka menyebar, alirannya deras, lubang alirannya lebih kecil dari vena.
2. **Pembuluh balik (vena):** mengalirkan darah dari luar jantung ke dalam. Dindingnya tipis, memiliki banyak katup, tampak dari luar kulit, denyutnya tidak terasa, jika terluka, luka menetes karena alirannya lebih lambat, lubang salurannya lebih besar dari arteri.
3. **Pembuluh Kapiler (rambut):** pembuluh yang sangat kecil/halus dan sempit, untuk memudahkan merembesnya plasma darah, zat makanan dan pertukaran oksigen.

4. Sistem Peredaran Getah Bening/Limfa: Sistem **peredaran terbuka** yang berfungsi sebagai sistem pembuangan cairan berlebih pada jaringan tubuh untuk dikembalikan pada darah, serta menyerap emulsi lemak dari usus dan memasukkannya ke darah. Terdiri dari:

a. Cairan Limfa: Cairan jaringan tubuh yang tidak terserap pembuluh darah dan merembes dari kapiler darah menuju kapiler limfa. Berfungsi: menjaga kelembaban sel, suplai makanan, menyimpan sisa metabolisme, dan imunitas.

b. Pembuluh Limfa: berupa pembuluh terbuka yang dibagi menjadi **pembuluh limfa kiri** (mengalirkan limfa untuk tubuh bagian bawah) dan **pembuluh limfa kanan** (mengalirkan limfa untuk tubuh bagian atas).

VIII. Sistem Imunitas Tubuh

1. **Plasma darah** pada darah manusia mengandung **serum yang berisi protein, globulin, dan antibodi**. Antibodi sendiri dibagi menjadi:

- a. **Aglutinin (penggumpalan antigen/zat asing dalam tubuh)**
- b. **Presipitin (mengendapkan antigen asing)**
- c. **Lisin (menguraikan antigen)**
- d. **Antitoksin (menetralkan racun)**
- e. **Opsonin (kerja dengan bahan dinding sel bakteri)**
- f. **Sitolisin (menghancurkan sel)**

2. **Golongan darah manusia** ditentukan oleh jenis aglutinogen dan aglutinin yang dimiliki seseorang serta tipe rhesus yang dimiliki.

Golongan darah ABO dibedakan menjadi:

- a. **Golongan Darah A:** mengandung **aglutinogen A** dan **aglutinin B**
- b. **Golongan Darah B:** mengandung **aglutinogen B** dan **aglutinin A**
- c. **Golongan Darah AB:** **aglutinogen A+B** dan **tidak ada aglutinin**
- d. **Golongan Darah O:** **tidak ada aglutinogen** dan **punya aglutinin A + B**

Golongan darah Rhesus dibedakan menjadi:

- a. **Golongan Darah Rh+ :** Mempunyai aglutinogen rhesus
- b. **Golongan Darah Rh- :** Tidak punya aglutinogen rhesus

3. **Transfusi dan Donor Darah** harus memperhatikan golongan darah pendonor dan penerima donor karena **adanya perbedaan golongan darah** dapat mengakibatkan **penggumpalan dan penyumbatan aliran darah**.

Hal ini disebabkan saat **aglutinogen bertemu aglutinin jenis yang sama**, (contoh: darah golongan darah A di donor pada golongan darah B, aglutinogen A akan bertemu aglutinin A) tubuh akan mendeteksi darah donor sebagai zat asing.

4. **Perbedaan Golongan darah Rhesus** juga berdampak pada ibu hamil dan janin. **Ibu** dengan **golongan darah rhesus-** yang memiliki **janin** dengan **golongan darah rhesus+** dapat berpotensi terjadinya kelainan *Eritroblastosis fetalis*.

Hal ini disebabkan **tubuh ibu yang menghasilkan antibodi** terhadap **sel darah merah anak dengan rhesus+** pada saat darah ibu **bercampur** dengan darah anak pada **persalinan/kehamilan pertama**. Maka, kelainan ini paling beresiko pada **kehamilan kedua** dan seterusnya dan dapat membahayakan nyawa janin.

5. **Sistem Imunitas Manusia** dibagi menjadi **sistem imun bawaan** dan **sistem imun adaptif**.

6. **Sistem Imun Bawaan:** bentuk pertahanan awal, terdiri atas:

a. **Penghalang permukaan:** **kulit** dan **respons imun** seperti bersin, air mata, dan urin (**mekanik**), pengeluaran enzim dan asam (**kimiawi**), dan simbiosis flora komensal/mikroorganisme seperti bakteri dan fungi untuk menghalangi patogen (**biologis**).

b. **Peradangan:** mendeteksi **infeksi**, berupa **peningkatan aliran darah** ke jaringan yang terinfeksi sehingga terjadi nyeri, demam, dsbg.

- c. **Sistem Komplemen:** rangkaian reaksi biokimia untuk membantu menyerang permukaan sel asing dengan membungkus patogen untuk dimusnahkan sel imun tubuh.
- d. **Komponen Seluler:** sel-sel pertahanan tubuh, terdiri atas:
1. **Leukosit/Sel darah putih:** sel tunggal bebas yang memiliki beberapa jenis seperti fagosit, NK, Sel Mast, Granulosit dan sel Limfoid bawaan.
 2. **Fagosit:** terdiri atas **makrofag** (penghancur patogen menggunakan fagositosis), **neutrofil dan monosit** (patroli dan mendeteksi patogen), dan **sel dendritik** (penghubung sistem imun bawaan dan adaptif dengan menyalurkan informasi antigen).
 3. **NK (Sel pembunuh alami/Natural Killer):** komponen penghancur patogen yang menghancurkan sel inang yang terinfeksi, tidak perlu pengaktifan.
 4. **Sel Mast:** mengatur peradangan dan selaput lendir.
 5. **Granulosit:** terdiri atas **basofil** dan **eosinofil** yang mensekresikan bahan kimia pelindung tubuh dari parasit dan merangsang alergi.
 6. **Sel Limfoid Bawaan:** mengatur homeostatis dan peradangan.
7. **Sistem Imun Adaptif:** Sistem imun yang telah berevolusi berdasar memori imunologi/respons terhadap patogen di masa lampau yang diingat antigen. Terdiri atas:
- a. Sel-sel memori: memuat informasi antigen tentang pemusnahan patogen yang pernah menyerang tubuh.
- b. Limfosit: mengandung Sel T dan Sel B.
- c. Sel T: berkembang menjadi:
1. Sel T sitotoksik/pembunuh: membunuh virus, bakteri, dan patogen lain dengan melepaskan protein yang melubangi membran plasma patogen).
 2. Sel T helper/pembantu: mengatur respons imun bawaan dan adaptif, serta memperkuat kerja sel limfosit lainnya, seperti mensekresikan sitokin untuk kerja Sel T atau mengaktifkan dan memperkuat Sel B.
- d. Sel B: sel Limfosit yang menjalankan jutaan antibodi pada plasma darah untuk mengikat patogen yang nantinya dihancurkan sistem komplemen atau fagosit.

IX. Sistem Pencernaan

1. **Sistem Pencernaan/Digesti:** Proses perubahan bahan makanan dari kompleks menjadi sederhana dalam rupa zat-zat yang diperlukan tubuh. Makanan ini diolah secara **fisikawi** dan **kimiawi** dan dilakukan secara **intraseluler** dan **ekstraseluler**.
2. **Zat makanan** yang dibutuhkan manusia terdiri atas:
 - a. **Karbohidrat** sebagai sumber energi/pembakaran (4,1 kal), pengatur metabolisme, menyerap kalsium, sebagai komponen penting asam nukleat, serta pembentuk struktur sel dan organ. Dicerna tubuh dalam rupa **monosakarida, disakarida, dan polisakarida**.
 - b. **Lemak** sebagai sumber energi/pembakaran (9,3 kal), pelarut vitamin ADEK, pelindung organ, menghangatkan tubuh, penyusun membran sel dan organel. Dicerna tubuh dalam rupa **gliserol dan asam lemak**.

- c. **Protein** sebagai sumber energi/pembakaran (4,1 kal), pembangun bagian-bagian tubuh (protein struktural), membentuk enzim, hormon, dan antibodi (sistem imunitas). Dicerna tubuh dalam rupa **asam amino**.
- d. **Vitamin** sebagai zat pengatur proses-proses kimia dalam tubuh serta melindungi kesehatan dan pertumbuhan. Dicerna tubuh dalam dosis kecil dalam rupa **vitamin A,D,E,K** yang **larut dalam lemak**, dan **vitamin B dan C** yang **larut dalam air**.
- e. **Mineral** sebagai pembentuk/pembangun bahan tulang, mengatur pembekuan darah, tekanan darah, respons saraf, dan pengangkutan oksigen. Dicerna tubuh dalam rupa **Makroelemen** (dosis besar, contoh: kalsium, natrium, fosfor, dll.) dan **Mikroelemen** (dosis kecil, contoh: besi, mangan, kobalt, selenium, dll.)
- f. **Air** berfungsi sebagai pelarut proses dalam tubuh, mengangkut zat dan menjaga suhu tubuh.
- g. **Zat aditif**: zat tambahan untuk memperbaiki rupa susunan atau merubah sifat makanan. Contoh: bahan pengawet, bahan pemanis, penyedap rasa dan pewarna.
- h. **Makanan Berserat**: membuat makanan bertahan lama dalam lambung, merangsang aktivitas usus & memperlancar pengeluaran feses, melindungi tubuh dari kanker usus dan wasir. Contoh: gandum, jagung, beras, buah-buahan, dan sayuran.

3. **Metabolisme zat-zat makanan:**

- a. **Karbohidrat**: karbohidrat diserap usus halus dalam rupa **glukosa** dan dialirkan melalui **aliran darah**. Glukosa kemudian di-**glikolisis** menjadi **asam piruvat** dan diproses **hati** untuk dijadikan **asam laktat**. **Asam laktat** dan **asam piruvat** kemudian diolah menjadi CO_2+H_2O+ATP (Energi).
- b. **Protein**: protein diserap usus halus dalam rupa **asam amino** yang dialirkan **aliran darah** dan di-**dekarboksilasi** menjadi **asam amino (N-)** yang di-**glikolisis** menjadi **asam piruvat** dan diolah menjadi **energi** sedangkan **asam amino (N+)** diarahkan ke **ureum**.
- c. **Lemak**: lemak diserap **usus halus/pembuluh** dalam rupa **asam lemak & gliserol** menuju **aliran limfa**. **Gliserol** diubah menjadi **gulat otot** dan **glikogen** sedangkan **asam lemak** diubah menjadi **asetil ko-enzim, asam aseto-asetat, dan asam oksalo-asetat** untuk diubah menjadi **energi**.

4. **Sistem Pencernaan Manusia**: dibagi menjadi saluran pencernaan dan kelenjar pencernaan. Terdiri atas:

a. **Mulut (gigi, lidah, dan ludah)**

- **Gigi**: mengecilkan ukuran makanan secara fisik dengan memotong (seri), menyobek (taring), mengunyah, dan menghaluskan (geraham). Strukturnya: puncak, leher, dan akar.
- **Lidah**: membantu mengatur letak makanan, mendorong makanan ke saluran berikutnya, dan mengecap rasa dan sensasi makanan. Tersusun atas sel papila.
- **Kelenjar Ludah/Saliva (3 pasang)**: tersusun atas sel epitel, terdapat pada depan telinga (parotis), rahang bawah (submandibula), dan bawah lidah (sublingual), berfungsi menghasilkan ludah. Ludah dihasilkan saat **rongga mulut** mendeteksi **reseptor dan sensorik**, disampaikan **otak** ke **motorik** untuk menghasilkan **ludah**.

- **Ludah:** Tersusun atas air, lendir, garam, **enzim ptialin** yang terdiri atas **amilase** (merubah *amilum* menjadi *maltosa*) dan **maltase** (merubah *maltosa* menjadi *glukosa*). Berfungsi membasahi makanan & pencernaan kimiawi.
- b. Faring:**
- Menyambungkan saluran pencernaan (rongga mulut dengan kerongkongan), serta saluran pernafasan (rongga hidung dan tenggorokan).
- c. Kerongkongan/Esofagus**
- Mendorong makanan dari faring menuju lambung melalui **gerakan peristaltik** (gerakan kembang kempis saluran kerongkongan yang berliuk-liuk) dan menjaga makanan tetap basah dan licin dengan lendir di dinding esofagus.
- d. Lambung/Ventrikulus (kardiak, fundus, dan pilorus)**
- Tersusun atas sel lambung, sel parietal, sel kepala, dan sel otot. Strukturnya: **kardiak (atas)**, **fundus (tengah)**, dan **pilorus (bawah)**.
 - Pencernaan dilakukan secara **mekanis** (melalui kontraksi otot lambung) dan **kimiawi** (melalui getah/asam lambung)
 - **Getah/Asam Lambung (HCl):** mengandung air, lendir, asam lambung (HCl), enzim **pepsin** yang **diaktifkan pepsinogen** (merubah **protein** menjadi **peptida**) dan **renin (menguraikan protein kasein pada susu)**. **Berfungsi:** mempercepat reaksi protein dan enzim, mengaktifkan pepsinogen untuk menjalankan enzim pepsin, memacu sekresi, dan membunuh kuman pada makanan.
 - **Getah Lambung dikeluarkan** saat **makanan masuk lambung** mengaktifkan **hormon gastrin dan mengeluarkan getah lambung**. Di dalam lambung terjadi **pencernaan mekanik** yang membentuk **bubur makanan** untuk mempermudah **pencernaan kimiawi**.
- e. Hati, Empedu, dan Pankreas**
- **Hati:** kelenjar pencernaan terbesar, berfungsi membentuk empedu/bilus yang ditampung di kantong empedu, menimbun dan menjaga keseimbangan zat makanan dari darah, menyerap besi dari darah rusak, membentuk fibrinogen.
 - **Empedu:** cairan berisi air, garam, empedu, kolesterol, pigmen empedu (bilirubin), dan garam-garam empedu untuk menurunkan tegangan permukaan dan mengemulsikan lemak. Disimpan dalam **kantong empedu** yang bermuara pada duodenum.
 - **Pankreas:** menghasilkan getah pankreas yang mengandung enzim-enzim: **lipase pankreas** (mengubah **lemak** menjadi **asam lemak & gliserol**), **amilase** (mengubah **amilum** menjadi maltosa) **tripsinogen** yang diaktifkan menjadi **tripsin** (mengubah **protein** menjadi **peptida** dan **asam amino**). Berfungsi menghasilkan hormon insulin dan mengatur kadar glukosa dalam darah.
- f. Usus halus/Intestines (duodenum, jejunum, dan ileum)**
- **Duodenum (Usus Dua Belas Jari):** muara dari pankreas dan kantong empedu (hati).

- **Jejunum (Usus Kosong):** melakukan pencernaan kimiawi oleh enzim-enzim:
 1. **Enterokinase** (mengaktifkan **tripsinogen** pada **pankreas**)
 2. **Dipeptidase/Erepsin** (mengubah **dipeptida/pepton** menjadi **asam amino**)
 3. **Laktase** (mengubah **laktosa** menjadi **glukosa**)
 4. **Maltase** (mengubah **maltosa** menjadi **glukosa**)
 5. **Disakarase** (mengubah **disakarida** menjadi **monosakarida**)
 6. **Peptidase** (mengubah **polipeptida** menjadi **asam amino**)
 7. **Sukrase** (mencerna **sukrosa** menjadi **glukosa** dan **fruktosa**)
 8. **Lipase** (mengubah **trigliserida** menjadi **gliserol** dan **asam lemak**)
 - **Ileum (Usus Penyerapan):** mengandung ileum berisi vili atau jonjot usus yang memperluas permukaan usus untuk penyerapan zat makanan.
- g. Usus Besar (umbai cacing, acenden, transcenden, dan decenden)**
- Terdiri atas **kolon naik (acenden)**, **kolon melintang (transversus)**, dan **kolon menurun (decenden)**, dan **umbai cacing** yang tidak diketahui fungsinya.
 - Fungsi usus besar: tempat penguraian sisa makanan dengan **bakteri E. coli** yang menghasilkan vitamin K dan B 12, serta menggerakkan feses menuju rektum (poros usus) dan masuk ke anus dengan **gerakan peristaltik**.
- h. Anus**
- Muara akhir pencernaan, terdiri atas otot lurik dan otot polos. Otot-otot ini yang mengatur proses defekasi/pengeluaran feses keluar tubuh.

5. Pencernaan Kimiawi Zat Makanan

- a. Protein:** dicerna **Pankreas** dan **Usus halus:** enzim **tripsinogen** yang diaktifkan menjadi **tripsin**, menguraikan **protein** menjadi **polipeptida**, **polipeptida** diuraikan oleh **peptidase** menjadi **dipeptida**, **dipeptida** diuraikan **dipeptidase/erepsin** menjadi **asam amino** dan dialirkan darah dalam **plasma darah**.
- b. Lemak:** oleh **empedu** lemak **diemulsikan** dan **lipase** menguraikan **emulsi lemak** menjadi **asam lemak** dan **gliserol**.
- c. Karbohidrat:** diuraikan oleh **saliva**, **getah usus**, dan **getah pankreas**. Dalam **mulut** dan **pankreas**, **amilase** menguraikan **amilum** menjadi **maltosa**. **Maltosa** diuraikan **maltase** dalam **mulut** dan **usus** menjadi **glukosa**. Selain maltosa, terdapat **laktase** dan **sukrase** yang menguraikan **laktosa** dan **sukrosa** menjadi **glukosa + fruktosa**.

6. ENZIM CHEATSHEET

No.	Nama Enzim	Letak Enzim	Zat Makanan yang Dicerna	Zat Produk yang Dihasilkan
1.	Amilase (Ptialin)	Ludah dan Pankreas	Amilum	Maltosa
2.	Maltase (Ptialin)	Ludah dan Usus Halus	Maltosa	Glukosa
3.	Sukrase	Usus Halus	Sukrosa	Glukosa +Fruktosa

4.	Disakarase	Usus Halus	Disakarida	Monosakarida
5.	Laktase	Usus Halus	Laktosa	Glukosa + Fruktosa
6.	Peptin	Lambung	Protein	Poliipeptida
7.	Renin	Lambung	Protein Kasein susu	Poliipeptida
8.	Tripsin	Pankreas & usus Halus	Protein	Poliipeptida
9.	Peptidase	Usus Halus	Peptida	Dipeptida
10.	Dipeptidase/Erepsin	Usus Halus	Dipeptida	Asam Amino
11.	Lipase	Usus Halus	Trigliserida (emulsi lemak)	Asam Lemak & Gliserol
12.	Enterokinase	Usus Halus	Mengaktifkan Tripsinogen menjadi Tripsin	